

15.10.2013

## **Hailuodon alueen jääeroosio – Jatkoselvitys 2013**

Matti Leppäranta  
professori (geofysiikka)

### **1. Johdanto**

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus laati vuonna 2011 yhteistyössä asiantuntijoiden kanssa raportin *Jääeroosioselvityksen täydentäminen* liittyen Oulunsalon ja Hailuodon välille suunnitteilla olleen tuulipuiston ja liikenteen maayhteyden kehittämisen vaikutusten arviointiin sekä alueen osayleiskaavojen laatimiseen (Rintamäki, 2011). Tämän kirjoittaja vastasi raportin jääolojen, jään dynamiikan ja jääeroosion osuudesta.

Rintamäen (2011) raportin valmistumisen jälkeen suunnittelutyötä on jatkettu koskien Hailuodon liikenneyhteyttä. Tässä asiassa on kuluvana vuonna tullut vielä esille tarve tarkentaa eräitä jääeroosiokysymyksiä. Näihin kuuluvat jään liike Hailuodon ja mantereen välisellä alueella, jään termomekaanisen eroosion tarkentaminen, jään meren pohjaan kohdistava kyntö rannan tuntumassa sekä liikenneyhteyden vaikutus jään liikkeeseen. Edelleen käsitellään menetelmiä ympäristöolosuhteiden säilyttämiseksi jääpeitteisenä kautena, mikäli liikenneyhteys toteutetaan.

Tämä raportti sisältää sopimuksen mukaan laaditun jatkoselvityksen. Luvussa 2 tarkastellaan jään liikettä ja jääeroosiota, luku 3 käsittelee erityisesti Hailuodon ja mantereen välisen merialueen jääoloja ja jääeroosiota, ja luvun 4 aiheena on ympäristöolosuhteiden säilyttämisen ratkaisumahdollisuuksia sekä jatkotutkimusten tarve ja seuranta. Tekstissä esitetään selvyiden vuoksi myös lyhyesti Rintamäen (2011) raportin keskeiset tulokset jääloista ja jäiden liikkeistä sekä vastineet Rintamäen (2011) raporttiin asiantuntijoiden tekemiin kommentteihin ja Hailuodon kunnan lausuntoon.

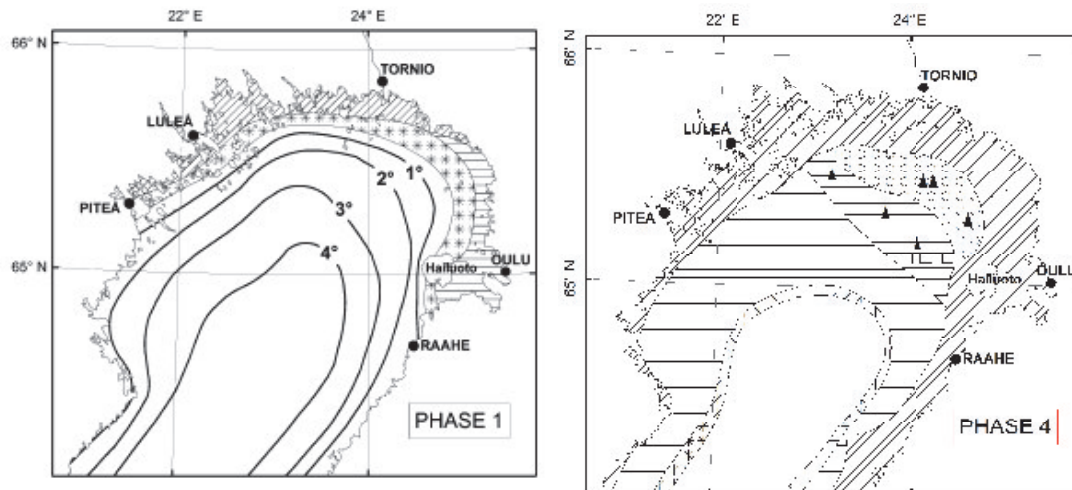
Rintamäen (2011) raportin tulokset pitävät edelleen paikkansa, mutta uusien tutkimusten perusteella niihin on tullut tarkennuksia perustuen laajemman aineiston analysointiin ja mittausmatkaan Hailuotoon 12.8.2013. Olennaisin seikka on se, että termomekaanisen eroosion merkitys on osoittautunut suuremmaksi kuin aiemmin arvioitu ja sen takia maayhteyden vaikutukset ovat pienempiä. Lopuksi esitellään vielä tarvittavia toimenpiteitä, mikäli maayhteyden rakentaminen päätetään käynnistää. Tarkastelu sisältää jatkotutkimusten tarpeen ennen käytännön rakennustoimien aloittamista sekä talvikauden seurannan tarpeen uuden liikenneyhteyden aloittamisen jälkeen.

### **2. Merijään lämpötalous ja dynamiikka**

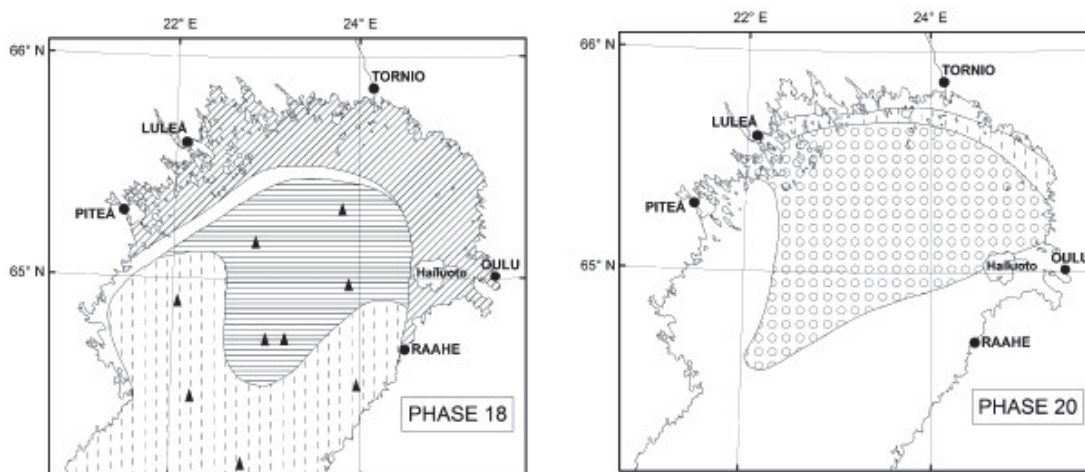
#### ***2.1 Meren jäätyminen ja jään paksuus***

Perämeren jäätalven pituus on keskimäärin kuusi kuukautta, marraskuusta toukokuulle (Leppäranta & Myrberg, 2009). Itämeren jääkartaston mukaan (SMHI & Merentutkimuslaitos, 1982) Hailuodon ja mantereen välinen alue jäätyy keskimäärin 21.11. (vaihteluväli 1.11.–1.1.) ja vapautuu jäistä keskimäärin 15.5. (vaihteluväli 1.–31.5.). Jäätyminen alkaa matalilta

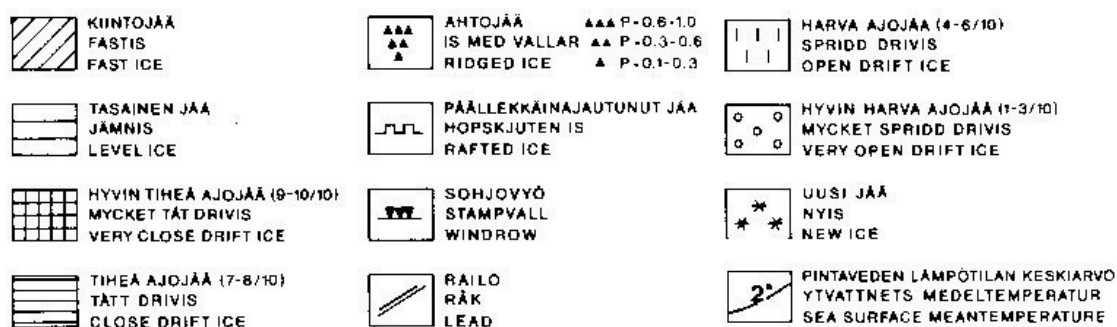
rannikkoalueilta pian sen jälkeen, kun lämpötila on asettunut jäätymispisteen alapuolelle (Perämeren suolaisen veden jäätymispiste on  $-0.2^{\circ}\text{C}$ ). Jää kasvaa edelleen, kun kylmään ilmaan siirtyy lämpöä vedestä jään alta. Alkupalven aikana rannikko- ja saaristoalueen jääpeite vahvistuu kiintojääksi (kuva 1a). Tänä keskimäärin kahden kuukauden aikana voimakkaat tuulet voivat vielä rikkoa kiintojään ja aiheuttaa siihen horisontaalisia siirroksia. Vaiheen 4 lopussa jään paksuus on 35 cm, ja silloin jäät eivät enää lähde liikkeelle. Toukokuussa jäät haurastuvat ja sulavat (kuva 1b). Sulaminen alkaa rannoilta, ja jäät saattavat liikkua, mutta niiden lujuus on alhainen, ja eroosiovaikutus tulee jään mahdollisesti sisältämän merenpohja-aineiden kuljetuksesta.



**Kuva 1a.** Alkupalven jääolojen kehitys Perämerellä (Leppäranta ym., 1988). Vaihe 1 alkaa keskimäärin 15.11. ja vaihe 4 päättyy keskimäärin 18.1. , joten kesto on keskimäärin 64 päivää.

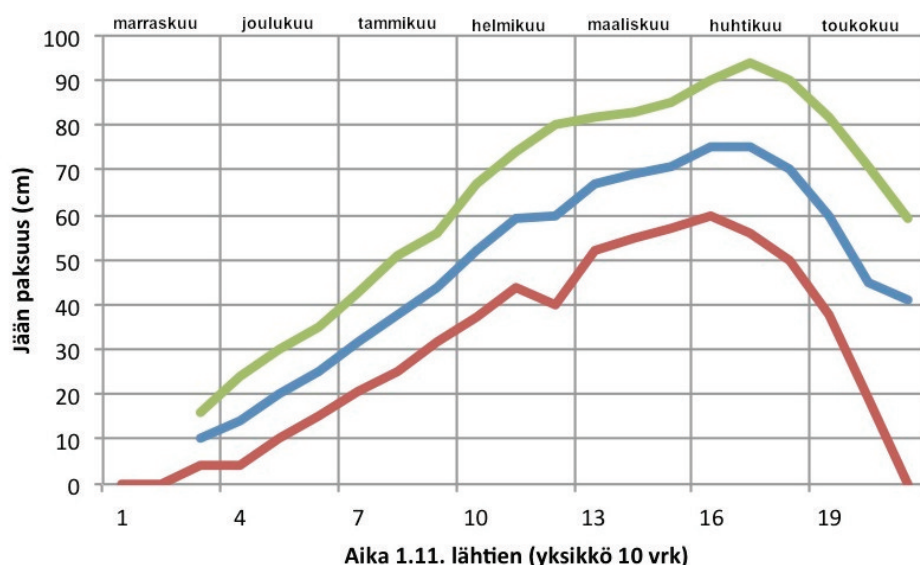


**Kuva 1b.** Loppupalven jääolojen kehitys Perämerellä (Leppäranta ym., 1988). Vaihe 18 alkaa keskimäärin 5.5. ja vaihe 20 päättyy keskimäärin 28.5. , joten kesto on keskimäärin 23 päivää.



**Kuvan 1** karttasymbolit

Kylmän sään vaikutuksesta ns. tasainen jää kasvaa Hailuodon ympäristössä vuosittain 45–115 cm paksuiseksi (kuva 2). Rannikon ja saariston jääkenttä onkin suurelta osin näin muodostunutta kiintojäätä. Keväällä jää haurastuu, kun auringonsäteily sulattaa sitä sisältä. Tällöin vielä paksukin jää voi rikkoutua ja lähteä liikkeelle. Auringonsäteily voimistuu nopeasti kevään aikana, ja siksi jäänlähtö on nopea prosessi jääpeitteen kasvuvaiheeseen verrattuna (kuva 1b). Hailuodon ympäristössä jäänlähdon vaiheet kestävät toukokuussa keskimäärin 23 päivää. Kuvassa 2 on tilastollinen jään paksuuden kehitys Hailuodossa. Ankarana talvena jää saavuttaa 30 cm paksuuden jouluna ja leutona tammikuun lopussa.



**Kuva 2.** Jään keskimääräinen paksuus (sininen käyrä) ja sen vaihteluväli ( $\pm$  hajonta) Hailuodossa 1.11. – 31.5. Syksyllä jäät voivat liikkua kun ne ovat alle noin 30 cm paksuja, keväällä raja on korkeampi, noin 45 cm.

Merijää kasvaa paksuutta lämmönsiirron ja jään mekaniikan avulla. Mekaanista kasvua käsitellään alempana jään liikkeen yhteydessä. Lämmönsiirto jäätymispisteessä olevasta vedestä johtaa olomuodon muutokseen eli jäätymiseen, sillä käytännössä merivesi ei alijäähdy (muutamaa kymmenesosa-astetta enempää). Kun kylmään ilmaan siirtyy lämpöä vedestä jään alta, lämmön hukkaa vastaava määrä vettä jäätyy. Mitä paksumpaa jää on, sitä hitaammin lämpöä siirtyy eli kasvaessaan jää 'eristää itsensä'. Perämerellä 10 cm paksu jää kasvaa keskimäärin noin 1 cm päivässä, paksumpi jää alle 0,5 cm (kuva 2). Meriveteen kasvava jää on lujaa teräsjäätä, kun taas jään päälle lumen ja veden muodostamaan sohjoon kasvaa kohvajäätä, joka on paljon heikompaa kuin teräsjää. Sohjoa syntyy, jos jäällä olevan lumeen tulee merivettä, sataa vettä, tai lumessa tapahtuu sulamista. Kohvajään osuus voi olla jopa

75%, mutta yleensä sitä on 10–30%. Suppojäättä tavataan myös merijääkentillä, mutta Perämerellä suppojään osuus on nykyisen tiedon mukaan vähäinen.

Lämmönsiirron avulla kasvaneen merijään paksuus on suurimmillaan Perämerellä noin metrin. Ennätys, 122 cm on mitattu Tornion edustalla talvella 1985. Matalilla rannikoilla merijää voi kasvaa pohjaan asti. Sen jälkeen pohjasedimentissä oleva vesi alkaa jäätyä, jos lämmönsiirto jään lävitse ilmakehään jatkuu. Ilmanpaineen ja tuulten vaikutuksesta merenpinnan korkeus vaihtelee. Jos merenpinnan korkeus nousee, pohjaan jäätynyt jää nousee veden mukana ylös meriveden työntyessä sen alle. Tällöin pohja-ainesta ja kasvillisuutta irtaota jään mukana pohjasta. Mikäli sää on kylmä tai muuttuu kylmäksi, jää alkaa taas kasvaa pohjastaan alle tulleeeseen meriveteen ja jään sisään jää pohja-aineskerros. Jos jää on veden noustessa voimakkaasti sitoutunut pohjaan, vesi voi myös ajautua jään päälle ja kasvaa siihen pintajääksi. Näin matalien alueiden jää tulee kerrokselliseksi ja sisältää merkittävän määrän pohjasedimenttiä. Tämän jään paksuus on lähellä normaalin kiintojään paksuutta ja riippuu sääolojen lisäksi meriveden korkeuden ajallisesta kehityksestä.

Merellisessä jääkentässä tapahtuu siirroksia kolmen mekanismin avulla:

- (1) Lämpölaajeneminen aiheuttaa pieniä, muutamien metrien mittaisia siirtymiä. Jään lämpölaajenemiskerroin on  $5 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , joten 10 km levyinen jääkenttä laajenee 5 m, jos lämpötila nousee  $10^{\circ}\text{C}$ .
- (2) Vertikaalisia siirroksia tapahtuu vedenkorkeuden muutosten myötä. Perämerellä Oulun–Raahan alueella vedenkorkeus vaihtelee noin  $-1,5 \text{ m}$  ja  $+2,0 \text{ m}$  välillä keskiveteen eli nk. liittoveteen nähden.
- (3) Merellinen jääkenttä on niin laaja, että voimakas tuuli kykenee ajamaan sen liikkeeseen, jolloin puhutaan ajojäästä.

Kaksi ensimmäistä mekanismia toimivat koko talven ajan, kun taas Hailuodon ja mantereen välisellä alueella kolmas mekanismi toimii vain kun jää on riittävän ohutta. Kaksi ensimmäistä on myös hyvin arvioitavissa, kun sääolojen kehitys tunnetaan. Jään horisontaalinen liike on suurempi laskennallinen ongelma, erityisesti rannikon läheisyydessä ja saaristossa.

## **2.2 Jään horisontaalinen liike**

Tuulet ja virtaukset aiheuttavat ajojään liikkeen. Tuulen ja virtauksen leikkausjännitykset jään ylä- ja alapintaan ovat tavanmukaisia neliöllisiä vastuslakeja  $\tau = \rho C U^2$ , missä  $\rho$  on ilman tai veden tiheys,  $C$  on vastuskerroin, ja  $U$  ilman tai veden nopeus jään suhteen. Vastuskerroin on 0,0017 jään ja ilman välillä ja 0,0035 jään ja veden välillä. Maksimivoima jääkentän leveysyksikköä kohti saadaan leikkausjännityksen ja pyyhkäisymatkan  $L$  tulona,  $F = \tau L$ . Jos tuuli on 20 m/s, tuulen leikkausjännitys on  $0,88 \text{ N m}^{-2}$ , ja jos jääkentän laajuus on tuulen suunnassa 10 km, on tuulen voima  $8,8 \text{ kN m}^{-1}$  tuulen vastaisella rannalla. Näin jääkentän laajuus on kriittinen tekijä. Vastaavasti jos vesi virtaa suhteessa jäähän yhden solmun nopeudella (0,51 m/s), on veden ja jään välinen leikkausjännitys  $0,91 \text{ N m}^{-2}$ . Näin suuria virtausnopeuksia esiintyy rannikkoalueilla korkeintaan kapeissa salmissa. Silloinkin voimakas virtaus vallitsee vain lyhyellä matkalla eli sen pyyhkäisymatka on lyhyt, eikä niin suuria voimia pääse syntymään kuin myrskytuulen vaikutuksesta. Paikallisesti siis virtauksen vaikutus jäähän voi olla yhtä suuri kuin tuulen, mutta laajempien vesien ylitse tuuli puhalttaa paljolti samaan suuntaan ja siksi pystyy keräämään suuren työntövoiman.

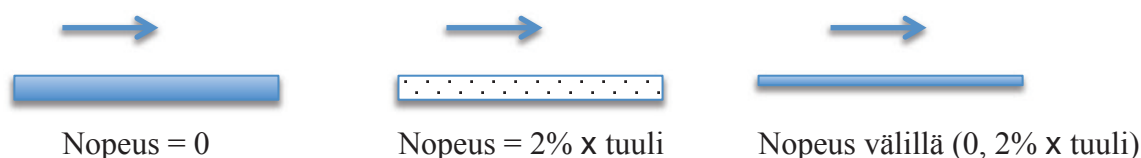
Jääkentän lujuus on merkittävä, kun jään peittävyys on lähellä 100 prosenttia. Silloin jään puristuksessa täytyy rikkoa ja kasata jäätä. Lujuudella tarkoitetaan sen murtamiseen ja kasaamiseen tarvittavaa voimaa jäälevyn poikkileikkauksen pinta-alayksikköä kohti. Jääkenttää kuormittava tuuli tai virtaus on pintavoima, ja sen on murrettava jää koko paksuudelta. Tällöin jään lujuus riippuu jään laadun lisäksi jään paksuudesta  $h$ ,  $P = P(h)$ . Tätä riippuvuutta kuvataan yleensä potenssilailalla:

$$P = B \times h^m \quad (1)$$

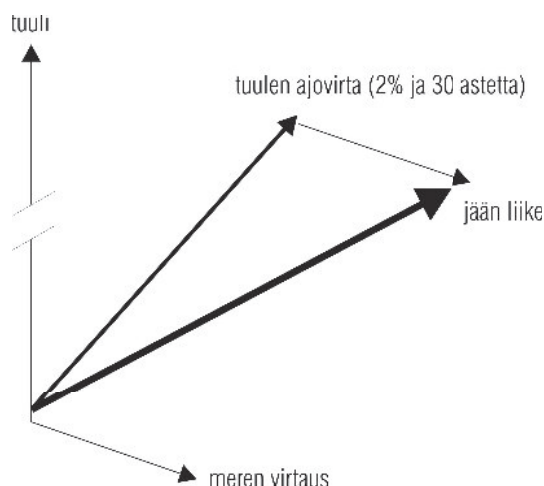
missä  $B$  ja  $m$  ( $\frac{1}{2} \leq m \leq 2$ ) ovat kokeellisesti määrättäviä kertoimia. Kun  $h = 1$  m, lujuuden suuruus on  $10\text{--}50 \text{ kN m}^{-1}$  riippuen jään laadusta ja murtumistavasta. Siis kun jää on paksua, jääkentän sisäinen kitka on suuri ja se pysyy paikallaan kovallakin tuulella. Hailuodon ja rannikon välisellä alueella 30 cm paksuutta on pidetty riittävänä jääkentän stabiloitumiseksi (Palosuo ym. 1982). Yksi tapaus kylläkin tunnetaan, jolloin 40 cm paksu jää lähti liikkeelle ja ajautui Santosessa maihin aiheuttaen siellä vahinkoa. Jään paksuutta seurataan joillakin rannikko- ja saaristoasemilla, mutta ei ole olemassa hyvää kaukohavaintomenetelmää, jonka avulla sitä voisi mitata lentokoneesta tai satelliitista.

Jään liiketilassa erotetaan kolme tapausta (kuva 3): (1) kiintojää eli staattinen jääkenttä, (2) vapaasti ajelehtiva jää, ja (3) kitkallinen liike. Kiintojää tarkoittaa rannikkoon, saariin ja matalikoihin ankkuroitunutta jäätä, joka ei liiku. Jäähän vaikuttava maksimivoima on pienempi kuin jään murtolujuus. Kun jää on paksua ja sidostunut rantaan, saariin ja luotoihin sekä matalikoihin, se ei lähde liikkeelle ellei tuuli ole riittävän voimakas. Jää voi rikkoutua puristumalla tai taivutuksesta. Talven aikana jään paksuuntuessa kiintojään reuna etenee ulospäin. Voimakkaan tuulen vallitessa syvempiin vesiin muodostuu pohjautuneita ahtojäävalleja, mikä edelleen stabilisoi jääkenttää. Paksummasta jäältä tulee suurempia valleja, ja siksi leutoina talvina kiintojään reuna jää 5 m syvyyskäyrän tuntumaan, kun taas ankarina talvina se ulottuu aina 15 m syvyisiin vesiin. Vapaasti ajelehtivan jään tapauksessa peittävyys on alle 80%, ja silloin jään nopeus on syvemmän veden virtausnopeuden ja tuulen ajovirran summa (kuva 4).

Ajojään liikkeen nopeus voi suurimmillaan olla noin 2% tuulen nopeudesta, ts. 0,7 km tunnissa, kun tuulen nopeus on 10 m/s. Ajojään liike poikkeaa  $20\text{--}30^\circ$  tuulen suunnasta oikealle (pohjoisella pallonpuoliskolla), mutta matalassa vedessä kuten Hailuodon ja mantereen välisellä alueella liikkeen suunta menee enemmänkin tuulen suunnan mukaan, mikä johtuu merenpohjan tuomasta kitkasta.



**Kuva 3.** Tuulen ajaman jään liiketilat (1-ulotteinen tapaus): kiintojää (jää riittävän paksua), vapaasti ajelehtiva jää (jääkenttä ei ole yhtenäinen) ja kitkallisesti liikkuva ohut jää.



**Kuva 4.** Vapaasti ajelehtivan jään liike. Jään liike on tuulen ajon sekä jään alla olevan tuulesta riippumattoman perusvirran summa.

Kitkallinen ajojään liike on kahden edellisen tapauksen välissä. Jää liikkuu, mutta kiinteiden reunojen aiheuttama kitka vaimentaa liikkeen nopeutta ja vaikuttaa myös liikkeen suuntaan. Erityisesti kun Hailuodon kiintojäävyöhykkeellä jään peittävyys on 100%, jääkenttä on tukevasti ankkuroitunut rantoihin ja kareihin. Tällöin jään liikkeen käynnistämiseksi on kaksi ehtoa toteutettava. Vedenpinnan on nouseva korkealle, sillä silloin jääkenttä osittain irtaana sidoksista, ja tuulen voiman täytyy olla tuulen vastaisella rannalle olla suurempi kuin jään lujuus. Kaikissa tunnetuissa tapauksissa nämä molemmat ehdot ovat täyttyneet. Vedenpinnan nouseminen edellyttää Hailuodon alueella etelän – lounaan puoleisia tuulia, mikä näkyy hyvin jään maalle työntymisten esiintymisalueiden sijainneissa.

Kitkallisen liikkeen määrittämiseksi ei ole yksinkertaisia ratkaisukaavoja, vaan laskelmat tehdään tietokoneella käyttäen numeerisia laskentamalleja. Itämeren ajojään dynamiikkaa varten on tällaisia malleja kehitetty jo 1970-luvulla lyhyen aikavälin (1 tunti – 1 viikko) jääennusteiden laatimiseksi talvimerenkulkua varten (Leppäranta, 1981; Leppäranta & Myrberg, 2009; Leppäranta, 2011). Mallit ovat koko ajan kehittyneet ja niiden erotuskyky on merkittävästi parantunut. Mallin pakotteena on säähavainnot ja –ennusteet. Jäämallit koostuvat neljästä elementistä: (i) ajojään tilan kuvaus, (ii) ajojään sisäisen kitkan malli, (iii) liikemäärän säilymislaki, ja (iv) jään säilymislaki. Sittemmin, 1990-luvulla, alettiin laskentamalleja käyttää myös pitkäaikaisiin ilmastomuutoksen vaikutuksen tarkasteluihin.

Jään horisontaaliliike synnyttää ahojäävalleja. Nämä kelluvat Arkimedeen lain mukaan, ja niiden geometrian takia maksimisyvyyden ja -korkeuden suhde on 4–6. Vapaasti kelluvat ahojääät kiinnittyvät kulkeutuessaan matalikoihin ja voivat edelleen liikkuessaan kyntää pohjaa. Kariutuneissa valleissa Arkimedeen laki ei enää toimi, ja ne voivat kasvaa harjaltaan jopa 10–15 m korkeiksi. Jään ajautuessa rantaan tai matalikoihin kitka vaimentaa jään liikettä ja lopulta pysäyttää sen.

### 2.3 Jääeroosio

*Jääeroosiolla* tarkoitetaan jään vaikutusta meren pohjaan ja rantoihin rannikko- ja saaristoalueilla (Rintamäki, 2011; Leppäranta, 2013). Jää kuluttaa, muokkaa ja siirtää kuollutta materiaa sekä kasvillisuutta. Eroosio on seurausta jään siirroksista, joita aiheuttavat

tuuli, virtaukset, vedenpinnan korkeuden muutokset ja jään lämpölaajeneminen. Jääeroosio voidaan jakaa seuraaviin luokkiin:

- (i) Mekaaninen rantojen jääeroosio, joka johtuu jään mekaanisesta työntymisestä;
- (ii) Ahtojäiden meren pohjaan kohdistama kyntö;
- (iii) Pohja-aineksen jäätyminen jäähän ja kulkeutuminen jään mukana (termomekaaninen eroosio); ja
- (iv) Jään lämpölaajenemisesta aiheutuva työntyminen rantaan.

Ajojään mekaniikka hallitsee jääeroosion kahta ensimmäisestä luokkaa. Tuulen kohdistama maksimivoima täytyy olla riittävän suuri, jotta jää lähtee liikkeelle. Edelleen tuulen voiman täytyy riittää jään ja merenpohjan tai jään ja rannan välillä olevan kitkan voittamiseksi, jotta merkittävä siirtymä muodostuisi. Kohdassa (iii) jää kasvaa matalilla alueilla pohjaan asti, irtoaa vedenkorkeuden noustessa ja ajelehtii pois. Koska jään sulaminen alkaa rannalta, jään sidostuneisuus heikkenee heti sulamiskauden alkaessa. Tällöin jää pääsee helposti ajelehtimaan kohtalaisellakin tuulella tai virtauksilla, sillä rannoista irti olevan hauraan, keväisen jääkentän sisäinen kitka on pieni. Viimeinen kohta (iv) seuraa lämpötilan muutoksista.

Mekaanisen rantojen jääeroosion laatu riippuu jään paksuudesta. Aivan ohut jää (alle 10 cm) ajautuu merellä helposti päällekkäin, mutta rantaan noustessaan se rikkoutuu helposti ja kasautuu valleiksi. Paksumpi jää (yli 15 cm) rantaan ajautuessaan voi kulkeutua maa-alueelle jopa satojen metrien matkan kuten Itämeren alueella on havaittu. Alestalo & Häikiö (1975) raportoivat jääntyönnon ulottuneen lähes 200 m päähän Oulunsalossa, ja Keyserling (1863) kertoi Pärnulahdella jään työntyneen yli 700 m päähän rannasta. Alestalon & Häikiön (1975) tapauksessa jää työntyi 2–3 m yli liittoveden tasoa korkeammalle eli runsaan yhden metrin korkean veden tasosta ylöspäin.

Ahtojäitä muodostuu merellä, kun jään paksuus on 10–15 cm tai enemmän. Ahtojään köli osuu meren pohjaan sen ajautuessa riittävän matalaan veteen. Tällöin jää joko pysähtyy ja muodostaa pitkään säilyviä kasautumia, tai, jos työntövoima on riittävän suuri, ahtojäämuodostuma liikkuu ja kyntää pohjaa samalla. Siellä, missä pohjaan asennetaan putkia tai kaapeleita, ahtojäiden kyntö on mitoitustekijänä otettava huomioon. Kölit ulottuvat useinkin 10 m syvyyteen Perämerellä (Palosuo, 1975). Kyntövanan syvyys riippuu pohjan laadusta, ja se voi hyvin olla metrin suuruusluokkaa. Useilla jäätyvillä merillä jään pohjakyntöä on paljon tutkittu, mutta Itämeren alueelta julkaisuja ei ole olemassa. Tämän kirjoittaja on saanut suullista tietoa kyntöjälkien esiintymisestä Itämerellä ja myös ahtojääkölien aiheuttamista uponneiden hylkyjen vaurioista.

Pohjaan jäänyt jää nostaa pohja-ainesta (kuollutta ainesta ja kasvillisuutta) vedenkorkeuden noustessa ja vapauttaa sen myöhemmin takaisin pohjaan aiheuttaen eroosiota rantalinjan tuntumassa. Useinkin, keväällä jääkentässä tapahtuu horisontaalisia siirroksia, jolloin pohja-aines siirtyy muualle. Tähän merkittävään eroosioprosessiin kiinnitti huomiota jo Helaakoski (1912) väitöskirjatutkimuksessaan, jossa laajalti käsiteltiin jään vaikutuksia Perämeren rantoihin sekä lähialueen järviin. Ilmiön merkitystä vahvistaa vielä sen säännöllisyys, ts. lähes vuosittainen toistuvuus, ja Suomen puolen Perämeren loivat rannat. Alavampien rantojen kaltevuus on suuruusluokkaa 1:1000, ja tällöin pohjaan jäätymisestä seuraava eroosiovaikutus voi ulottua 500 m päähän keskiveden linjasta.

Termomekaaninen jääeroosio on voimakas erityisesti silloin, kun jää muodostuu matalaan veteen, mikä itse asiassa usein tapahtuukin. Syksyllä, kun meri alkaa olla jäätyriskypsä, jäätyminen tapahtuu mantereisen korkeapaineen vallitessa ja kylmän ilman virratessa Perämerelle. Korkeapaine painaa meriveden pintaa alaspäin jopa puoli metriä (yksi millibaari ilmanpaineessa vastaa 1 cm vedenpinnan korkeuden muutosta). Tuuli voi myös vahvistaa vedenkorkeuden laskua. Korkean veden aikana jää irtaantuu pohjasta ja kulkeutuu veden mukana maalle päin, ja voi matalassa vedessä taas jäätyä pohjaan, tai kulkeutuu ulommas. Jään haurastuessa sen sisältämä aine irtaantuu ja laskeutuu merenpohjaan.

Jään lämpölaajenemisesta aiheutuva rannalle nousu on vähäistä verrattuna mekaniikan vaikutuksiin ja se rajoittuu aivan rannan tuntumaan, muutaman metrin alueelle. Sillä on havaittu olevan merkitystä Puolan rannikolla (Zakrzewska, 1981), mutta tässä käsiteltävän eroosio-ongelman kannalta siirtymät ovat pieniä. Tosin lämpölaajenemisen eroosiovaikutuksen sijainti vaihtelee sen mukaan onko meri jäähtynyt korkeaan vai matalaan veteen.

Jääeroosion lisäksi tuulen ajamien pinta-aaltojen murtumisesta aiheutuva eroosio eli aaltoeroosio on merkittävä ranta-alueita muovaava tekijä. Voimakkainta se on silloin, kun meri on saareton ja riittävän syvä, jotta altojen voima tuntuu rannassa. Syvässä vedessä pinta-aallot eivät tunne pohjaa. Kun meren syvyys on vähemmän kuin puolet aallonpituudesta, aallot alkavat lyhentyä ja jyrkentyä ja murtuvat lopullisesti, kun meren syvyys on enää 1,3 x aallonkorkeus. Näin ollen alavilla ja matalilla rannikoilla aaltoeroosio ei pääse rantaan voimakkaana.

### **3. Jään liike ja jääeroosio Hailuodon ja mantereiden välillä**

#### **3.1 Jään liike**

Hailuodon länsipuolelta alkaa ajojääkenttä, kun taas muissa suunnissa jääkansi vahvistuu talven kuluessa kiintojääksi (kuva 1). Tarkasteltava merialue Hailuodon ja mantereiden välissä rajoittuu etelässä Hailuodon eteläkärjen ja Siikajoen väliin ja pohjoisessa Oulun väylään. Tämän katkaisee Hailuodon lauttaväylä, jonka lävitse jäiden vuorovaikutus on vähäistä. Alueen pyyhkäisymatkat ovat 10–30 km suunnasta riippuen, ja siinä ohuet (alle 30 cm) jäät saattavat liikkua kovalla tuulella tai myrskyn vallitessa. Etelässä Hailuodon ja Siikajoen väliin muodostuu vuosittain ahtojääröykkiöitä, kun jää työntyy sinne Perämeren keskusaltaasta. Jään työntyminen päättyy mataliin, joissa ahtojäät ankkuroituvat merenpohjaan ja näin estävät Perämeren suurten jääkenttien paineen pääsemisen sisemmäksi Luodonselän suuntaan. Pohjoisessa rajana toimii Oulun väylä, jonka tiheä liikenne vaikuttaa ympäristönsä jääoloihin. Erityisesti laivojen peräaallot aiheuttavat ohuen jään rikkoutumista.

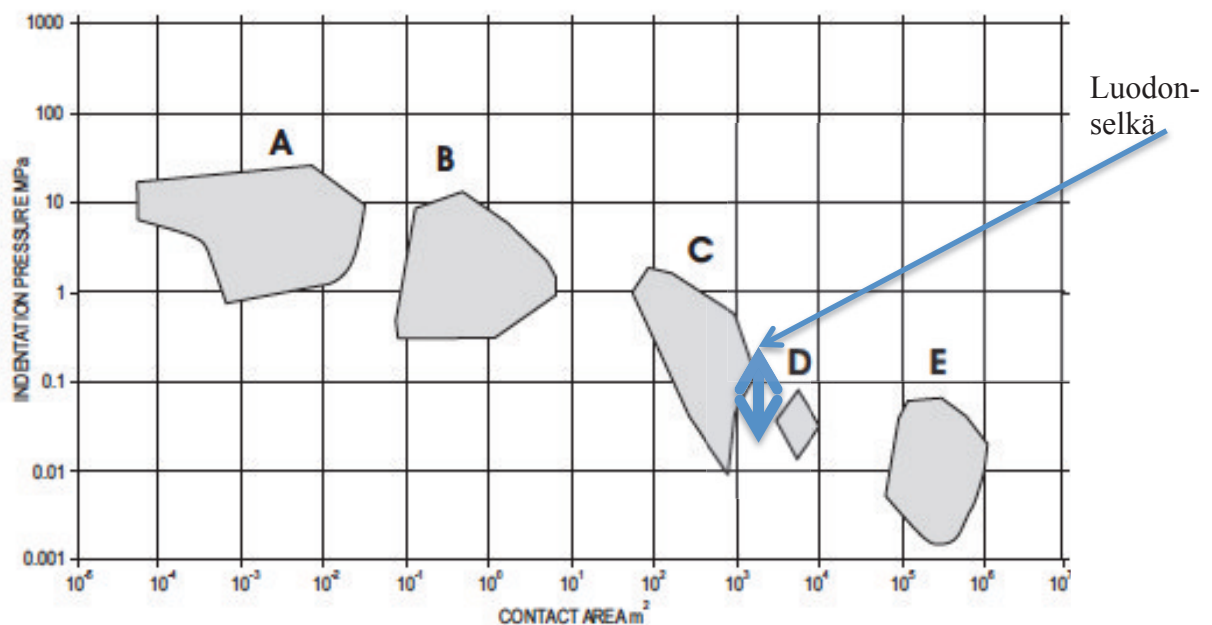
Luodonselällä normaalitalvena meri jäätyy 15.11., jää on 10 cm paksua 21.1., 15 cm 3.12. ja 30 cm 30.12. (kuva 2). Jään paksuus on siis 15–30 cm keskimäärin 27 päivän ajan, tänä aikana jään työntyminen maalle pitkän matkaa on mahdollista. Keväällä aika jään rikkoutumisesta jään katoamiseen on noin viikon. Alkutalvesta, kun jää on vielä ohutta, ja keväällä, kun jää on haurastunut, Luodonselän kiintojää voi rikkoutua ja lähteä liikkeelle. Tällöin voimakkaan tuulen vallitessa jäätä voi ajautua rannikolle, saariin ja luotoihin. Jää voi työntyä maan päälle jopa 100–200 m matkan tai se voi rannan tuntumassa rikkoutua ahtojääksi. Jos jääkentässä on vapaita reunoja tai avoimia väyliä, nämä myös helpottavat liikkeen käynnistymistä. Kaikissa yli 15 cm paksun jään siirtymissä Hailuodon ja mantereiden

välillä onkin liikettä edeltänyt vedenpinnan huomattava, yli yhden metrin nousu keskiveden yläpuolelle, mikä on irrottanut jään rannan sidoksista.

Jään rikkoutuminen riippuu tuulesta, ulapan laajuudesta ja jään paksuudesta. Tuulen voima on riittävän suuri, kun (Leppäranta, 2011):

$$\tau_a L > P(h) \quad (2)$$

missä  $\tau_a$  on tuulen leikkausjännitys jään pintaan,  $L$  on pyyhkäisymatka ja  $P$  on jääkentän lujuus. Tässä siis lujuus tarkoittaa jääkentän jäälevyn keskimääräistä lujuutta, jolloin jääkenttä murtuu jossain kohden ja siirros voi käynnistyä. Tämä lujuusominaisuus riippuu jään paksuuden lisäksi jääkentän laajuudesta. Suuremmilla kentillä löytyy heikkoja kohtia suuremmalla todennäköisyydellä, ja jää murtuu alemmalle kuormituksella. Tätä laajuusriippuvuutta havainnollistaa hyvin Sandersonin käyrä (kuva 5). Sen mukaan jään lujuus Luodonselän alueella asettuu välille 20–120 kPa (poikkileikkauksen ala on  $hw \sim 0.2 \text{ m} \times 10 \text{ km} = 2 \times 10^3 \text{ m}^2$ ).



**Figure 4.15** Sanderson's curve: the strength of sea ice vs. the loading area. A to C show low scale tests, D shows Baltic Sea high-resolution ice drift models, and E shows Arctic Ocean mesoscale ice drift models.

From Sanderson (1988), but with Baltic Sea drift ice dynamics data (D) added.

**Kuva 5.** Jään lujuus jään poikkileikkauksen (paksuus x leveys) funktiona (Sanderson, 1988). Luodonselän kiintojävyöhykkeen arvot on lisätty kuvaan.

Sandersonin (1988) käyrä on sangen yleinen, ja siltä saadaan jään lujuuden suuruusluokka. Mutta lujuusarvon täsmentämiseksi tarvitaan empiiristä tietoa. Jos tuulen leikkausjännitys on yli 1,0 Pa (tuulen nopeus yli 21 m/s), pyyhkäisymatka 10 km ja jään paksuus 20 cm, päästään rannalla  $10 \text{ kN m}^{-1}$  voiman tasolle. Voima kaksinkertaistuu, jos tuulen nopeus nousee 30 m/s tasolle tai jos pyyhkäisymatka kaksinkertaistuu. Huomioiden tapaukset, jolloin Luodonselän jäät ovat liikkuneet, voidaan jääkentän lujuuden todeta olevan mitä todennäköisemmin tasolla 20–40 kPa. Kaikissa havaituissa tapauksissa on liikkeellelähtöä edeltänyt vedenpinnan huomattava nouseminen, mikä on helpottanut jään työntöä. Näin ollen tämä korkean veden tilanteen lujuusarvo asettuu Sandersonin (1988) diagramman alaosaan ja on pienempi kuin

teoreettinen arvio tapauksessa, jossa jäätä alettaisiin työntää Luodonselän veden ollessa keskitasolla. Sandersonin diagramma ja Luodonselän havainnot siis tukevat toisiaan siinä, että jään liikkeellelähtö tarvitsee jääkentän heikennyksen alkutilaan.

Empiiriseen tietoon saadaan vielä lisävalaistusta Palosuon (1963) maastotutkimusten pohjalta. Nämä koskivat kiintojäätöhyökkeen jään rikkoutumista Itämerellä, jolloin Hailuoto ja sen läheiset alueet olivat yksi hänen keskeisistä tutkimuskohteistaan. Tulosten mukaan jää rikkoutuu, kun sen paksuus on alle kriittisen arvon

$$h^* = h^*(l, U_a) = \kappa(l)U_a \quad (3)$$

missä  $l$  on alueen halkaisija,  $U_a$  on tuulen nopeus ja  $\kappa$  on alueen koosta riippuva kerroin. Tässä halkaisija  $l$  vastaa suurinta pyyhkäisymatkaa alueen ylitse. Tulokset tukevat nykyisiä teoreettisia malleja (Leppäranta, 2011, 2013; ks. myös kaava 1). Palosuon (1963) tulosten pohjalta nähdään, että kiintojäätöhyökkeellä jääkentän lujuus  $P$  riippuu jään paksuudesta neliöllisesti, ts.  $P = ch^2$ . Palosuon aineisto oli alku- ja sydäntalvelta, jolloin jää murtolujuus on suuri. Keväällä jään haurastuessa kertoimen  $\kappa$  sovittaminen on vaikeata, mutta on arvioitu sen olevan 1,5–3 kertaa talviarvoa pienempi (Leppävuori & Kokko, 1979).

Liikkuvan jään suurin paksuus voidaan sitten arvioida tuulen ja jään paksuuden ilmastollisten ominaisuuksien pohjalta:

$$h_d = \min \{h_{\max}, \kappa(l)U_{a,\max}\}, \quad (4)$$

missä  $h_{\max}$  ja  $U_{a,\max}$  ovat tarkasteltavan aikajänteen suurin tasaisen jään paksuus ja suurin tuulen nopeus. Hailuodon ja mantereiden välissä rajoittavaksi tekijäksi tulevat tuuli ja ulapan koko, sillä joka talvi jää kasvaa riittävän paksuksi muodostuakseen kiintojääksi. Kun  $U_{\max} \sim 20$  m/s ja  $l \sim 5$  km, on  $h_d \sim 20$  cm; kun  $U_{\max} \sim 20$  m/s ja  $l \sim 20$  km, on  $h_d \sim 40$  cm. Nämä luvut ovat likimääräisiä, kuten symbolilla ” $\sim$ ” korostetaan, sillä jään liikkuvuus riippuu syvyysvaihteluista ja rantamuotojen yksityiskohdista. Vaihteluväli vastaa hyvin Luodonselällä tehtyjä havaintoja. Palosuon ym. (1982) jatkotutkimusten sekä Leppärannan (2011) tutkimusten mukaan alueen suurimmilla, 20–30 km pyyhkäisymatkoilla noin 30 cm paksu jää voi tällä tuulella rikkoutua.

Ihmisen toiminnalla on todettu olevan vaikutusta jäiden liikkuvuuteen tutkimusalueella. Paikallisten asukkaiden mukaan (kokous Hailuodossa 22.11.2010) lauttayhteyden ylläpito talvella vuodesta 1968 on lisännyt jään liikkuvuutta. Entistä paksummat jäät pääsivät liikkeelle, ja jäät ovat liikkuneet myös väylän ylitse molempiin suuntiin. Tätä ajankohtaa lähellä on myös Perämeren avaaminen talvimerenkululle koko talveksi (vuosi 1970), mikä on helpottanut jään liikkuvuutta laajemmin Perämerellä. Vuoden 1970 jälkeen Oulun laivaväylän liikenne on kuormittanut jääkenttää Hailuodon lauttaväylän pohjoispuolella koko ajan, sillä alusten peräaallot ’syövyttävät’ kenttää. Vuonna 1988 Hailuodon väylälle otettiin käyttöön iso lautta (*Merisilta*), mikä erityisesti on lisännyt jään liikkuvuutta.

On kuitenkin merkillepantavaa, että kohdealueella (Hailuodon ja mantereiden väli) on tapahtunut jään siirtymiä myös Perämeren talven ollessa luonnontilassa. Helaakoski (1912) mainitsi tällaisista tapauksista runsaat sata vuotta sitten. Hän ei kuitenkaan tarkastellut ilmiön esiintymistiheyttä, ja hänen tutkimuksestaan saa vaikutelman, että siirtymät olivat harvinaisia. Maannousun takia tosin Helaakosken aikana meri oli metrin syvempi kuin nykyisin. Koska ilmiön harvinaisuudesta johtuen jään siirtymistä on vain vähän aikasarjatietoa, ilmiön

todennäköisyydestä on vaikeata tehdä arviota. Viimeisen 40 vuoden ajalta tietoa on enemmän, ja voidaankin ajatella, että keskimäärin noin kerran 5–10 vuodessa merkittäviä siirtymiä on tapahtunut, painottuen enemmän viime 25 vuoden jaksoon. Tätä tukee myös Alestalon & Häikiön (1975) havainto, jonka mukaan puut olivat jään siirrostensa alueilla 15 vuotta nuorempia. Hailuodon asukkaiden muistitiedon mukaan (kokous Hailuodossa 22.11.2010) jäät olivat stabiilimpia ennen lauttayhteyden avaamista, mitä myös tukee väylän muodostama fysikaalinen taustatekijä. Tällaisen kvalitatiivisen tiedon perusteella ei kuitenkaan voi sanoa kuinka paljon jään siirtymien todennäköisyys on kasvanut.

Jään liikkuvuutta kohdealueella selvitettiin aiemmin myös numeerisen mallin avulla, mistä kerrottiin tarkemmin Rintamäen (2011) raportissa. Sovellusalue on kooltaan pienempi kuin yleensä näitä malleja sovellettaessa. Pienimpiä alueita, joihin mallia on käytetty aiemmin, on ollut Riianlahti ja siitä vielä erikseen Pärnunlahti (Wang ym., 2006; Leppäranta, 2011). Pieneen rannikko- ja saaristoalueeseen sovellettaessa mallia erityistä huomiota on kiinnitettävä reunaehtoihin ja jään lujuuden määrittämiseen. Aiemmissa laskelmissa (Rintamäki, 2011) reunaehdot ratkaistiin käyttäen tarkkaa erotuskykyä, kun taas jään lujuus (kaava 1) kalibroitiin käyttäen edellä esitettyjä havaintoja jään siirtymistä. Kuten edellä todettiin, kalibroitu lujuus vastaa havaintoja, ja se on pienempi kuin keskimääräinen jääkentän lujuus vastaavan laajuisilla alueilla johtuen korkean veden alkuehdon edellytyksestä.

### **3.2 Jääeroosio**

Jääeroosiolla on merkittävä vaikutus Hailuodon geoympäristöön ja elolliseen ympäristöön sekä ihmisen toimintaan alueella. Tämä vaikutus ulottuu kaikkialle saaren lähialueille, myös suojatummalle Hailuodon ja mantereen väliselle alueelle, ja näin jääeroosio kuuluu alueen geoekosysteemin reunaehtoihin. Jääeroosio riippuu Perämeren sääoloista, meren virtausten ja merenpinnan korkeuden kehityksestä, jään ominaisuuksista (ennen kaikkea jään paksuudesta) sekä merenpohjan topografiasta. Hailuodon ja mantereen välisen merialueen mataluuden takia siinä ei kehity korkeita aaltoja, mikä rajoittaa aaltoeroosion voimakkuutta, ja tämä jääkin sekundääriseksi jääeroosioon verrattuna. Hailuodon länsirannalla sekä lauttaväylän pohjoispuolisilla luodoilla pohjatopografia on aalloille suotuisampi ja aaltoeroosiolla on merkitystä.

Hailuodon ja mantereen välisellä alueella tärkeimmät ranta-alueen jääeroosiolajit ovat termomekaaninen eroosio ja mekaaninen eroosio. Edellisessä maa-ainesta ja kasvillisuutta siirtyy matalilla alueilla jäähän jään kasvettua pohjaan asti ja pohjaan jäänyt jää pääsee sitten liikkumaan vedenkorkeuden muuttuessa. Jälkimmäisessä tuuli ajaa jäätä rantaan suurina levyinä. Termomekaaninen eroosio voi vaikuttaa yli 500 m päähän rannasta ja sitä esiintyy lähes vuosittain. Mekaaninen eroosio vaikuttaa korkeintaan 200 m päähän, ja merkittävää työntöä on 1980-luvulta lähtien esiintynyt 5–10 vuoden välein paikasta riippuen. Lämpölaajenemisen aiheuttama jään työntö on sekundäärinen jääeroosiolaji. Ahtojääröykkiöitä ei Luodonselän ulappa-alueella muodostu, eikä siksi siellä jään kyntöä esiinny. Ainoastaan Hailuodon ja Siikajoen välisellä alueella jään kyntöä voi esiintyä vyöhykkeellä, jossa meri alkaa mataloitua.

#### *Mekaaninen jääeroosio*

Mekaaniset jääeroosiotapahtumat ovat ääri-ilmiöitä, ja ne voidaan jakaa kolmeen ajanjaksoon: 1) Alkutilven ohuet jäät rikkoutuvat helpommin ja kova tuuli ajaa niitä rantoihin ja ahtouttaa

matalikoille. 2) Sydäntalven aikana ajojään voimakas puristus voi aiheuttaa siirtymiä kiintojääkentässä, jolloin kuormitukset voivat olla suuria kun jää on paksua. Näistä ei kuitenkaan kohdealueella ole havaintoja, sillä pohjautuneet ahtojäät suojaavat sitä. 3) Keväällä jäät haurastuvat, lähtevät helpommin liikkeelle, ja kiintojään sulaminen rannalta päin edesauttaa rantaan kohdistuvien jään työntöjä, mutta jää on silloin hauraampaa kuin aiemmin talvella.

Kohdealueen pituusmitta on etelä/lounas – pohjoinen/koillinen suunnassa 30 km. Sitä vastaan kohtisuorassa suunnassa pituusmitta on Liminganlahden kohdalla on 30 km ja muuten 10 km. Alueella 30 cm paksu jää pysyy kiintojäänä, kun taas 10 cm paksu jää liikkuu helposti. Yksi poikkeuksellinen tapaus on kirjattu (Markku Tönkyrä, Hailuoto): 19.12.1992 etelämyrskyssä (28 m/s) vesi nousi 150 cm yli keskiveden ja Santosen etelärannalla 40 cm paksu jää ajautui yhtenä lauttana rantatörmälle aiheuttaen paljon materiaalista tuhoa rakennuksille. Jäät ovat liikkuneet ennen vuotta 1988 mutta eroosiotapahtumia on ollut harvemmin kuin nykyisin. Yksi huomattavimmista rantaan työntyvän jään eroosiosta tapahtui joulukuussa 1972, kun tuuli painoi 25 cm paksun jään maalle 100–200 m matkan Oulunsalossa (Alestalo & Häikiö, 1975).

Alkupalvena jääolosuhteet ovat rannalle työntyvään mekaaniseen jääeroosioon suotuisat keskimäärin noin neljän viikon ajan vuosittain. Ajankohtana tulee riittävän voimakas tuuli noin kerran vuosikymmenessä. Suotuisin tuulen suunta on etelän – lounaan sektorista, sillä silloin tuulen pyyhkäisymatka on pitkä ja lounaisiin tuuliin liittyy vielä korkea vedenpinta. Tämä pitää hyvin yhtä sen kanssa, että voimakkaita jääeroosiotapahtumia on esiintynyt Luodonselän alueella viime vuosikymmeninä 5–10 vuoden välein.

Mekaanisen jääeroosiotapahtuman alkuehdot ovat siis seuraavat: jään paksuus on alle 30 cm ja tuulen nopeuden on oltava yli 20 m/s. Jotta eroosiovaikutus ulottuisi kauemmas rannasta, jään lisäksi oltava noin 15 cm:ä paksumpaa, sillä ohut jää vain rikkoutuu pieniksi teleiksi rannan tuntumaan. Hailuodon lounaisrannan lähellä ja Siikajoen rannan länsiosassa voi mekaanista jääeroosiota esiintyä ennen kuin ahtojäät ankkuroituvat merenpohjaan, mutta näiden alueiden jään liikkeet eivät enää riipu oloista lauttaväylän kohdalla. Liminganlahdelle ei mekaaninen jääeroosio ulotu kovin syvälle, koska pitkulainen, matala lahti tarjoaa paljon kitkaa liikkuvalla jälle. Parilta talvelta on havaintoja ohuemman (alle 15 cm) jään työntymisestä rantaan siellä. Tällöin tuuli on ensi lounaan – lännen suunnalta, mikä nostaa vedenpintaa, ja sen jälkeen tuuli kääntyy luoteeseen, jolloin koko työntövoima pääsee kohdistumaan Liminganlahteen.

Sydäntalvella Hailuodon–Siikajoen välillä olevat pohjaan ankkuroituneet ahtojäät ottavat vastaan Perämeren pääaltaan jään puristuksen. Keväällä jään sulaminen rannasta vapauttaa jään liikkumaan helpommin. Tuulet ovat heikompia ja jää on hauraampaa, minkä takia keväällä ei jään maalle työntymistä juuri tapahdu. Suosiollisten jääolosuhteiden jakso vain viikon, minkä pohjalta voidaan arvioida, että keväistä jääeroosiota voisi tapahtua vain hyvin harvoin. Hailuotolaisten tapaamisessa 22.11.2010 muistettiin vain pari tapausta 30 vuoden ajalta ja silloinkaan jäät eivät työntyneet maalle pitkälle. Ei ole nähtävissä syitä, jonka perusteella keväiset jääolot muuttuisivat niin että jääeroosiota alkaisi silloin esiintyä maayhteyden rakentamisen vaikutuksesta. Tämä pitää yhtä myös havaintojen kanssa.

### *Termomekaaninen jääeroosio*

Termomekaaninen eroosio on kohdealueen toinen merkittävä eroosiolaji. Kuten edellä tarkemmin kuvattiin, matalilla ranta-alueilla vesi voi jäätyä pohjaan asti, jolloin vedenpinnan noustua pohja-ainesta ja kasvillisuutta irtaava jää mukana ja vapautuu takaisin pohjaan myöhemmin, lähellä tai kauempana. Pohja-aineksen kulkeutuminen jään mukana on havaittu Luodonselällä tapahtuneen, ja kasvillisuutta tiedetään sen vaikutuksesta siirtyneen. Jo Helaakoski (1912) kuvasi ilmiötä ja piti sitä merkittävänä jääeroosio tekijänä. Nykypäivän rantoja tarkasteltaessa on myös ilmeistä, että korkean veden reuna piirtää maisemaan termomekaanisen jääeroosiolinjan.

Hyvä esimerkki termomekaanisen eroosion ylläpitämästä alueesta on Isomatalan alue Hailuodon eteläpuolella. Isomatalan itäosassa on laaja, yli 500 m leveä puuton kaista (kuva 6). Täällä mekaaninen jääeroosio voi vaikuttaa ainoastaan kaistan reunaan ja siihenkin vain ääritilanteissa jos ollenkaan, sillä se vaatisi alkuehdoikseen ensin korkean veden ja sen jälkeen tuulen idän–pohjoisen sektorista. Alkuehdon toteutumisen todennäköisyys on häviävän pieni. Leveä eroosiokaista hoituukin vain termomekaanisen eroosion avulla.

### **3.3 Ajojään meren pohjaan kohdistama kyntö**

Kun ahtojään köli osuu meren pohjaan sen ajautuessa matalaan veteen, jää pysähtyy ja muodostaa pitkään säilyviä kasautumia, tai, jos työntövoima on riittävän suuri, ahtojäämuodostuma liikkuu ja kyntää samalla pohjaa. Perämerellä ahtojääköliä ulottuvat useinkin 10 m syvyyteen. Kyntövanan syvyys riippuu pohjan laadusta, ja se voi hyvin olla metrin suuruusluokkaa. Kyntövanoja on Suomen merialueilla havaittu, mutta kynnön yleisyydestä on vaikea sanoa mitään konkreettista.

Luodonselällä kyntö on rajoitettua, mikä selviää hyvin keilaavan sonarin avulla tehdyistä alueen pohjatopografian kartoituksista (Pöyryn luotausaineisto, CD). Pidempiä kyntöuria ei ole lainkaan, vain joitakin lyhyitä vanoja, joiden alkuperästä ei ole varmaa tietoa. Luodonselällä alueen mataluuden takia mahdolliset kyntöjäljet tasoittuisivat pois aallokon vaikutuksesta avovesikautena. Perämeren ulapalta itään kulkeutuvat ahtojäät juuttuvat Hailuodon–Siikajoen väliseen matalaan alueeseen, eivätkä pääse siitä läpi. Myös tutkasatelliittien ottamissa kuvissa tämä näkyy hyvin. Luodonselällä siis jään kyntöä voi mahdollisesti esiintyä, mutta sitä tukevaa havaintotietoa ei ole. Asian tutkimiseksi olisi tehtävä sukelluksia talvella.



**Kuva 6.** Isomatalan itäpuolen ranta-alue, maastotutkimus 12.8.2013.

### 3.4 Lisäselvitys suunnitellun maayhteyden vaikutuksesta jääeroosioon

Hailuodon ja mantereen liikenneyhteyden vaihtoehto VE1 perustuu siihen, että lauttaväylän pohjoispuolelle rakennetaan pengerretty tie, jossa on kaksi siltaa vedenvaihtoa varten salmen läpi. Tämä ratkaisu vaikuttaisi jossain määrin tutkimusalueen jääoloihin muuttuneiden mekaniikan reunaehtojen kautta, kuten Rintamäen (2011) raportissa todettiin. Maayhteys muodostaa tutkimusalueen jäälle kiinteän pohjoisreunan. Sen läpi jäät eivät kä jähän kohdistuvat työntövoimat pääse, ja reuna ankkuroi jääkenttää helpottaen kiintojään muodostusta. Jähän kohdistuva tärkein työntövoima – tuuli – ei muutu merkittävästi pengerryksen takia. Maayhteys vaikuttaa tuuleen suunnilleen mittansa verran molemmin puolin, mikä on hyvin pieni matka Luodonselän mittoihin verrattuna, ja samoin maayhteyden vaikutus tuulen pyyhkäistymatkoihin on vähäinen. Tämä seikka seuraa siitä, että siirtymien ollessa 100 m suuruusluokkaa jo olemassa oleva väylä vaimentaa tuulen työntövoiman siirtymistä läpi. Muutenkaan sääoloihin maayhteys ei juurikaan vaikuta. Lumen ajautuminen ja kinostuminen kylläkin muuttaa lumen paksuutta penkereen molemmin puolin, mutta tämä vaikutus ei ulotu kauas penkereestä. Tuulen puolelta lunta ajautuu pois ja toiselle puolelle kinostuu.

Maayhteys vaikuttaa myös vedenvaihtoon Luodonselän ja väylän pohjoispuolisen alueen välillä. Virtaus salmen läpi tulee laskelmien mukaan hieman pienenemään (Kainua & Vepsä, 2009), mikä myös alentaa veden jähän kohdistamaa työntövoimaa. Tällä ei kuitenkaan ole jääeroosion kannalta merkitystä, sillä merkittävässä eroosiotapahtumissa tuuli on aina määrävä tekijä. Maayhteyden aiheuttama patoamisvaikutus saattaa nostaa veden pintaa korkeammalle eteläisen–lounaisen myrskyn aikana, mikä puolestaan helpottaa jään liikkeelle lähtöä. Veden nousun määrän yläraja voidaan arvioida jättäen huomiotta silta-aukkojen vaikutus. Tällöin Luodonselkä muodostaisi puolisoljetun lahden. Tuulen leikkausjännityksen aiheuttama vedenpinnan kaltevuus kohti lahden pohjaa sekä kaltevan vedenpinnan painevaikutus ovat tasapainossa, kun

$$\tau_a L = \rho_w g \xi \quad (5)$$

missä  $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$  on veden tiheys,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  on putoamiskiihtyvyys ja  $\xi$  on vedenkorkeusero lahden suun ja pohjan välillä. Myrskytuuli aiheuttaisi vedenpintaan yli 10 cm nousun 10 kilometriä kohti. Jos tuulen nopeus on 21 m/s tuulen puhaltaessa Luodonselän ylitse lounaasta, maayhteydelle ja sen reunoihin voisi suurimmillaan tulla 20–30 cm vedenkorkeuden nousu nykytilaan verrattuna. Silta-aukoista läpi pääsevä vesi tosin pienentää patoefektiä, ja niinpä 10 cm:ä voidaan pitää realistisena ylärajana vedenkorkeuden lisä nousulle syys- ja talvimyrskyjen aikana. Alkutilalla tämä vaikutus jopa auttaa jääeroosiota. Keväällä näin voimakkaita lounaismyrskyjä ei esiinny, ja silloin penkereellä voi olla vain pieniä vaikutuksia (korkeintaan muutama senttimetri) vedenkorkeuteen.

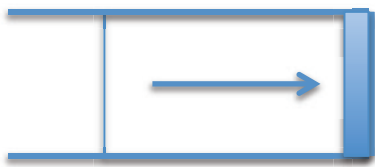
Termomekaaninen eroosio määräytyy sään ja vedenpinnan korkeuden kehityksestä. Edellä olevan perusteella sään vaikutus jää aivan paikalliseksi maayhteyden molemmin puolin, ja vedenkorkeuden maksimi hieman nousta. Näin ollen termomekaanista eroosiota heikentävää tekijää ei tule. Patoefektin aiheuttama vedenpinnan lisä nousu vielä edesauttaa eroosiota sallimalla jään liikkeen ja termomekaanisen eroosion pääsyn pidemmälle rantaan.

Kaiken kaikkiaan siis maayhteyden suurin merkitys on jään liikkeen vaimennus, jonka kiinteä reuna ja sen kitka jään liikkeelle aiheuttavat. Tämä vaikutus on suurin, kun jää ajautuu kohtisuoraan maayhteyttä vasten. Sekundäärinen vaikutus on sääoloihin, ennen kaikkea lumen kerääntymiseen, maayhteyden leveyden kokoisessa kaistassa sen molemmiin puolin.

VE1 suunnitelman seurauksista jääolosuhteille voidaan tarkentaa edellisen raportin arviota (Rintamäki, 2011) seuraavasti.

(1) *Jään rakenne ja jään paksuuden kehitys* eivät merkittävästi muutu nykytilanteesta. Jään rakenne—kohvajää ja teräsjää kerrokset—sekä näiden kerrosten paksuudet seuraavat talven lämpötilasta ja lumisateista. Maayhteyden lähellä tosin lumen ajautuminen ja kinostuminen voivat tuottaa erilaisen jään rakenteen ja paksuuden.

(2) *Kiintojää* muodostuu nykyoloissa viimeistään, kun jään paksuus on 30 cm. Kun jään paksuus alkaa lähestyä tätä tasoa, muodostuu Luodonselkä liian ahtaaksi jään liikkeelle. Maayhteys ei vaikuta pyyhkäisymatkaan Luodonselän alueella, sillä se sijaitsee tämän alueen reunalla ja nykyisin lauttaväylä vaimentaa työntövoiman läpisiirtoa. Lauttaväylän reunan muuttaminen kiinteäksi reunaksi lisää kuitenkin murtoreunan pituutta tuulen suunnasta riippuen, ja sen takia on odotettavissa, että suurin liikkuvan jään paksuus alenee (kuva 7). Koska jääkentän lujuus kasvaa neliöllisesti paksuuden suhteen, liikkuvan jään maksimipaksuuden muutos on pieni.



**Kuva 7.** Skemaattinen kaavio jääkentän kuormituksesta puolisuuljetussa lahdessa. Tuuli työntää jäätä pohjukkaan. Puristusvastus on kaksi kertaa leikkausvastuksen suuruinen.

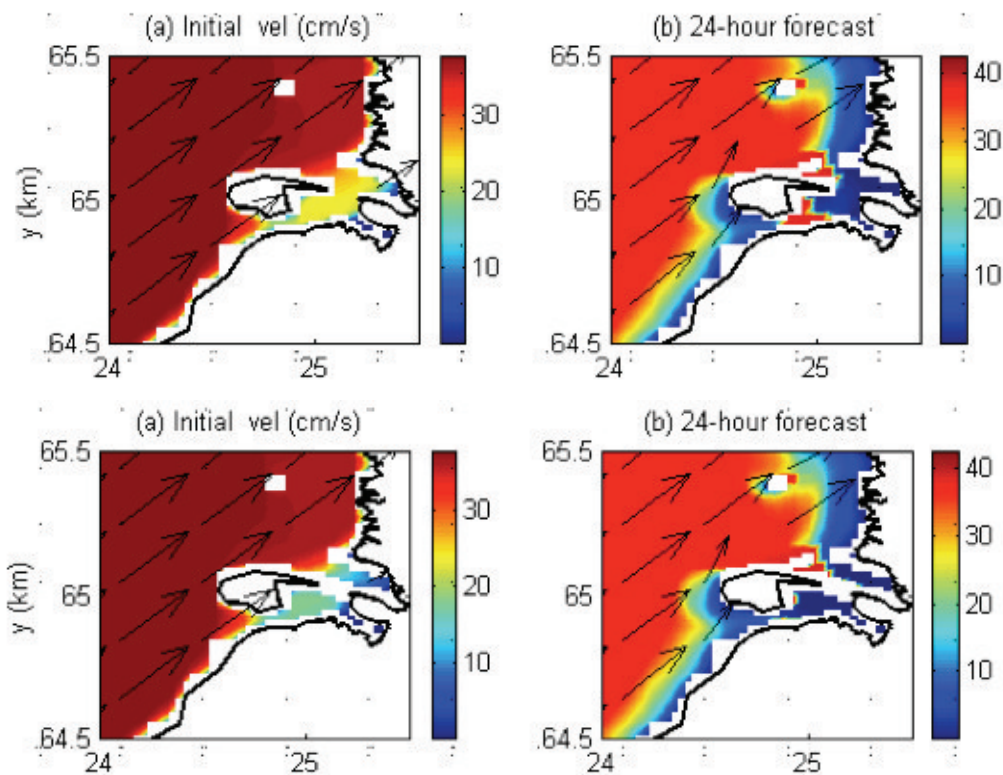
(3) *Jään liike* määräytyy pääosin tuulesta ja alueen reunoista. Tilanteet voidaan jakaa lounaan, luoteen, kaakon ja koillisen sektoreihin (nimellinen suunta  $\pm 45^\circ$ ).

Lounaan puoleisilla tuulilla tuleva työntövoima ei pääse maayhteyden läpi, ja niinpä tämän pohjoispuolelle avautuu railo, kun jää on vielä liikkuvaista. Edelleen pohjoisempana tulee Oulun väylä vastaan, joten pohjoispuolen jääkentässä on vain leikkausvastusta. Maayhteyden eteläpuolella jää ahtoutuu sitä vasten, jos vain jääkentän murtoraja ylittyy. Suurin voima kohdistuu maayhteyteen juuri lounaistuulilla pitkän pyyhkäisymatkan takia, ja lisäksi lounaistuulet nostavat veden pintaa. Maayhteyden vaikutus riippuu voimakkaasti tuulen suunnasta tämän sektorin (etelä – länsi) sisällä. Jos jääkentän pituus (työntösuunnassa) on 25 km ja leveys 15 km, murrettavaa leikkauslinjaa on 50 km ja puristuslinjaa 15 km. Leikkauslujuus on puolet puristuslujuudesta, ja siksi kukin sivu tarvitsee yhtä paljon murtovoimaa. Verrattaessa nykytilanteeseen, jossa maayhteyden asemasta on 10 km pituinen vapaa väylä, murtovoimaa tarvitaan maksimissaan 30% enemmän. Koska jääkentän lujuus kasvaa neliöllisesti paksuuden myötä, 30% lujuuden kasvu tarkoittaa sitä, että 3,5 cm ohuempi jää muodostaa kiintojäättä. Alkutilasta jää kasvaa keskimäärin 0,8 cm päivässä, ja näin liikkuvan jään periodi lyhenee 4,5 vuorokaudella.

On siis odotettavissa että jää edelleen rikkoutuu kovalla lounaistuulella, mutta kiintojään muodostuksen alaraja kuitenkin hieman laskee. Siirrokset jääkentässä jäävät pienemmiksi

lähellä suunniteltua maayhteyttä, kun kuormitus kohdistuu leveään kiinteään reunaan. Pyyhkäisymatkaa on maayhteyden kanssa riittävästi, ja jääkuormat rantoihin penkereen päiden lähellä saattavat kasvaa, mutta jään siirrokset ovat sen sijaan lyhyemmät kuin nykyisin lähellä maayhteyden korvia, sillä liike on rajatumpaa. Kun tuulen suunta siirtyy lounaasta länteen päin, penkereen vaikutus jää pienemmäksi ja jää pääsee työntymään rannalle Oulunsalon puolella. Etelään päin käännettäessä suurta muutosta ei ole, mutta jää voi edelleen päästä kuormittamaan Hailuodon itäpuolta ja Santosta.

Koillistuulilla tilanne ei ole lounaisen sektorin tilanteen peilikuva. Jää ei pääse hyvin liikkeelle, sillä koillistuulilla vedenpinta laskee ja jää tukeutuu matalikoihin ja rantoihin yhä paremmin. Tämän takia jäät eivät nykyisinkään liiku koillistuulilla. Luoteen ja kaakon sektorien tuulet saavat penkereestä lisää leikkauslinjaa murrettavaksi, mikä lisää jääkentän murtorajaa. Jos jääkentän pituus (työntösuunnassa) on 20 km ja leveys 10 km, murrettavaa leikkauslinjaa on 40 km ja puristuslinjaa 10 km. Leikkauslujuus on puolet puristuslujuudesta, ja siksi kukin sivu tarvitsee yhtä paljon murtovoimaa. Verrattaessa tilanteeseen ilman penkerettä, jonka pituus on 10 km, murtovoimaa tarvitaan 20% enemmän. Tämä lujuuden kasvu tarkoittaa sitä, että 2,5 cm ohuempi jää muodostaa kiintojäätä. Alkutilasta jää kasvaa keskimäärin 0,8 cm päivässä, ja näin liikkuvan jään periodi lyhenee noin kolmella vuorokaudella. Luoteen ja kaakon suunnilla tilanne ei siis paljon muutu, sillä penkereen tarjoama leikkausvastus on vähäinen jään puristusvastukseen verrattuna. Jään liikkeen käynnistämiseksi tarvitaan näissäkään tapauksissa vedenpinnan nousu alkuehtona ja näiden sektorien jään liikkeet ovat odotetumpia, jos tilannetta edeltää voimakas lounaisen sektorin tuulitilanne. Myrskyisillä länteen – luoteeseen kääntyvillä tuulilla jäät voivat tunkeutua Liminganlahdelle lähestulkoon samoin kuin nykyisin.



**Kuva 8.** Jään liikenoisuus nykytilanteessa (ylempi pari) ja penkereen kanssa (alempi pari) lounaistuulella. Laskelma tehty jään dynamiikan matemaattisella mallilla. Laskelmissa jään paksuus = 10 cm, tuulen nopeus 15 m/s, ja jään lujuusvakio = 27,5 kPa.

Suurin kysymys on mitä tapahtuu lounaistuulilla, kun jää on vielä alle 30 cm:n paksuista. Tämän tutkimiseksi tehtiin numeerisella mallilla simulaatioita, ja olennainen tulos on nähtävissä kuvassa 8. Nähdään, että maayhteys katkaisee jään liikkeen ja jään liike hidastuu tutkimusalueella. Mallin keskeiset parametrit ovat jään lujuusvakio  $P^*$ , jään paksuus  $h$  ja tuulen nopeus  $U_a$ . Ne asetettiin mallissa  $P^* = 27,5$  kPa,  $h = 10$  cm ja  $U_a = 15$  m/s. Puristuslujuutta voidaan pitää realistisena, sillä havaintojen pohjalta se arvioitiin väliin 20–40 kPa. Jos jään paksuus ja tuulen nopeus kaksinkertaistetaan, saadaan melko tarkkaan samanlainen tulos, mikä on lähellä havaittuja ääritilanteita. Tuloksissa on mielenkiintoista ennen kaikkea todeta se, että jää liikkuu myös maayhteyden tilanteessa, vaikkakin heikommin.

Maayhteyden tapauksessa jään liikkeen nopeus on noin 20% ulkomeren nopeutta alempi. Tämän pohjalta kitkallisen jään liikkeen plastisia skaalauslakeja käyttäen voidaan arvioida että yli 25 cm paksuinen jää ei enää Luodonselällä liikkuisi myrskylläkään. Tämä pitää hyvin yhtä empiirisen havaintoaineiston mukaan tehdyn päättelyn kanssa. Koska jään liikenopeus pienenee, on myös odotettavissa että jään ajautuminen rantaan jää lyhyemmäksi maayhteyden länsi- ja itäpuolella maayhteyden rakentamisen jälkeen.

Maayhteyden rakentamisen vaikutuksista eri kohteisiin Hailuodon – Oulunsalon – Lumijoen alueella voidaan nyt todeta seuraavaa. Kuvassa 9 on kuvattu natura-alueet, joihin on siis kiinnitettävä erityistä huomiota: Lauttaväylän pohjoispuoli (luodot ja karit sekä Akionlahti), Ojakylänlahti ja Kengänkari, Liminganlahti, Isomatala – Maasyvänlahti sekä Saarenperä ja Karikankaanmatala. Penkereen vaikutukset ovat rajallisia, ja selvyiden vuoksi ne jaetaan tässä kolmeen kategoriaan:

- (1) Penkereellä ei ole vaikutusta.
- (2) Penkereellä on vähäisiä vaikutuksia, mikä edellyttää näiden alueiden olosuhteiden seuranta ja mahdollisia toimia seurannan pohjalta.
- (3) Penkereellä on jonkin verran vaikutusta, ja sen takia näillä alueilla tarvitaan lievennystoimia.

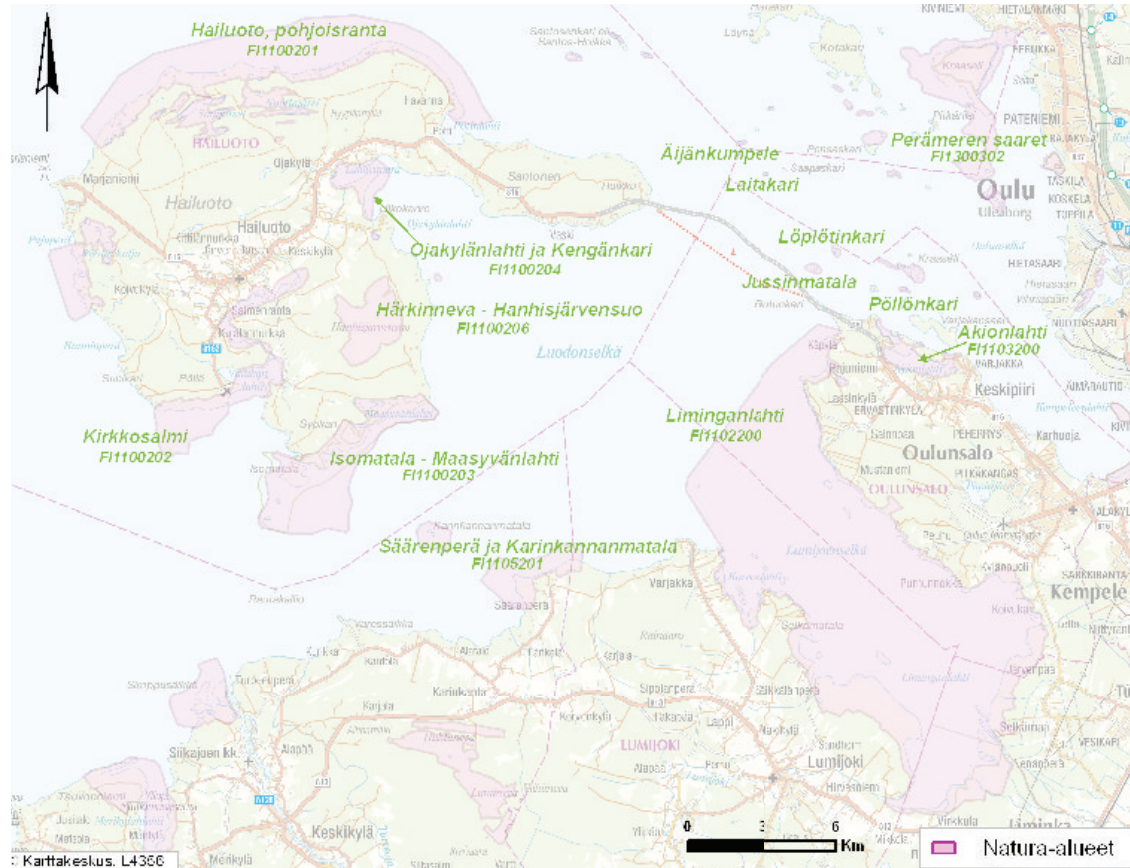
Kuten edellä on kuvattu, penkereen vaikutus koskee mekaanista jääeroosiota. Termomekaaniseen eikä jään lämpölaajenemisen aiheuttamaan eroosioon penkereellä ei ole vaikutusta, ja niitä esiintyy jatkossakin lähes vuosittain. Ahtojään kyntö ei olemassa olevan tiedon valossa ole merkittävä tarkastelualueella lukuun ottamatta Hailuodon – Siikajoen välisen merialueen läntistä reunavyöhykettä, mutta sinne asti ei penkereen vaikutus tunnu.

#### *Lauttaväylän pohjoispuolen natura-alueet (luodot ja karit sekä Akionlahti)*

Maayhteyden vaikutuksesta jään paineet laskevat hieman lauttaväylän pohjoispuolisilla saarilla lounais- ja etelätuulilla ja tällöin myös niistä suunnista tuleva jääeroosio heikkenee hieman. Lännen ja pohjoisen välisestä sektorista puhaltavien tuulien vallitessa sen sijaan eroosioon ei tule kuin korkeintaan vähäisiä muutoksia. Matalilla luodoilla termomekaaninen eroosio vaikuttaa sekä myös aaltoeroosion rooli on merkittävä. Alueella on selvästi nähtävissä, että puusto alkaa vahvistua, kun luodon korkeus ylittää vedenkorkeuden maksimin. Tämän perusteella mekaanista jääeroosiota ei voi pitää tärkeänä. Akionlahti on penkereen vaikutusten ulkopuolella. Kaiken kaikkiaan maayhteyden rakentamisella on korkeintaan vähäisiä vaikutuksia lauttaväylän pohjoispuolella olevien natura-alueiden luonnontilaan.

### *Ojakylänlahti ja Kengänkari (natura-alue)*

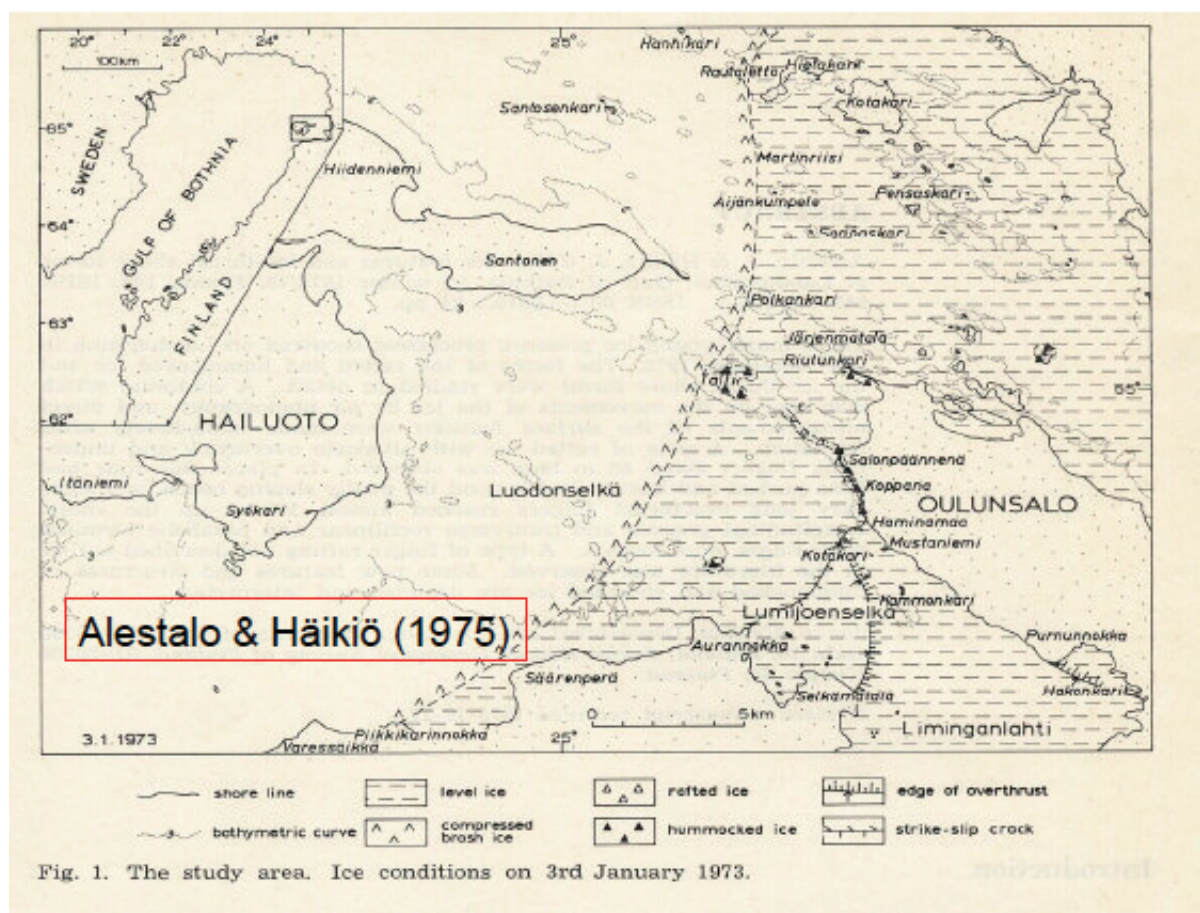
Penkereellä ei ole vaikutusta. Mekaanisesta jääeroosiosta ei siellä havaintojen mukaan esiinny, mikä on ymmärrettävää, sillä alkuehtojen kehittyminen on sangen epätodennäköistä.



**Kuva 9.** Natura-alueet Hailuodossa ja läheisillä mantereiden alueilla.

### *Liminganlahti (natura-alue)*

Nenännokan alueella suunnitelman mukainen penger aiheuttaa jään paineiden kasvua penkereen eteläpuolella, mutta Nenännokka on jo kauempana pengerkorvasta ja siksi siellä muutos on vähäisempi. Jään siirrokset voivat kiinteän reunan takia hieman lyhentyä. Näin ollen alueella penkereestä Nenännokkaan penkereellä on jonkin verran vaikutuksia. Liminganlahdella voi tapahtua mekaanista jääeroosiota lännen – luoteen suunnan tuulilla, harvemmin kuin Huikunrantaan ja Nenännokkaan. Liminganlahden jääeroosioon ei pengerryksellä ole suuntauksensa takia kuin korkeintaan vähäisiä vaikutuksia. Liminganlahti on pitkä ja matala, ja siksi mekaaninen eroosio ei sinne pääse pitkälle, ja termomekaanisella eroosiolla on ilmeisesti suuri merkitys. Kuva 10 esittää jäätilanteen alueella voimakkaiden joulukuun myrskyjen jälkeen joulukuussa 1972, jolloin esiintyi tunnetuista tapauksista selvästikin tämän alueen ääritapaus. Jäätä ajautui maalle Nenännokassa, ja Liminganlahdellakin oli merkittäviä jään siirroksia. Vuoden 2000 jälkeen on kerran 10 – 15 cm paksu jää aiheuttanut mekaanista eroosiota Liminganlahdella. Penkereen tapauksessa jää liikkuaan leikkautuisi maayhteydestä, jolloin leikkauskittkavastusta tulee mutta se on pienempi kuin lounaistuulilla vastassa oleva puristusvastus.



**Kuva 10.** Jään rantaan ajautuminen joulukuussa 1972 (Alestalo & Häikiö, 1975).

#### *Isomatala – Maasyvänlahti (natura-alue)*

Alue on Hailuodon kohdealueen lounaiskolkassa, kaukana VE1 pengerlinjalta, ja jääeroosiovaikutukset tulevat sen länsipuolelle etelän-lännen sektorin tuulista, kun taas itäpuolella termomekaaninen eroosio on hallitseva. Nämä eroosiotapahtumat eivät riipu siitä, onko Hailuotoon lautta- tai maayhteys. Koska Isomatala on kiintojään reunan suunnalla, länsipuolen eroosion todennäköisyys on alkutalvesta suurempi kuin Oulunsalon ja Santosen alueella, sillä pyyhkäisymatkat voivat olla pidempiä, kun ulkomerellä on jäätä. Tosin ahtojäiden tarttuminen pohjaan Hailuodon – Oulunsalon välillä rajoittaa jään liikettä ja sen myötä mekaanisen eroosion alueita. Isomatalan itäpuolella on laaja eroosiovyöhyke, jota termomekaaninen eroosio kykenee ylläpitämään. Isomatalan – Maasyvänlahden Natura-alueisiin ei siis maayhteyden rakentamisella ole kuin korkeintaan vähäisiä vaikutuksia.

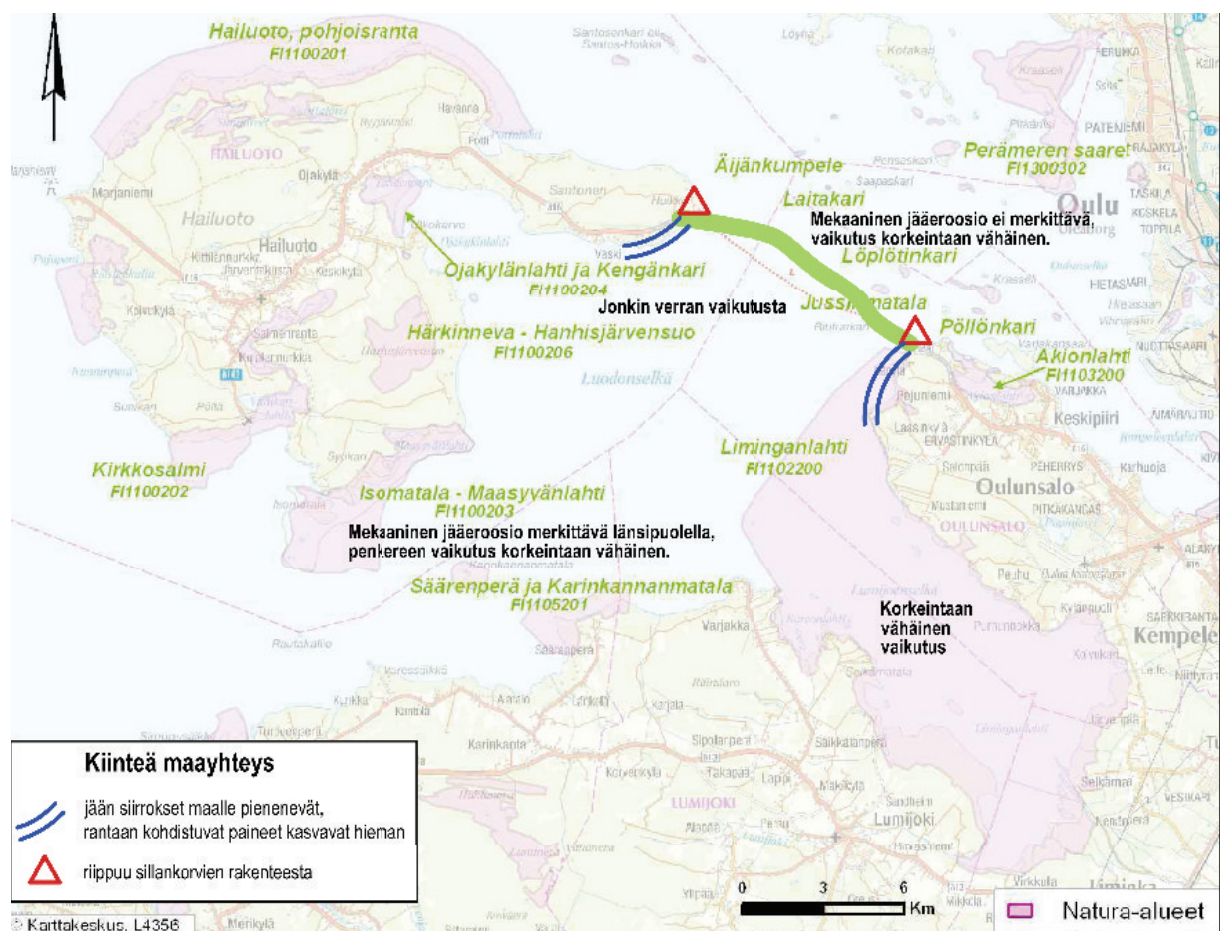
#### *Saarenperä ja Karikankaanmatala (natura-alue)*

Alue on kauempana suunnitellusta maayhteydestä, ja mekaanista eroosiota tapahtuu lounaan – lännen välisillä tuulilla lännestä päin, eikä maayhteyden vaikutus enää siellä tunnu. Nämä alueet ovat matalia kuten Isomatala, ja on selvää, että termomekaaninen eroosio on merkittävä. Mallilaskelmien perusteella voidaan katsoa, että korkeintaan vähäistä jääeroosion vähenemistä voi seurata maayhteyden rakentamisen takia.

Yhteenvetona näiden natura-alueiden jääeroosiosta luonnontilassa sekä maayhteyden rakentamisen arvioiduista vaikutuksista voidaan esittää seuraava jaotelma (ks. myös kuva 11):

|                                 | LUONNONTILA |                  | MAAYHTEYS |   |
|---------------------------------|-------------|------------------|-----------|---|
|                                 | Mekaaninen  | Termo-<br>mekaa- | Aalto     |   |
| Lauttaväylän pohjoispuoli       | +           | +++              | +         | 1 |
| Ojakylänlahti ja Kengänkari     | -           | +++              | -         | 1 |
| Oulunsalon Nenännokka           | +++         | +++              | -         | 3 |
| Liminganlahti                   | ++          | +++              | -         | 2 |
| Isomatala – Maasyvänlahti       | +           | +++              | -         | 2 |
| Säärenperä ja Karikankaanmatala | +           | +++              | -         | 2 |

+ voi ajoittain esiintyä; ++ vaikutus rajoitettu; +++ voimakas tekijä; - ei merkitystä  
1 – ei vaikutusta, 2 – seuranta tarpeen, 3 – lievennystoimia tarvitaan



**Kuva 11.** Päivitys v. 2011 raporttiin koskien penkereen odotettuja jääeroosiivaikutuksia. Termomekaaniseen eroosioon penkereellä ei ole vaikutusta.

Muista alueista (ei natura-alueista) mekaanisen jääeroosion lievenemistä voi esiintyä Huikun kärjessä, jossa jään siirrosten odotetaan olevan pienempiä maayhteys tilanteessa. Jääeroosiota esiintyy siellä pääasiassa etelätuulilla lauttasataman eteläpuolella. Maayhteys-tilanteessa etelätuulten vallitessa Huikunrantaan kohdistuu mallilaskelmien mukaan suurempi paine, kun Huikun – Oulunsalon salmi ei voi antaa yhtään peräksi. Näin ollen on odotettavissa, että Huikun rannan alueella jääeroosiotapahtumien todennäköisyys kasvaa, vaikkakin jään

siirrokset ovat rajoitetumpia kiinteän pengerreunan takia. Mitä aivan Huikun kärkeen tulee, riippuu siitä minkälainen pengerkorvan toteutus siihen rakennetaan. Pohjoisilla tuulilla toisella puolen Huikunkärkeä periaatteessa jääeroosiota voi tapahtua Huikun pohjoisrantaan, vaikka vedenkorkeuden laskun takia se on epätodennäköisempää. Maayhteyden suunnan takia voidaan katsoa, että sillä on korkeintaan vähäinen vaikutus pohjoisrannan jääeroosioon.

### 3.5 Alkuperäisen raportin jään fysiikan osuuden herättämistä kommenteista

Alkuperäisessä raportissa *Jääeroosioselvityksen täydentäminen* (Rintamäki, 2011) on esitetty kommentteja tekstin alaviitteissä sekä liitteinä. Maayhteyden vaikutuksia koskevista kommenteista tämän kirjoittajan laatimaan lukuun (2. Jäävoimien vaikutusmekanismit ja jäiden liikkuminen) voidaan nyt sanoa seuraavaa.

*Alaviite 1, s .11.* Pitää paikkansa, että pitkällä aikavälillä maankohoaminen (noin 8–9 mm/vuosi) heikentää jääeroosiota, sillä se madaltaa vesialuetta ja lyhentää pyyhkäisymatkoja. Sadan vuoden aikajänteellä heikennys voi tulla jossain määrin merkittäväksi, etenkin jos pohjasedimentin kulkeutuminen vielä muuttaa merenpohjan topografiaa. Arvioitujen ilmastonmuutoksen on tosin ennustettu kompensoivan maannousua niin, että keskivesi nousisi vain noin 5 mm vuodessa.

*Alaviite 3, s .26.* Sulamisaikana sulavan merijään lisäksi myös valuntana ja jokien mukana tulee lumien sulavesiä, ja sen takia sulamiskautena meriveden suolaisuuden lasku on merkittävä. Tällä asialla ei tosin ole mitään tekemistä jääeroosion kanssa.

*Alaviite 4, s .27.* Tarkasteltavalla alueella on ainakin pohjaan ankkuroituneita ahtojäävalleja. Muodostuessaan tai ajautuessaan matalikoille nämä vallit ovat voineet kyntää pohjaa, jos jään työntövoima on ollut riittävän suuri. Pöyryn luotausaineistosta ei selviä kyntöjälkiä löytynyt, joten joko niitä ei ole tai ne ovat aallokon ja virtausten vaikutuksesta tasoittuneet avovesiaikana.

*Alaviite 5, s .27.* Tässä on siis kyseessä termomekaaninen eroosio, jota on käsitelty edellä. Termomekaanisen eroosion merkitys on suurempi kuin mitä edellisessä raportissa arvioitiin. Tätä tukevat Helaakosken (1912) varsin seikkaperäiset kuvaukset sekä maasto-olosuhteisiin tutustuminen Hailuodossa 12.8.2013. Sekä paikalleen sulamista että horisontaalisia siirroksia tässä eroosiolajissa on esiintynyt.

*Alaviite 6, s .28.* Huomautus pitää paikkansa. Termisellä jääeroosiolla on merkitystä rannan tuntumassa. Tässä tarkastelussa on kuitenkin päähuomio suurempimittaisesta jääeroosiosta, joka selittyy mekaanisen ja termomekaanisen eroosion avulla. Joka tapauksessa maayhteydellä ei ole vaikutusta termiseen jääeroosioon.

*Alaviite 7, s .38.* Liminganlahden Oulunsalon puolen suualueella vaikutuksen ovat samanlaisia kuin Nenännokassa (edellä: 'jään siirrokset voivat kiinteän reunan takia hieman lyhentyä'), joten tältä osin huomautus pitää paikkansa. Kun siirrytään etelämmäksi Liminganlahden suulle ja Lumijoen puolelle, lounaistuulten pyyhkäisymatkat lyhenevät ja eroosiovaikutus yleensäkin pienempi. Nämä alueet tarvitsevat tuulen kääntymistä länteen tai luoteeseen lounaismyrskyn aiheuttaman vedennousun jälkeen. Näiden tuulten jääeroosioon maayhteyden vaikutus on vähäinen.

*Alaviitteet 8–9, s. 38–39.* Huomautukset pitävät paikkansa, sillä koko Hailuodon ja mantereen välinen merialue muodostaa jäiden kannalta oman kokonaisuutensa, jossa infrastruktuurihankkeilla on yhteisvaikutuksia. Nyt (6.9.2013) esitetyssä raportin päivityksessä lähtökohtana on se, että alueelle tulee ainoastaan maayhteys.

*Alaviite 10, s. 40. Huomautus pitää paikkansa (ks. edellä alaviite 4).* Pohjan kynnön merkityksen selvittämiseksi olisi alueella tehtävä talvitutkimuksia.

*Alaviite 11, s. 40.* Tämä pitää varmastikin paikkansa. Esimerkiksi Isomatalan itäpuolella on tällainen laaja alue, jossa jääeroosion täytyy olla toistua lähes vuosittain nuoren puuston kokonaan puuttuessa. Alueen sijaintiin nähden mekaanista jääeroosiota ei voi pitää matalakasvuisen tilan ylläpitäjänä, vaan termomekaaninen jääeroosio on tähän todennäköisin selitys. Tätä johtopäätöstä tukee myös se, että matalakasvuisen alueen raja on asettunut korkean veden rajan tuntumaan.

*Alaviite 12, s. 40.* Edellä käsitellyn mukaan maayhteyden pohjoispuolen luotoihin vaikuttaa lähinnä termomekaaninen jääeroosio ja aaltoeroosio. Lisäksi Oulun väylän ympäristössä on alkutalvesta rikkonaista jäätä ja kun väylä tarjoaa vapaan reunan, tämän jää voi lähteä liikkeelle lännen – luoteen puoleisilla tuulilla. Jään työntö nykyisellään lauttaväylän ylitse on ilmeisesti vähäistä.

*Alaviite 14, s. 40.* Liminganlahden suupuolen eteläosien jääeroosiossa on tärkeämpänä länsituulet, siksi se on jätetty tässä pois (ks. alaviite 7).

*Alaviite 18, s. 44.* Termomekaanisessa eroosiossa pohjaan jäätyneet jäät pääsevät liikkumaan vedenkorkeuden vaihteluiden mukana ja keväämmällä, kun jää alkaa rannasta haurastua ja sulaa lisäten jään liikkuvuutta. Näihin prosesseihin maayhteydellä ei ole vaikutusta.

*Alaviite 19, s. 45.* Huomautus pitää varmaankin paikkansa ja itse asiassa tukee sitä, mitä tässä raportin päivityksessä on päätelty.

*Liite 1. Mauri Määttäsen lausunto.* Professori Määttänen tuo lausunnossaan esille ennen kaikkea aaltoeroosion merkityksen. Hänen mukaansa 'aaltoeroosiolla on eroosiovyöhykkeiden ylläpitämisessä merkitystä eikä maayhteys siihen vaikuta'. Paikoin aaltoeroosio on varmaankin merkittävä, mutta matalilla vyöhykkeillä aallot murtuvat eikä niiden energia kulkeudu pitkälle eroosiovyöhykkeelle. Esimerkiksi Isomatalan – Säärenperän – Karikannanmatalan natura-alueet ovat tämän tyyppisiä, ja myös Liminganlahdella aallokko ei mataluuden takia pääse pitkälle. Sitä vastoin ainakin maayhteyden pohjoispuolen luodoilla aaltoeroosiolla on merkitystä. Murtuminen tapahtuu, kun meren syvyys on madaltunut suunnilleen tasolle 1,3 x aallon korkeus. Niinpä 1,5 metrin korkuiset aallot eivät korkean veden vallitessaan pääse keskiveden vesirajaa ylemmäksi. Maayhteys vaikuttaa kyllä hieman aaltojen muodostukseen, sillä aaltojen kehitys riippuu myös pyyhkäisymatkasta. Mutta olennaisempi seikka on merialueen mataluus joka johtaa aaltojen murtumiseen. Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että aaltoeroosiolla on oma merkityksensä mutta se ei riitä ylläpitämään Hailuodon ja mantereen välisen merialueen eroosiovyöhykkeitä.

*Liite 2. Keskustelutilaisuus Hailuodossa 22.11.2010.* Tämä tilaisuus järjestettiin ennen Rintamäen (2011) raportin valmistumista ja keskustelun anti jo otettiin sen raportin laatimisessa huomioon.

*Liite 3. Hailuodon kunnan lausunto.* Hailuodon kunta antoi asiasta varsin seikkaperäisen lausunnon, joka perustui kuntalaisten pitkäaikaiseen kokemukseen paikallisista jääoloista. Lausunnossa kerrottiin laiduntamisen merkitystä rantojen säilymisessä matalakasvuisina 1950-luvulle saakka, ja lauttayhteyden avaamisen jälkeen vuonna 1968 seurannutta jään herkempää liikkeelle lähtöä. Erityisesti suurten lauttojen käyttöönotto vuonna 1988 lisäsi jään liikkuvuutta. Lausunnon mukaan yli 20 cm paksut jäät ovat liikkuneet lauttayhteyden avaamisen jälkeen mutta eivät sitä ennen. Lausunto on näiltä osin sopusoinnussa Rintamäen (2011) raportin tulosten kanssa. Lisäksi lausunnossa korostetaan pystysuorien jään liikkeiden aiheuttamaa eroosiota, jota tässä raportissa kutsuttiin termomekaaniseksi eroosioksi ja todettiin sen olevan merkittävä matalilla alueilla. Termomekaanisen eroosion jatkuminen on maayhteydestä riippumaton. Lisäaineistoon ja maastoon tutustuminen ovat vahvistaneet tämän kirjoittajan käsitystä termomekaanisen eroosion merkityksestä. Se on useilla alueilla ainoa säännöllinen ja riittävän tiheään esiintyvä mekanismi pitämään rantakasvillisuuden matalana. Tässä raportin päivityksessä 26.9.2013 on termomekaanisen eroosion merkitystä alleviivattu ja todettu sen hallitsevan eroosiota matalilla alueilla. Lopuksi lausunnossa todetaan, että maayhteys palauttaa alueen 'luonnolliseen tilaan' ja että eroosio on joka tapauksessa heikkenemässä maankohoamisen takia. Toisaalta karjatalouden takia on ilmeisesti hyvin pitkä aika siitä, kun alue oli luonnontilassa. Silloin meri oli laajempi ja syvempi ja mekaaninen jääeroosio tapahtui huomattavasti helpommin. Ihmisen toiminta on sittemmin mahdollisesti edesauttanut uhanalaisten lajien säilymistä. Mikäli, kuten nyt näyttää, termomekaaninen jääeroosio on hallitseva eroosiomekanismi, maankohoaminen ei eroosiota lopeta vaan ainoastaan paljastaa uutta rantaa, johon kasvit voivat siirtyä.

## **4. Ympäristöolosuhteiden säilyttäminen jääpeitteisenä kautena**

### **4.1 Yleistä**

Hailuodon alueella jään tärkein ympäristövaikutus on merenpohjan ja ranta-alueen eroosio. Tämän taustatekijät ovat alueen topografia, vallitsevat tuulet ja vedenkorkeuden vaihtelut, jään paksuus ja jään liike. Vedenkorkeuden vaihtelut aiheutuvat alueella tuulista, jään paksuus riippuu sääoloista, lähinnä ilman lämpötilasta ja lumisateista, ja jään liike tuulista ja virtauksista.

Termomekaaninen jääeroosio on tarkastelualueen merkittävin jääeroosio laji. Matalilla alueilla jää voi kasvaa pohjaan asti ja vedennousun jälkeen siirtää pohja-ainesta mukanaan. Tähän ei penkereen rakentamisella ole vaikutusta. Termomekaaninen eroosio voi ulottua yli 500 m päähän liittoveden rajasta ja sitä tapahtuu lähes vuosittain. Se huolehtii Luodonselän eteläpuolisten natura-alueiden rantavyöhykkeistä. Suunnitellun penkeren pohjoispuolella olevilla luodoilla ja saarilla termomekaaninen eroosio ja aaltoeroosio hallitsevat luotojen tilan ylläpitämistä.

Jään liikkeen aiheuttama eroosio kohdistuu rantoihin, luotoihin ja meren pohjaan. Jään ajautuminen maalle on havaintojen mukaan ollut suurimmillaan 200 metriä matalalla ranta-alueella kuten Hailuodossa ja Oulunsalossa. Työntövoimana on silloin voimakas tuuli (20–30 m/s) ja jään täytyy olla suhteellisen paksua (yli 15 cm) jotta se voi ajautua rantaan pitkän matkaa. Havaintojen mukaan mekaanista jääeroosiota esiintyy tutkimusalueella ainoastaan alkutalvesta. Mahdolliset kuukaudet ovat marraskuu – helmikuu, talven kehityksen mukaan ja niin että yhtenä talvena jääolosuhteet ovat eroosiolle suotuisat noin neljän viikon ajan.

Ääritilanne on myrskytuulitilanne kun jään paksuus on 25–30 cm. Tällöin jää voi ajautua 200–300 m matkan maalle.

Jääolojen kehitys alkutalvesta jään kasvaessa voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

| # | Alku   | Loppu  | Jään paksuus (cm) |
|---|--------|--------|-------------------|
|   |        |        | Oulunsalo         |
| 1 | 15.11. | 30.11. | < 10              |
| 2 | 1.12.  | 14.12. | 15                |
| 3 | 15.12. | 28.12. | 25                |
| 4 | 31.12. | 18.1.  | 35                |
| 5 | 19.1.  | 27.1.  | 45                |

Jään ollessa alle 15 cm paksua se liikkuu helposti ja rantaan ajautuessaan rikkoutuu valkeiksi rantalinjan tuntumaan tai matalikoille. Tätä vaihetta kestää 30 vrk. Joulukuussa jää paksuuntuu nopeammin (keskimäärin 0,8 cm/vrk), jolloin kasvu 15 cm:stä 30 cm:iin kestää noin 20 vrk. Tämän pohjalta voidaan arvioida penkereen pitkäaikaisvaikutuksia. Jos nykytilanteessa kerran 10 vuodessa esiintyy eroosiotapahtuma, lounaistuulisektorin eroosio tapahtuu penkereen kanssa keskimäärin kerran 12,5 vuodessa. Jään työntyy rannalle kuitenkin lyhyemmän matkan kuin nykytilanteessa. Kaakon ja luoteen sektorin tapauksissa muutos on lounaissektorin tapausta pienempi.

Pohjaeroosiota tapahtuu, jos ahtojää ajautuu matalaan veteen ja alkaa kyntää pohjaa. Tästä ilmiöstä ei Luodonselällä ole pohjassa merkkejä eikä ahtojäiden esiintymisestä ole havaintoja. Epätasaisuudet jään pinnassa johtuvat jään murtumisesta kareihin veden laskiessa matalaan. Jään kyntöä voi tapahtua Hailuodon ja Siikajoen välisen salmen läntisessä osassa, klun Perämeren ulapan jäätä ahtoutuu siihen. Penkereellä ei kuitenkaan tähän alueeseen ole enää vaikutusta.

#### *Pitkäaikaismuutoksista*

Tutkimusalueella jääkauden jälkeinen maannousu on huomattavan suuri, noin 9 mm vuodessa. Globaalinen merenpinnan nousu on nykyisin noin 2 mm vuodessa, mutta sen on ennustettu kasvavan niin, että nettovaikutukseksi jää noin 5 mm näennäinen vedenpinnan lasku vuodessa. Tämä vähitellen madaltaa merialuetta, mikä heikentää jään liikkuvuutta tutkimusalueella.

Tässä raportissa ei ole ollut tavoitteena selvittää mahdollisen ilmastonmuutoksen vaikutuksia jääeroosioon. Yleisesti voidaan todeta, että ilmaston lämpeneminen on jääeroosion kannalta suotuisa asia, sillä silloin ajanjakso, jolloin jää voi liikkua, pitenee ja siksi mekaanisen jääeroosion todennäköisyys kasvaa. Lisäksi globaalinen merenpinnan nousu kasvaa, mikä puolestaan vähentää merialueen madaltumista.

#### **4.2. Lievennystoimenpiteet**

Maayhteyden rakentamisella on jossain määrin heikentäviä vaikutuksia mekaaniseen jääeroosioon Hailuodon ja mantereiden välisellä alueella. Tämä johtuu siitä, että kiinteä reuna tarjoaa vastusta jään liikkeelle ja pienentää pyyhkäisymatkoja. Maayhteyden sijaintia ajatellen ainoastaan vastusvaikutus on merkittävä. Termiseen ja termomekaaniseen eroosioon heikentäviä vaikutuksia ei ole. Termistä eroosiota itse asiassa maayhteys voi voimistaa, mutta

sillä ei koko tämän eroosiokysymyksen kannalta ole suurta merkitystä. Termomekaaniseen eroosioon liittyy myös jään liike, mutta tämä liike ei edellytä äärivoimia, vaan jää kulkeutuu vedenkorkeuden vaihteluiden ja keväisen jääkentän haurastumisen ja sulamisen vaikutuksesta.

Ahtojäiden merenpohjaan kohdistamasta kynnöstä Luodonselällä ei nykytiedon valossa voida sanoa varmaa sen esiintymisestä. Joka tapauksessa pohjatopografian kartoitusten perusteella kyntö ei ole aallokon avovesiaikana tasoittavaa vaikutusta voimakkaampaa. Toisaalta maayhteyden vaikutukset mahdolliseen kyntöön ovat suunnilleen samat kuin sen vaikutukset mekaaniseen jääeroosioon. Näin ollen mahdolliset tarvittavat lievennystoimenpiteet ovat sellaisia, joilla jään liikkeen nykyisellään aiheuttama eroosio voidaan säilyttää.

#### *Väylän avaaminen penkereen viereen*

Yhtenä ratkaisuna mekaanisen jääeroosion pitämiseksi entiselleen on esitetty väylän avaamista penkereen viereen. Tämä olisikin toimiva ratkaisu, ja jos väylä voidaan pitää yli 100 m levyisenä, olosuhteet ovat mekaanisen jääeroosion kannalta samanlaiset kuin nykyisessä tilanteessa. Väylä tarvitaan vain maayhteyden eteläpuolelle. Väylän aukipitäminen on tarpeen siihen asti, kun jää on saavuttanut 30 cm:n paksuuden. Jos tätä menetelmää käytetään, väylän avoinna pitäminen vaatii oman strategiansa. Esimerkiksi ei ole syytä avata sitä toistuvasti pitkän pakkasjakson aikana, sillä tämä vain tuottaisi lisää jääsohjoa ja vaikeuttaisi operaatioiden jatkamista.

#### *Tekniset rakenteet penkerellä*

Jään murtumiseen tarvittava voima riippuu jään murtumistavasta. Pystysuoraan seinämään työnnyttäessä jäätä on saavutettava puristuslujuus, joka on suurin lujuusarvo, kun taas kaltevaa reunaan tultaessa jää murtuu taivutuksesta. Kalteva reuna vastaakin paremmin luonnonoloja, joiden mukaan tämän raportin laskelmat on kalibroitu. Kalteva reuna on vielä ylempänä oikaistava niin, että jäät eivät pääse nousemaan tielle. Penkereen reunan muodosta on tehtävissä jääallaskokeita, joiden avulla voidaan tarkastella reunan muodon vaikutusta.

#### *Muita mahdollisia lievennystoimenpiteitä*

Maayhteys on noin 10 kilometrin pituinen linja, ja jääkentän murtolujuuden heikentämisellä on merkitystä vain jos se kohdistuu koko linjaan tai ainakin valtaosaan siitä. Periaatteessa räjäytyspanossarjalla voidaan saada aikaan heikennys kuten väylän auki pitämisellä. Sarjan voisi laukaista, jos tiedetään että voimakas myrsky on tulossa. Tätä menetelmää on käytetty aiemmin Hailuodon väylän avaamiseen aikaisemmin keväällä sekä esimerkiksi Keltaisella joella jokijään liikkeen käynnistämiseen.

Jääkentän murtolujuutta voidaan pienentää myös ohentamalla jäätä tai muuttamalla sen rakennetta. Jään kasvu hidastuu, jos jälle lisätään lunta tai jään pohjaan siirtyy vedestä lämpöä. Kun lumipyry kulkee esteen ylitse, tuulen puoli jää vähälumiseksi kun taas vastakkaiselle puolelle kasaantuu lunta. Tämän takia ainakin maayhteyden pohjoispuolella lumipeite paksuntuu nykyiseen verrattuna. Runsas lumen tulo aiheuttaa veden nousun jälle ja edelleen kohvajään muodostumisen. Tällöin jään kokonaispaksuus kasvaa lumen takia, mutta kohvajään ollessa heikompaa kuin teräsjää, jääkentän lujuus ei kuitenkaan muutu paljon. Eteläpuolellekin voidaan lumiaitaa käyttäen ohjata lumen kinostumista. Lumiaita ja lumen kinostaminen ovat periaatteessa mahdollisia ratkaisuja, mutta niiden toimivuutta tulee

testata vaikutusten kvantifioimiseksi. Vesirungossa on talvella vähän lämpöä, joten pohjasta käsin on jään ohentaminen vaikeata. Periaatteessa jos penger pystyisi varastoimaan kesän lämpöä ja luovuttamaan sen takaisin suhteellisen hitaasti, merkittävää ohenemista voisi tapahtua.

Maayhteydellä on myös pieniä jääeroosiota tukevia vaikutuksia. Patoefekti nostaa hieman korkeata vettä nykytilaan verrattuna, mikä edesauttaa mekaanisen ja termomekaanisen jääeroosion tunkeutumista pidemmälle maalle liittovesirajasta katsottuna. Lisäksi silta-aukoista tuleva virtaus heikentää paikallisesti jätä aukkojen ympäristössä ja siten auttaa lieventämistoimien järjestämistä.

Hailuodon kunnan lausunnon mukaan ennen lauttaväylän avaamista ei tapahtunut kuin ohuen jään siirroksia. Merkittävää mekaanista jääeroosiota kuitenkin esiintyi (Helaakoski, 1912), mutta sen yleisyydestä ei voida sanoa mitään. Sitä vastoin kunnan lausunnon perusteella rantaniittyjen laiduntaminen piti rannat matalakasvuisina ja mahdollisti uhanalaisten putkilokasvien säilymisen. Laiduntaminen loppui vuonna 1954. Ensimmäinen lautta aloitti liikenteen vuonna 1968, ja jäissä läpi talven kulkeva lautta aloitti vuonna 1988. Vuosina 1968–1987 lauttaväylä oli talvella kiinni, ja se räjäytettiin keväällä pioneerien toimesta auki kelirikkoajan lyhentämiseksi. Vuoden 1988 jälkeen mekaanisia eroosiotapahtumia on ollut enemmän kuin sitä ennen. Laiduntamisen lopettamisen ja ympärivuotisen lauttaliikenteen väliaika oli 34 vuotta, mutta mekaanisten jääeroosiotapausten harvinaisuuden takia ei voida sanoa onko se korvannut laiduntamisen vaikutuksen. Koko ajan taustalla on ollut hallitsevassa asemassa termomekaaninen jääeroosio. Joka tapauksessa tämä tulos tuo laiduntamisen yhdeksi mahdolliseksi lieventämistoimenpiteeksi.

#### **4.4 Jatkotutkimusten tarve**

Hailuodon ja mantereen välisen merialueen jääoloista on paljon paikallista, kokemusperäistä tietoa sekä tuloksia joistakin hajanaisista tieteellisistä tutkimushankkeista. Mikäli maayhteyden rakennehanke käynnistetään, olisi jääeroosio-ongelman käytännön toteuttamisen tueksi hyödyllistä tehdä joitakin jatkotutkimuksia tämän raportin johtopäätösten pohjalta seuraavasti:

- (a) Termomekaaninen jääeroosio on alueella hallitseva jääeroosio laji. Sen kehittymisestä ja laajuudesta olisi hyvä tehdä tutkimuksia fysikaalisten mekanismien tarkemmaksi määrittämiseksi ja ilmiön mallintamiseksi.
- (b) Aaltoeroosion laajuutta kohdealueen eri osissa, erityisesti lauttaväylän pohjoispuolen luodoilla voitaisiin selvittää lisää.
- (c) Jään kynnön esiintyminen Luodonselän alueella voitaisiin selvittää talvisten maastomittausten avulla.
- (d) Jääkentän siirtymistä tehdään havaintoja jään liikemallin tarkemmaksi kalibroimiseksi.

Erityisesti jään liikemallin avulla voidaan tutkia maayhteyden ja erilaisten pengerrakenteiden vaikutuksia jään liikkeeseen. Maastotutkimukset ovat myös sikäli tärkeitä, että saadaan hyvä nykytilan referenssi tutkittaessa mahdollista maayhteyden rakentamista ja muitakin infrastruktuurihankkeita tulevaisuudessa.

#### 4.5 Seuranta

Mikäli maayhteyden rakentaminen käynnistetään, tarvitaan jatkuva seurantajärjestelmä sen ympäristövaikutusten tarkkailemiseksi. Erityisesti muutamien natura-alueiden tilaa on seurattava (Liminganlahti, Isomatala – Maasyvänlahti sekä Saarenperä ja Karikankaanmatala), jotta voidaan varmistaa, ettei muutoksia tule (tarvittaessa voidaan päivittää lievennystoimien strategia). Seurantaan tarvitaan myös maayhteyden itsensä takia, koskien esimerkiksi pohjaeroosiota pengerrakenteiden juuressa.

Ympäristövaikutusten seurannassa voitaneen pitkälti tukeutua automaattiseen järjestelmään, mihin kuuluu paikallinen sääasema, jään ja lumen paksuus, jääkentän stabiliteetti, ja vedenkorkeus maayhteyden molemmiin puolin. Automaattisten menetelmien lisäksi meren pohjatopografia ja silta-aukkojen läpi menevät virtaukset vaativat erikoisselvityksiä, samoin kuin jääeroosiosta tehtyjen arvioiden toteutuminen käytännössä. Yksityiskohtainen seurantastrategia voidaan laatia, jos maayhteyshanke käynnistetään ja sen jälkeen tehdään tarpeellisia esitutkimuksia.

#### 5. Yhteenveto

Hailuodon ja mantereen välisen maayhteyden rakentamisen suunnittelussa on huomioitava hankkeen ympäristövaikutuksia. Näistä on viime vuosina tehty selvityksiä, ja yhtenä keskeisenä kysymyksenä on ollut ranta-alueiden jääeroosio, sillä se ylläpitää matalakasvuisia ranta-alueita ja säilyttää joidenkin uhanalaisten kasvien biotyyppejä. Tällaisia ranta-alueita sekä puuttomia luotoja myös useat lintulajit tarvitsevat pesintäänsä ja muuttomatkoilleen. Rintamäki (2011) toimitti jääeroosio-kysymyksistä raportin *Jääeroosioselvityksen täydentäminen*, johon tämän kirjoittaja laati luvun jääeroosion fysiikasta.

Raporttiin kaivattiin vielä jääeroosion fysiikan osalta lisäselvityksiä, jotka on kirjattu tässä esitettyyn raporttiin *Hailuodon alueen jääeroosio – jatkoselvitys 2013*. Luvussa 2 tarkastellaan jään liikettä ja jääeroosiota, luku 3 käsittelee erityisesti Hailuodon ja mantereen välisen merialueen jääoloja ja jääeroosiota, ja luvun 4 aiheena on ympäristöolosuhteiden säilyttämisen ratkaisumahdollisuuksia sekä jatkotutkimusten tarve ja seuranta. Tekstissä esitetään myös vastineet Rintamäen (2011) raporttiin asiantuntijoiden tekemiin kommentteihin ja Hailuodon kunnan lausuntoon. Rintamäen (2011) tulokset pitävät edelleen paikkansa uusien tutkimusten valossa, mutta niihin on nyt tullut joitakin tarkennuksia. Olennaisin seikka jatkoselvityksessä on se, että termomekaanisen jääeroosion merkitys on arvioitu suuremmaksi kuin aiemmin. Tämä perustuu lisämateriaalin tutkimukseen sekä maastotutkimuksiin Hailuodon ranta-alueilla.

Puuttomia ranta-alueita ylläpitävä jääeroosio koostuu pääasiallisesti termomekaanisesta ja mekaanisesta jääeroosiosta. Termomekaaninen jääeroosio tarkoittaa sitä, että matalilla alueilla jää kasvaa merenpohjaan ja jäätyy siihen kiinni, ja sen jälkeen irtaoo vedenpinnan nousun myötä ja lähtee liikkeelle riippuen vedenkorkeuden vaihteluista ja tuulista. Viimeistään keväällä kun jää alkaa sulaa, jääkentän lujuus heikkenee ja jää lähtee helpommin liikkeelle. Mekaaninen jääeroosio tarkoittaa tuulen aiheuttamaa jään työntöä maalle, ja se edellyttää vedenpinnan nousemista ja sitä seuraavaa kovan tuulen tai myrskytuulen jaksoa. Lisäksi jää ei saa olla liian ohutta tai paksua. Alkuehtojen takia mekaaninen eroosio on harvoin esiintyvä ääri-ilmiö. Termomekaaninen eroosio ei tarvitse voimakkaita tuulia kuten mekaaninen eroosio, ja siksi sitä esiintyy lähes vuosittain ja se ulottuu korkean veden rajalle asti. Aaltoeroosion

esiintymistä rajoittaa kohdealueella veden mataluus sillä aallot murtuvat matalassa vedessä. Aallot eivät pääse laajoille matalikoille mutta sen sijaan ne pystyvät auttamaan matalia luotoja pysymään puuttomina maayhteyden pohjoispuolella.

Merkittävin tarkennus Rintamäen (2011) koskee Luodonselän etelänpuolisia alueita. Siellä laakeita, matalia ja avonaisia alueita pitää yllä termomekaaninen eroosio. Mekaaninen eroosio pääsee pureutumaan vain Isomatalan – Maasyvänlahden sekä Saarenperän ja Karikankaanmatalan natura-alueiden läntisiin osiin, jonne maayhteyden rakentamisella ei ole vaikutusta; muualle näihin alueisiin ei mekaanista jääeroosiota pääse. Näitä eteläisten alueiden tilaa on kuitenkin syytä seurata saatujen tulosten varmistamiseksi. Toinen tarkennus koskee maayhteyden ja Oulun väylän välillä olevia luotoja. Niillä termomekaaninen jääeroosio ja aaltoeroosio ovat hallitsevia tekijöitä.

Jään liikkeestä esitetään tässä raportissa vielä kvantitatiivisia tarkennuksia koskien liikkeelle lähtevän jään paksuutta ja liiketilanteiden esiintymistä. Maayhteyden rakentamisen mekaanista jääeroosiota jonkin verran heikentävät vaikutukset koskevat Huikunrantaa ja Santosta Hailuodossa sekä Nenännokkaa ja Liminganlahden suualueen pohjoista puolta Oulunsalossa, niin että mekaanisen jääeroosion säilyttämiseksi nykyisellään tarvitaan lievennystoimia. Näistä alueista vain Oulunsalon puoli on natura-alueita. Käytännössä liikkuvan jään aika lyhenee korkeintaan viisi päivää tuulen voiman suunnasta riippuen. Kiinteä yhteys rajoittaa jään liikkumista estämällä jään liikettä pohjoiseen sekä aiheuttamalla kitkavastusta maayhteyden suuntaisiin liikkeisiin. Tämä heikennys voidaan ehkäistä pitämällä auki noin 100 m levyistä kaistaa alkutalven aikana maayhteyden eteläpuolella, tai heikennystä voidaan lieventää kitkaa ja jään lujuutta muulla tavoin pienentämällä maayhteyden eteläpuolella. Lisäksi eroosiorantojen biotyypin säilymistä voidaan edesauttaa maankäytön avulla (hoitoleikkaukset tai laiduntaminen).

## Kiitokset

Kiitän asiantuntevista keskusteluista ja maastoon tutustumisen toteuttamisesta Markku Maikkolaa, Sari Vertasta, Maarit Parrilaa, Markku Tönkyrää ja Urpo Ruonala.

## Kirjallisuus

- Alestalo, J. & Häikiö, J. (1975). Ice features and ice-thrust shore forms at Luodonselkä, Gulf of Bothnia, in winter 1972/73. *Fennia* **144**: 1–24.
- Helaakoski, A. (1912) Havaintoja jäätymisilmiöiden geomorfologisista vaikutuksista. *Suomalaisen Maantieteellisen Yhdistyksen julkaisuja* 9, 109 s.
- Kainua, K. & Vepsä, H. (2009) Oulunsalo-Hailuoto tuulipuistohankkeen ja pengertien vesistövaikutusten mallinnus. Loppuraportti 27.11.2009. Pöyry.
- Keyserling, C. (1863) Notiz zur Erklärung des erratischen Phänomens. Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg, 6, 191–195.
- Leppäranta, M. (1981) An ice drift model for the Baltic Sea. *Tellus* **33**(6): 583–596.
- Leppäranta, M. (2011) *The drift of sea ice, 2nd edition*. 347 s. Springer-Praxis, Heidelberg.
- Leppäranta, M. (2013) Land-ice interaction in the Baltic Sea. *Estonian Journal of Earth Sciences* **62**(1), 2–14.
- Leppäranta, M. & K. Myrberg (2009) *Physical oceanography of the Baltic Sea*. 378 s. Springer-Praxis, Heidelberg.

- Leppäranta, M., E. Palosuo, H. Grönvall, S. Kalliosaari, & A. Seinä (1988) Phases of the ice seasons in the Baltic Sea (North of latitude 57 N). *Finnish Marine Research* **254**, Suppl. 2, 83 s.
- Leppävuori, M. & T. Kokko (1979) Meriväylien jääolosuhteet. Esiselvitys. Merenkulkuhallitus ja Viatek Oy. Helsinki.
- Palosuo, E. (1963) The Gulf of Bothnia in winter. II. Freezing and ice forms. Merentutkimuslaitoksen Julkaisu/Havsforskningsinstitutets Skrift 209.
- Palosuo, E. 1975. Formation and structure of ice ridges in the Baltic. Styrelsen för Vintersjöfartsforskning, Rap. No. 12, 54 s. Merenkulkuhallitus, Helsinki.
- Palosuo, E., M. Leppäranta & A. Seinä (1982) Formation, thickness and stability of fast ice along the Finnish coast. Styrelsen för Vintersjöfartsforskning, Rap. No. 36, 51 s. Merenkulkuhallitus, Helsinki.
- Rintamäki, H., toim. (2011) *Jääeroosioselvityksen täydentäminen*. Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja.
- Sanderson, T.J.O. (1988) *Ice mechanics. Risks to offshore structures*. 253 s. Graham & Trotman, Boston.
- SMHI & Merentutkimuslaitos (1982) Klimatologinen jääatlas. Sjöfartsverket (Norrköping) ja Merenkulkuhallitus (Helsinki).
- Wang, K., M. Leppäranta & T. Kouts (2003) A model for sea ice dynamics in the Gulf of Riga. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering* **9**(2): 107–125.
- Zakrzewska, M. 1981. Model for thermal ice-piling and its application to the Puck Bay. *Acta Geophysica Polonica* **29**: 123–138.

**OULUN SEUDUN SÄHKÖ OY**

**OULUNSALO-HAILUOTO  
MERITUULIVOIMALAPERUSTUSTEN  
VAIKUTUKSET JÄÄN LIIKKUMISEEN**

**2014-06-16**

**INSINÖÖRITOIMISTO LUJARI OY  
TkT Mauri Määttänen  
Otakuja 2 B 34  
02150 Espoo**

## Alkutilanne

Jää on muodostunut, pysynyt paikoillaan ja paksuuntunut 30 cm suuruiseksi, mikä on Palosuo-Seinä yli 60 vuoden havaintohistorian mukainen suurin liikkuva kiintojääpaksuus Oulunsalo-Hailuoto välisellä merialueella. Jääkenttä on kiinnittynyt pitkin koko rantaviivaa sekä kiviin ja karikoihin.

Ilmanpaineen vaihteluiden sekä tuulten että virtausten aiheuttamat pienet vedenpinnan korkeusvaihtelut estävät täydellisen jään ja rannikon kiinnijäätymisen: jääreuna toimii lähinnä kuten saranakiinnitys: jään reuna toimii kuten sarana tai aiemmat vedenpinnan korkeusvaihtelut ovat murtaneet jään jo useita metrejä ennen rantaviivaa.

Pengertien yhteyteen suunniteltujen tuulivoimalaperustusten kartiot ovat kiinnijäätynyttä yhtenäiseen jääkenttään. Mutta myös täällä kiinnitys on lähempänä saranakiinnitystä kuin täysin jäykkää kiinnitystä.

## Liikkeellelähtö

Matalapaineen mukana kiihtyvä lounaisvirtaus nousee 20 m/s tasolle. Kauempaa merialueella tuuli ajaa vettä koillista kohden, jolloin kohdealueen vedenpinta alkaa nousta. Kokemushistorian mukaisesti jää alkaa irtoilemaan rannikon kiinnikkeistään mutta lähtee liikkumaan tuulen ajamana vasta kun vedenpinta on noussut riittävästi, noin 0.5 m.

Veden pinnan noustessa kartioon kiinnijäätynyt jääkenttä murtuu taivutuksella sekä kartion pinnasta että 2 ... 5 metrin kehällä kartiosta ulospäin. Tähän murtumiseen tarvittava vedenpinnan muutos on pieni, jo muutama senttimetri on riittävä.

Siten jääkentän lähtiessä liikkeelle kukin tuulivoimalaperustus vastustaa jään liikettä vain normaalilla kartion jäätaivutusmurtoa vastaavalla voimalla ilman kiinnijäätymisliisää.

## Kartion jäävoimat

Kartion jäävoimille on johdettu kaavat sekä plastisen kantokuormateorian mukaan (Ralston, yläraja) että elastisen jään taivutusmurron (Croasdale) mukaan. Molemmat mallit huomioivat jään ylösnousuun, jääkasan muodostumiseen ja noususiirtymiseen kartion ohi tarvittavat lisävoimat. Täyden mittakaavan mittaukset Kemi-1 kartiolla ovat osoittaneet, että molemmat mallit ennustavat liian suuria kartion jäävoimia, mutta Croasdale-mallin mukaiset voimat ovat lähempänä mittaustuloksia – vieläkin yliarvioiden lähes 20 %. Tässä raportissa käytetään Croasdale mallia, ks. ISO 19906 Jääkuormanormi. Taulukkoon 1 on laskettu suunnitellun vesirajastaan 10 m halkaisijaisen kartion vaakasuoran jäävoiman suuruus ja sen muutokset nimellisen suunnittelun lähtöarvoille.

| Parametri              | Perus data | vesi<br>-0.5 m | vesi<br>+0.5 m | jää<br>20 cm | jää<br>40 cm | kulma<br>55 | kulma<br>65 | kitka<br>0.10 | kitka<br>0.30 |
|------------------------|------------|----------------|----------------|--------------|--------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| D (m) vesirajan halk.  | 10         | 11.73          | 8.27           |              |              |             |             |               |               |
| h (m) jään paksuus     | 0.30       |                |                | 20           | 40           |             |             |               |               |
| $\phi$ (-) kartiokulma | 60         |                |                |              |              | 55          | 65          |               |               |
| $\mu$ (-) kitkakerroin | 0.20       |                |                |              |              |             |             | 0.10          | 0.30          |
| H (MN) jääkuorma       | 0.47       | 0.49           | 0.45           | 0.26         | 0.73         | 0.36        | 0.67        | 0.35          | 0.69          |
| muutos %               | -          | +4             | -4             | -45          | +64          | -23         | +43         | -26           | +47           |

**Taulukko 1.** Kartion vaakasuora kiintojäävoima ja sen herkkyys suunnitteluarvoille

Tulokset osoittavat, että veden korkeuden  $\pm 0,5$  m muutoksella on merkityksetön - vain 4 % prosentin suuruinen - vaikutus. Sen sijaan jääpaksuuden 33 % muutos nimellisestä aikaansa -45/+64 % muutoksen, eli vaikutus on noin 1,5-kertainen.

Kartiokulman vaikutus on selvästi epälineaarinen. 10 % pienennys pienentää jäävoimaa 23 % mutta kulman kasvatus 10 % kasvattaa jäävoimaa jo 43 %, eli kaksinkertaisesti. Syynä on lähestyminen kitkapidätystä, jolloin kitkavoima estäisi jään reunan nousun kartion pintaa pitkin ylöspäin ja estäisi jään taivutusmurron. Tällöin jää murtuu murskautumalla ja jäävoima kasvaisi noin 4 MN tasolle. Taulukon 1 herkkyyssarvioiden mukaan 60-asteen kartiokulma on kuitenkin kaukana tästä tilanteesta kuten kitkakertoimen muutosten vaikutukset osoittavat. Sen sijaan kartiokulman kasvattaminen suurentaa jäävoimaa paljon herkemmin.

### **Tuulivoimalaperustusten vaikutus jään liikkumiseen**

Jään liikkeelle lähtö Oulunsalon Hailuodon välisellä merialueella edellyttää voimakkaiden lounaistuulten ja vedenpinnan kohoamisen yhteisvaikutusta: vedenpinnan kohoaminen irrottaa ensin jäät rantapidäkkeistään ja karikoista, jonka jälkeen tuulen ja vesivirtauksen kitkavoimat saavat jään liikkeelle. Liikettä vastustavat edelleen rantojen ja jään reunan muotosulkeiset rajoitteet, rannan kitkavoimat ja gravitaation komponentti jään noustessa ylöspäin rantaa pitkin.

Tuulivoimalaperustukset aiheuttavat lisää pidäkevoimia. Erillistä alkuperäisen jääkentän kiinnijäätymisen pidäkevoimaa ei synny vedenpinnan nousun irrottaessa jääkentän kartiosta jo ennen kuin jää pystyy liikahtamaan rantapidäkkeiden irtoamisen jälkeen. Siten Taulukossa 1 laskettuja kartion jäävoimien suuruuksia tulee verrata jääkenttää liikuttaviin tuulen ja veden kitkavoimiin.

Tuulen kitkakerroin keskimääräiseen lumipeitteiseen jääkenttään on 0.005, vaihtelualue 0,002 --- 0,01. Veden virtaukselle jään alla keskimääräinen kitkakerroin on 0,04 ja vaihtelualue 0,01 --- 0,1. Kitkavoima lasketaan kaavasta

$$F_k = \frac{1}{2}\rho V^2 A$$

Ilman ja veden tiheydet  $\rho$  ovat  $1.225 \text{ kg/m}^3$  ja  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Pinta-ala Oulunsalo-Hailuoto välisellä vesialueella – poissulkien Limingan lahti - on noin  $10 \times 20 \text{ km}^2$ . Jääkentän liikkumisolosuhteissa tuulen nopeus on noin  $20 \text{ m/s}$  ja samanaikaisen tulva-aallon aiheuttama veden virtausnopeus jääkannen alla on  $0 \text{ --- } 0,5 \text{ m/s}$ , käytetään keskiarvo  $0,25 \text{ m/s}$ . Näillä lähtöarvoilla sekä tuuli että veden virtaus aiheuttavat jääkenttään kumpikin  $250 \text{ MN}$  voiman. Siten keskimääräinen jääkenttää ajava kokonaisvoima on  $500 \text{ MN}$ .

Nimellinen  $30 \text{ cm}$  paksun jään yhdelle kartioperustukselle aiheuttama voima on  $0,47 \text{ MN}$ . Kaikki 25 kartioperustusta yhdessä vastustavat siten  $12 \text{ MN}$  voimalla jääkentän liikettä mikä on vain  $2.4 \%$  jääkenttää liikuttavasta kokonaisvoimasta. Suuruusluokaltaan tämä on vähäinen: pelkästään tuulen nopeuden nousu  $20 \text{ m/s}$  arvosta  $20.5 \text{ m/s}$  nopeuteen riittää kompensoimaan tuulivoimalaperustusten jään liikettä vastustavan lisätekiön.

Ohuempi jää lähtee liikkeelle pienemmällä tarvittavalla tuulen nopeudella, sillä sekä kartion jäävoima että tuulivoiman jäähän kohdistuva kitkavoima riippuvat molemmat toiseen potenssiin verrannollisina; jäällä jään paksuuteen ja tuulella sen nopeuteen. Sen sijaan

ohuemmalle jälle tuulivoimalaperustusten jään liikkeelle lähtöä vastustavan voiman merkitys pienenee jään paksuuden toiseen potenssiin verrannollisena. Esimerkiksi Taulukon 1 jäävoima 20 cm jääpaksuudella on vain 0.26 MN eli vain 55 % 30 cm paksun jää jatkuvan liikkeen tarvitsemasta voimasta (Liikkeellelähtötilanteessa pätee toiseen potenssiin riippuvuus ja jatkuvassa liikkeessä hiukan alempi, sillä jo murretun jään syrjäytymisvoimat kartion ohi ovat lähellä jään paksuuden ensimmäiseen potenssiin verrannollisuutta). Siten 20 cm paksulle jälle kaikkien 25 tuulivoimalaperustusten kokonaisvoima on vain 1.5 % ajavasta 20 m/s tuulivoimasta.

Ehdotetut tuulivoimalaperustukset sijaitsevat lähellä pengertieosuutta mikä pysäyttää jään liikkeen joka tapauksessa. Väylän auki pito pengertien edustalla sallii jään liikkeelle lähdön kuten jo pitkäaikaisissa lauttaväylän kokemuksissa on havaittu. Liikematkalla itse pengertiehen on paljon suurempi kuin mitä havaitut jään liikkeet kohdealueella ovat tähän asti olleet. Itse murretun väylän leveys ei ole raja jään liikkeelle: liikkuva kiintojää saattaa kerrostua tai muodostaa ahtojäävallia väylän sulkeutuessa mutta jään liike jatkuu vastaavalla pidäkevoimalla kuin muualla jään noustessa pitkin Oulunsalon rantaa.

### **Yhteenveto**

Oulunsalo-Hailuoto pengertien yhteyteen on suunniteltu 25 kpl tuulivoimaloita, joiden perustuskartio on 60° ja vesirajan halkaisija 10 m. Pitkäaikaisten havaintojen perusteella ko. vesialueella esiintyy jään liikettä lounaisen kovan tuulen ja sen mukanaan tuoman vedenpinnan nousun yhteisvaikutuksesta 30 cm kiintojääpaksuuteen asti. Paksumpi jää ei enää lähde liikkeelle.

Nimellisillä perustusten suunnitteluarvoilla jään liikettä vastustava yhden kartioperustuksen jäävoima on 0,47 MN. Jäävoima ei ole herkkä muille suunnitteluarvojen muutoksille kuin kartiokulmalle sen kasvaessa yli 60 asteen.

Jääkentän liikkeelle lähtö johtuu ensin tapahtuvasta veden pinnan noususta ja vasta sitten tuulen ja virtauksen yhteisvaikutuksesta. Vedenpinnan nousu irrottaa jääkentän kartioperustuksen pinnasta, joten perustus ei estä jään liikkeelle lähtöä.

Tuulen ja jään alaisen tulva-aallon virtaukset ajavat jääkenttää liikkeelle noin 500 MN kokonaisvoimalla. Kaikkien 25 kartioperustuksen yhteinen jään liikettä vastustava voima on 12 MN, eli 2,4 % jääkenttää liikkeelle ajavasta voimasta.

Ohuemman jään liikkeen vaatima tuulen nopeus pienenee samassa suhteessa jääpaksuuden kanssa, mutta mikäli tuulen nopeus pysyy vakiona, pienenee tuulivoimalaperustusten jään liikettä vastustava voima lähes jään paksuuden toiseen potenssiin verrannollisena.

Kokonaisuudessaan perustusten jään liikettä vastustava voima on käytännössä merkityksetön. Esimerkiksi pelkän tuulen nopeuden nousu 20,0 m/s arvoon 20,5 m/s riittää jo kompensoimaan tuulivoimalaperustusten aiheuttaman vastusvoiman.

Tuulivoimalat sijaitsevat lähellä pengertietä, jonka edessä murrettu väylä edesauttaa jään liikkumista. Jään kerrostuminen tai ahtautuminen murretun väylän kohdalla sallii - samalla voimatasolla kuin mitä rantaan nousu edellyttää - pidemmän jään liikematkan kuin mitä pitkäaikaisissa havainnoissa kohdealueella on mitattu.

## Oulusalo-Hailuoto 125 MW:n merituulipuisto

**V1****18.8.2014/jti**

### **Yleistä**

#### **Yleispiirustus: RIUT-G5-1-1**

Puiston alueelle on suunniteltu 24 kpl kokoluokaltaan 3-5 MW tuulivoimaloita.

Alue on suunniteltu geometrisesti suorakulmaiseksi koillis / lounaisuuntaiseksi, joka noudattaa mantereen ja Hailuodon rannan suuntausta.

Voimaloista kolme sijaitsee nykyisen lauttaväylän pohjoispuolella ja loput eteläpuolella. Voimalat on sijoitettu kahteen ryhmään 12 kpl Hailuodon puolelle ja 12 mantereen puolelle. Voimaloiden etäisyys toisistaan on 919 x 919 m<sup>2</sup>. Ryhmien välisen aukon leveys on 1838 m.

Puiston keskelle jätetty noin 1.84 km voimaloista vapaa kulkuaukko muuttolinnuille.

Maksimi siiven kärkekorkeus on 164 m. Maksimi korkeusmitta määräytyy Oulunsalon lentokentän lähestymiskorkeus määräyksistä.

Puistoalue on noin 30 km<sup>2</sup> sisältäen pääasiassa Metsähallituksen hallitsemat ja pienemmässä laajuudessa alueen jakokunnan vesialueet.

Pohjaolosuhteet vaihtelevat 1.5 m syvyydestä 8 m vesisyvyyteen.

Rannanpuoleisten voimaloiden etäisyys rannoista on vähintään 2 km, jolloin minimoidaan puiston meluvaikutus.

Voimaloille on suunniteltu 4 m vedensyvyinen ja 50 m levyinen asennusväylä.

Väyläleveyyttä voidaan vielä pienentää, kun tiedetään asennuskalusto ja sen vaatimat kulkutilat.

Puistoalueen ympäri on suunniteltu 100 m levyinen ja vesisyvyydeltään vähintään 4 m huoltoväylä.

Huoltoväylää pidetään auki syksyllä jäiden tuloaikoihin noin 30 cm jääpaksuuteen asti.

Tällä pienennetään jääkentän vaikutusta ranta-alueelle.

Voimala no 17 voidaan siirtää mahdollisen tulevan tieyhteyden viereen keinosaaren tuntumaan, jos kaavoituksessa keinosaari toteutuu. Voimalan teko ei edellytä maayhteyden olemassaoloa, vaan se voidaan tehdä normaalina vesityönä.

Liite: Piirustus RIUT-G5-N3

## **Tukisatama**

24 kpl tuulivoimaloiden merituulipuisto tarvitsee toimiessaan suojaosan tukisataman niin huollon kuin mahdollisten asennusten tarpeisiin, johon voidaan tuoda noin 25x70 m<sup>2</sup> kokoisen tukialus / proomun, maksimi syväys on 4 m.

Rakennusaikana tämä satama toimii myös suojaosatamana jolloin asennuslautta, jossa on iso nosturi kannella, voidaan hinata myrskyltä suojaan.

Siinä tapauksessa, että kiinteä yhteys toteutuu ennen puiston rakentamista, toimisi tämä tukisatama logistiikan keskuksena nosturien osalta.

Pääosien kuljetukset hoidettaisiin muualta, esim Oritkarista käsin.

Piirustuksessa RIUT-G5-N-3 on esitetty kasuunien kuivatelakka. Se toteutuu, jos päätetään valmistaa kasuunit paikan päällä.

Tukisatama-altaan koko on liitekartassa noin 115 x 50 m<sup>2</sup>. Tukisataman kokoa voidaan laajentaa, kun tiedetään voimalatoimittajan logistiset vaatimukset.

Allasta voidaan laajentaa mantereelle päin.

Laituri on pistolaiturimallinen pituudeltaan noin 15 m. Altaan pohjan syvyys on -4.25 N60, joten vapaa vesisyvyys on 4 m. Vesisyvyyttä voidaan vielä tarkentaa, kun tiedetään käytettävän kaluston vaatimukset.

Tukisataman Taustakenttä 1 on kooltaan noin 1 ha. Tästä käsin voidaan asentaa mm. siivet ja muut huoltoasennukset puiston ollessa käynnissä.

Taustakentälle 1 varataan noin 2000 m<sup>2</sup> alue varaosakeskuksen ja toimistotilojen puiston huoltotarpeisiin.

Tuloväylä on 100 m leveä ja pohjasyvyys on 4 m. Väylä suojataan tarvittavilla aallonmurtajilla.

## **KUIVATELAKKA**

Liite: RIUT-G5-N-3

Kuivatelakka-allas rakennetaan jos päätetään valmistaa kasuunit paikanpäällä.

Kuivatelakka toimii betonisten kasuunien valmistus- ja varustelualueena. Kerrallaan mahtuu valmistamaan maksimissaan 25 kpl kasuunia.

Kuivatelakan altaan pohja on n. 100 x 275 m<sup>2</sup>. Pohjan syvyys on -4.25 N60. Pohja verhoillaan raskaitten ajoneuvojen kestäväksi ja varmistetaan kuivanapysyminen salaojitusjärjestelmällä.

Allasalue suojataan vedenpitävällä moreenipadolla ja tarvittavilla aallonmurtaja rakenteilla.

Kuivatelakan eteläpuolella on imuruoppausaltaan läjitys-, selkeytys- ja kulkuaukon massavarastoaltaat.

Kun ensimmäiset kasuunit ovat valmiit, päästetään vesi hallitusti altaaseen ja avataan kulkuaukko pitkäpuomisella laahakauhalla siirtämällä patomassat massavarastoaltaaseen.

Valmiit kasuunit siirretään lähialueelle parkkiin ja allas suljetaan padolla ja pumpataan tyhjäksi seuraavaa valmistuserää varten.

Kasuunien kuljettamiseen tarvitaan kuljetus- ja kannatusponttoonit matalan vesisyvyyden takia.

Kasuuni itäpuolella on n. 1 ha Taustakenttä 2, joka toimii rakennusvaiheen tukialueena ja jatkossa yleisenä parkkialueena.

Kuivatelakkaa voidaan käyttää jatkossa esim. pienvenesatamana tai valmistaa kasuuneita tai muita betoniosia muille mahdollisille lähialueen puistohankkeille.

## **RUOPPAUKSET JA IMURUOPPAUSALLAS**

Piirustus: RIUT-G5-N-3-VE2

Imuruoppausmassojen altaat on sijoitettu nykyisen rantaviivan suuntaisesti, joten merialueen lahden muoto on avoin ja ei ole virtauksia estäviä ja haittavia poukamia jotka vaikuttaisivat jääeroosioon.

Asennus ja huoltoväylät on suunniteltu toteutettavaksi imuruoppaamalla 4 m vesisyvyyteen.

Perustusten kohdan lisäkaivut tehtäisiin kuokkakauhalla kantavaan maakerrokseen asti ja täytetään louhospenkalla erikoissuunnitelmien mukaan.

Ruoppausta varten rakennetaan 3 allasta Riutukarin puoleiselle rannalla nykyisen tulotien viereen ja osittain vanhan imuruoppausaltaan jatkeeksi.

Altaat ovat kooltaan 28 000 m<sup>2</sup>, 74 000 m<sup>2</sup> ja vanhan altaan koko on noin 60 000 m<sup>2</sup>.

Ruopattavien massojen kokonaismäärä on:

Huoltoväylä noin 100 000 m<sup>3</sup>

Voimalaväylät 300 000 m<sup>3</sup>

Perustusten kohdat noin 50 000 m<sup>3</sup>.

Imuruoppausmassojen kaivutöiden toteutus kestää noin 105 vrk ja ajoitetaan vesiluvan mukaisesti.

## **Oulusalo-Hailuoto merituulipuiston verkkoliittymä**

### **Yleistä**

**Puiston alueelle on suunniteltu noin 24 kpl kokoluokaltaan 3-5 MW tuulivoimaloita.**

### **Sähköverkko liittymä ja merikaapeloinnit**

Liite: RIUT-G5-N-2, Merikaapelikartta ja RIUT-G5-N-3-VE2, Tukisatama-alueen kartta

### **Muuntoasema 110 kV ja valtakunnan verkkoon liittymä**

Muuntoasema sijaitsee noin 1.6 km tulotien suunnassa rannapuolimmaisesta tuulivoimalasta olemassaolevan 20 kV avojohdon vieressä noin 150 m tiestä.

Muuntoaseman tontin mitat ovat 70 x 100 m<sup>2</sup>.

Valtakunnan kantaverkkoon liittyvä 110 kV avojohto tulee Limingan suunnasta muuntoaseman pääteporttaallin.

### **Tuulipuiston verkkoliittymän jännite**

Liittymän jännite on 33 kV.

### **Tuulipuiston kaapelointi**

Kaapelikartan mukaan kaapeleiden pituudet ovat:

1. Maayhteys 1.56 km
2. Merikaapelit noin 82 km.
3. Kaivu- ja täyttö massat yhteensä noin 48 000 m<sup>3</sup>

Pääkaapelissa on meriveden kestävä sisäänrakennettu voimajohto ja optinen signaalikaapeli voimaloiden ohjausta ja kaukokäyttöä varten.

Tuulipuistoon lähtevät voimajohdot asennetaan tien vieressä olevan 20 kV avojohtokäytävään maahan kaivettuna noin 1 m syvyyteen.

Tien vieressä asennettavan osuuden pituus on noin 1.55 km ja patoalueen patojen osuus noin 0.4 km.

Olemassaolevan W3 voimalan kohdalta vedetään voimakaapelit merenpohjaan tulevan tukisataman päätypenkereeseen. Pengeralueella kaapelit asennetaan noin 1 m syvyyteen n. 3 m leveään kaapeliarinaan ja peitetään hiekalla ja suojataan pinnalta eroosiosuojauksella.

Kaapelien asennuksessa käytettävä asennuslautta tarvitsee 4 m vedensyvyyden, joten kaapelireitit on suunniteltu pääosassa asennusväylien mukaan käyttäen hyväksi syvemmällä kuin 4 m vesisyvyyden reitit.

Kaapelit asennetaan hiekkaiseen merenpohjaan kaivettavaan noin 1 m syvyiseen ojaan. Kaivutyö voidaan tehdä ns kuokkakaivuna asennuslautalta tai puhaltamalla sukellustyönä vesipainetekniikalla.

Alustavasti mereen kaivetaan noin 8 kaapelilinjaa siten, että yhteen kaivantoon asennetaan 1-2 kaapelia. Rantapenkasta lähtien asennetaan kaikki 8 kaapelia samaan kaivantoon noin 2 km matkalla 0.3 m etäisyydelle toisistaan, josta jatketaan erillisasennuksena voimaloille.

Kaapelin asennuksen jälkeen peitetään kaivanto pohjasta kaivetulla hiekalla.

Kaapelilinjat noudattavat voimaloiden asennusväyliä väistäen mm. huoltoalusten ankkurointipaikkoja. Yhteen kaapelilinjaan liitetään 4-5 voimalaa lopullisen jännitevalinnan ja mitoituksen mukaan. Kaapelilinjat liitetään viereiseen linjaan yhdyskaapelilla rengasyhteyden saamiseksi.

Jos yksi osuus vahingoittuu jostain syystä, voidaan syöttää sähköä rengaslinjaan toista kautta.

Kaapelit lasketaan merenpohjaan matalalla kulkevasta kaapeliasennuslautalta esisasennetuista kaapelikiepeistä.

### **Kaapeloinnin liittyminen voimaloihin ja rengassyöttömahdollisuus**

Perustusrakenteisiin on asennettu ennakoon virtakaapeleiden liittymistä varten suojaputket, jotka ulottuvat merenpohjaan eroosiovyöhykkeen ulkoreunaan saakka. Sukeltajatyönä asennetaan kaapelit merenpohjaan ja suojaputkeen.

Asennuksen jälkeen kaapelit testataan ja peitetään eroosiosuojauksella.

Perustusten sisällä kaapelien päät viedään tornin pohjatasolle noin + 4 m merenpinnasta sijaitsevaan verkkoliittymäkojeistoon.

Lähtevä kaapeli vedetään viereisen suojaputken kautta edelleen seuraavaan voimalaan merenpohjaan kaivetussa kaapeliojassa.

Ryhmät 1-9 yhdistetään kaapelilla toisiinsa, jolloin on mahdollista vikatilanteessa syöttää toista kautta ja näin kiertää vikatilanteessa oleva voimala tai ryhmä.

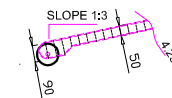
-----"-----

# LEGEND

FERRY CHANNEL  
SAFETY ZONE  
a. 150+150M

ZONE  
SOFT GROUND

DREDGED CHANNEL  
DRAFT LIMITS, MW= 0.00  
FOR LOGISTIC DRAFT 4 m



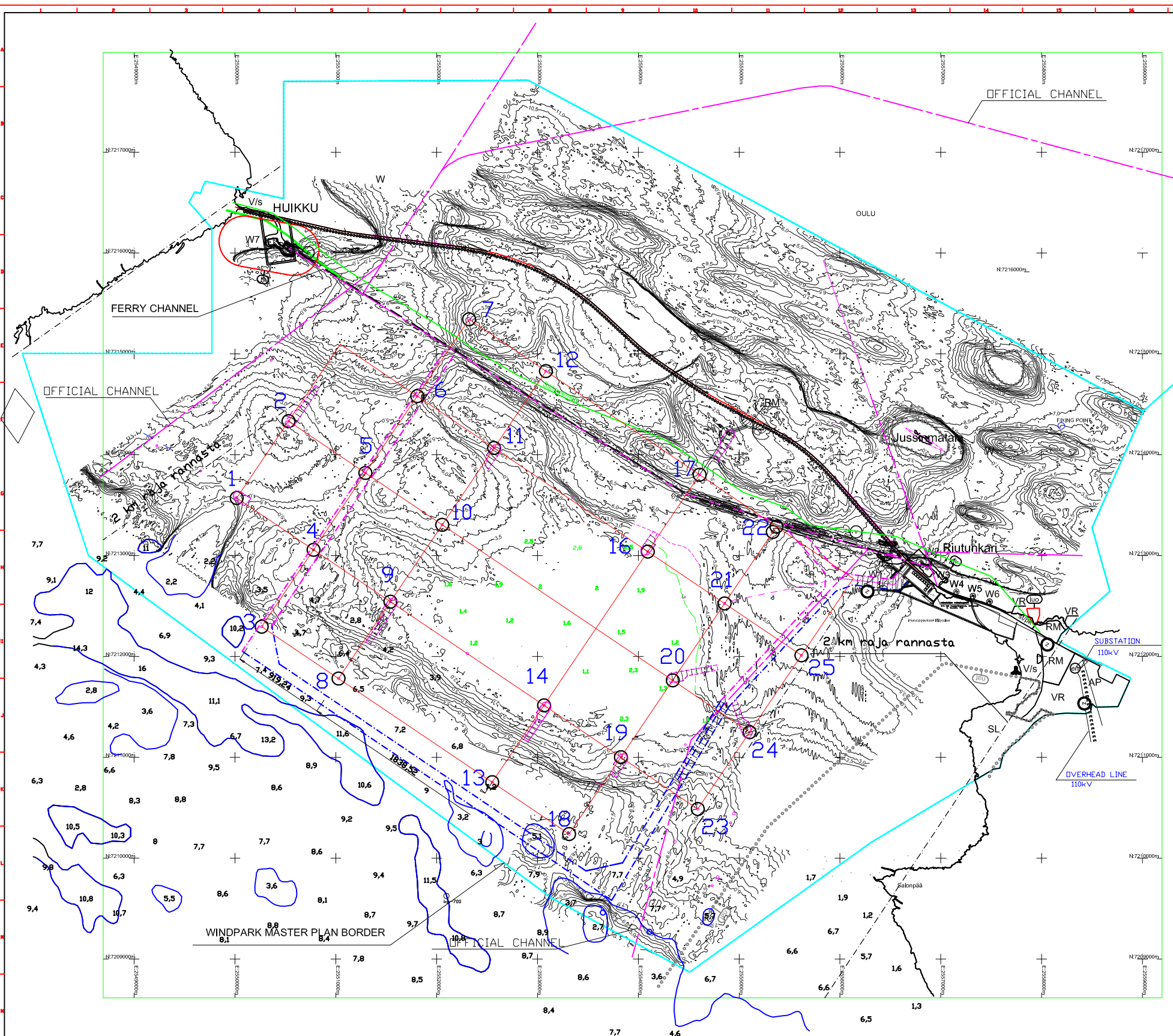
PLANNED ROAD / BRIDGE  
CONNECTION BETWEEN  
HAILUOTO AND OULUNSALO

BURIED SEWAGE PIPE  
min 50m

W1 - 7 EXISTING WIND TURBINES

TOTAL 24 WIND TURBINE SITES  
GRID 919 X 919 M

DREDGES:  
MAIN CHANNELS 110 000 M3  
SITES CHANNELS: 295 400 M3  
SITES: 50 000 M3



PROJECT OWNERS:  
METSÄHALLITUS  
PROPEL VOIMA OY  
LUMITUULI OY

1 OULUNSALO-HAILUOTO SEE WIND PARK

MASTER PLAN for 24 pc, Grid 919 m  
5 MW WIND TURBINES  
NATURA 2014

WIND PARK LAYOUT

| REV | REVISIO | TUO | TARK | REVI |
|-----|---------|-----|------|------|
| 1   |         |     |      |      |
| 2   |         |     |      |      |
| 3   |         |     |      |      |
| 4   |         |     |      |      |
| 5   |         |     |      |      |
| 6   |         |     |      |      |
| 7   |         |     |      |      |
| 8   |         |     |      |      |
| 9   |         |     |      |      |
| 10  |         |     |      |      |
| 11  |         |     |      |      |
| 12  |         |     |      |      |
| 13  |         |     |      |      |
| 14  |         |     |      |      |
| 15  |         |     |      |      |
| 16  |         |     |      |      |
| 17  |         |     |      |      |
| 18  |         |     |      |      |
| 19  |         |     |      |      |
| 20  |         |     |      |      |
| 21  |         |     |      |      |
| 22  |         |     |      |      |
| 23  |         |     |      |      |
| 24  |         |     |      |      |

DATE: 18.8.2014

RIUT-YP-24-NAT

RIUT-G5-N-1

DESIGN:  
OJ Järvi, Turunlahti  
RIUTONMAKUNNAN  
90800 OULU  
0400-680 712

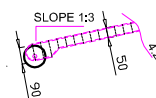
# LEGEND

FERRY CHANNEL  
SAFETY ZONE  
a. 150+150M

ZONE  
SOFT GROUND

DREDGED CHANNEL

DRAFT LIMITS, MW= 0.00  
FOR LOGISTIC DRAFT 4 m



PLANNED ROAD / BRIDGE  
CONNECTION BETWEEN  
HAILUOTO AND OULUNSALO

BURIED SEWAGE PIPE

min 50m



RYHMÄ 1, 16,17,22,21  
LIITOSKAAPeli 1363  
SISÄINEN RENGAS 4562

RYHMÄ 2, 6,7,11,12  
LIITOSKAAPeli 4257  
SISÄINEN RENGAS 5953

RYHMÄ 3, 1,2,5,10  
LIITOSKAAPeli 6422  
SISÄINEN RENGAS 7731

RYHMÄ 4, 3,4,8,9  
LIITOSKAAPeli 7306  
SISÄINEN RENGAS 5003

RYHMÄ 5, 13,14,18,19  
LIITOSKAAPeli 3650  
SISÄINEN RENGAS 4972

RYHMÄ 6, 20,23,24,25  
LIITOSKAAPeli 1310  
SISÄINEN RENGAS 6600

YHTEENSÄ 59129 JM

YHDISTYSKAAPELIT

1 - 4, 1008  
10 - 11, 1020  
12 - 17, 1951  
20 - 21, 1152  
19 - 23, 1186

YHTEENSÄ 6317 JM

MAAKAAPELIT MUUNTOASEMALLE

1+6 X 2270 = 15890 JM

YHTEENSÄ KM 81336 JM

W1 - 7 EXISTING WIND TURBINES

TOTAL 24 WIND TURBINE SITES

GRID 919 X 919 M

DREDGES:

MAIN CHANNELS 110 000 M3

SITES CHANNELS: 295 400 M3

SITES: 50 000 M3

PROJECT OWNERS:

METSÄHALLITUS  
PROPEL VOIMA OY  
LUMITUULI OY

1 OULUNSALO-HAILUOTO SEE WIND PARK

MASTER PLAN for 24 pc, Grid 919 m  
5 MW WIND TURBINES  
NATURA 2014

SEE CABLES MAP

| REV | REVISIO | DATE | SCALE |
|-----|---------|------|-------|
| 1   |         |      |       |
| 2   |         |      |       |
| 3   |         |      |       |
| 4   |         |      |       |
| 5   |         |      |       |
| 6   |         |      |       |
| 7   |         |      |       |
| 8   |         |      |       |
| 9   |         |      |       |
| 10  |         |      |       |
| 11  |         |      |       |
| 12  |         |      |       |
| 13  |         |      |       |
| 14  |         |      |       |
| 15  |         |      |       |
| 16  |         |      |       |
| 17  |         |      |       |
| 18  |         |      |       |
| 19  |         |      |       |
| 20  |         |      |       |
| 21  |         |      |       |
| 22  |         |      |       |
| 23  |         |      |       |
| 24  |         |      |       |

DATE:  
31.10.2014

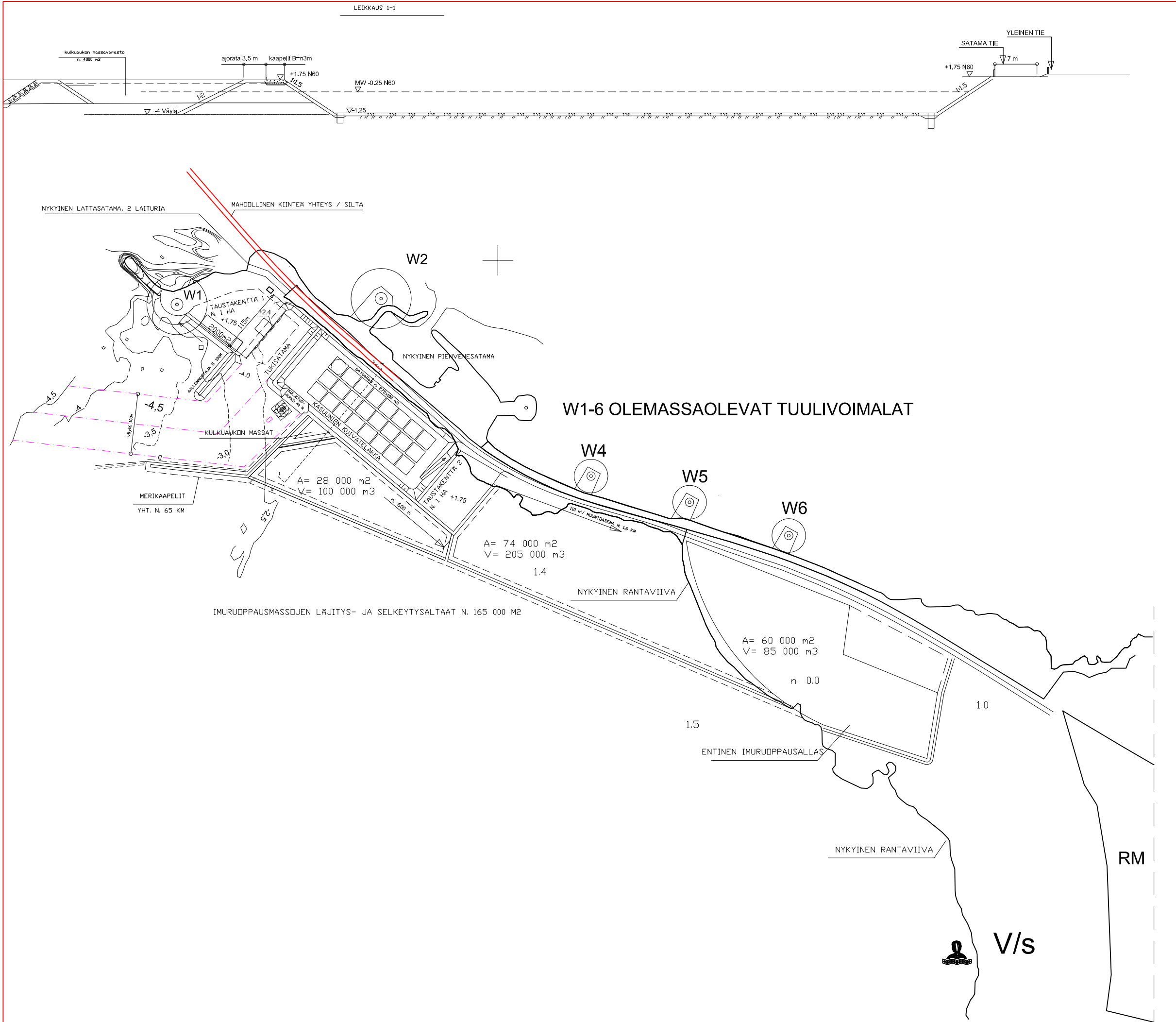
SCALE:  
1:50000 / A3

RIUT-YP-24-NAT

RIUT-G5-N-2

DESIGN:

DI Jukka Tuomela  
RIUTOMÄÄRIT 2010  
0000000000  
0000000000



DREDGES:  
MAIN CHANNELS 110 000 M3  
SITES: 295 400 M3  
FOUNDATIONS 24 x 2100= 50 400 M3

ENNAKKOKOPIO

PROJECT OWNERS:

PROPEL VOIMA OY

METSÄHALLITUS

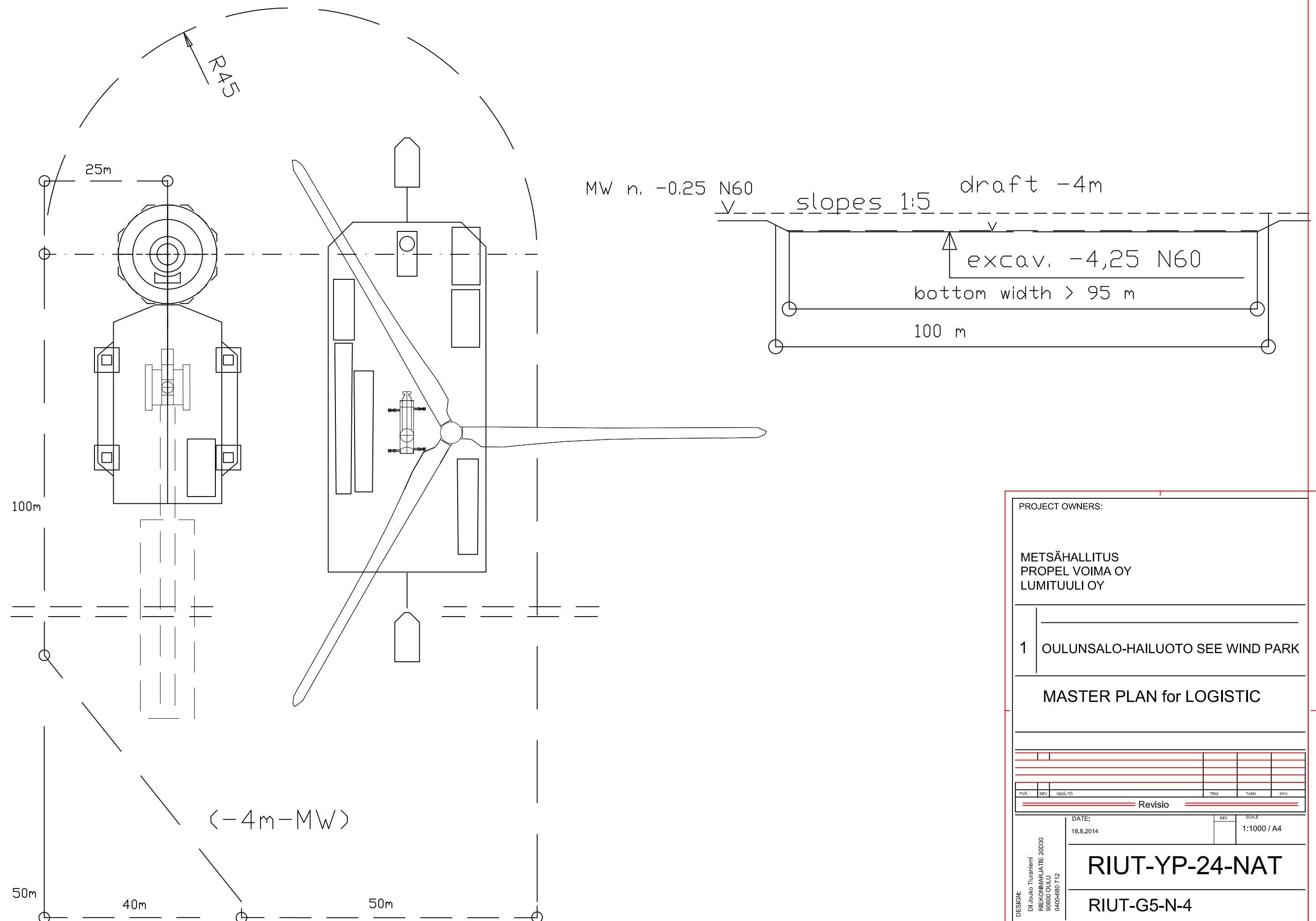
LUMITUULI OY

1

OULUNSALO-HAILUOTO SEE WIND PARK

MASTER PLAN for PORT  
CHAISSON MANUFACTURE  
DREDGING BASING VE 2

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |



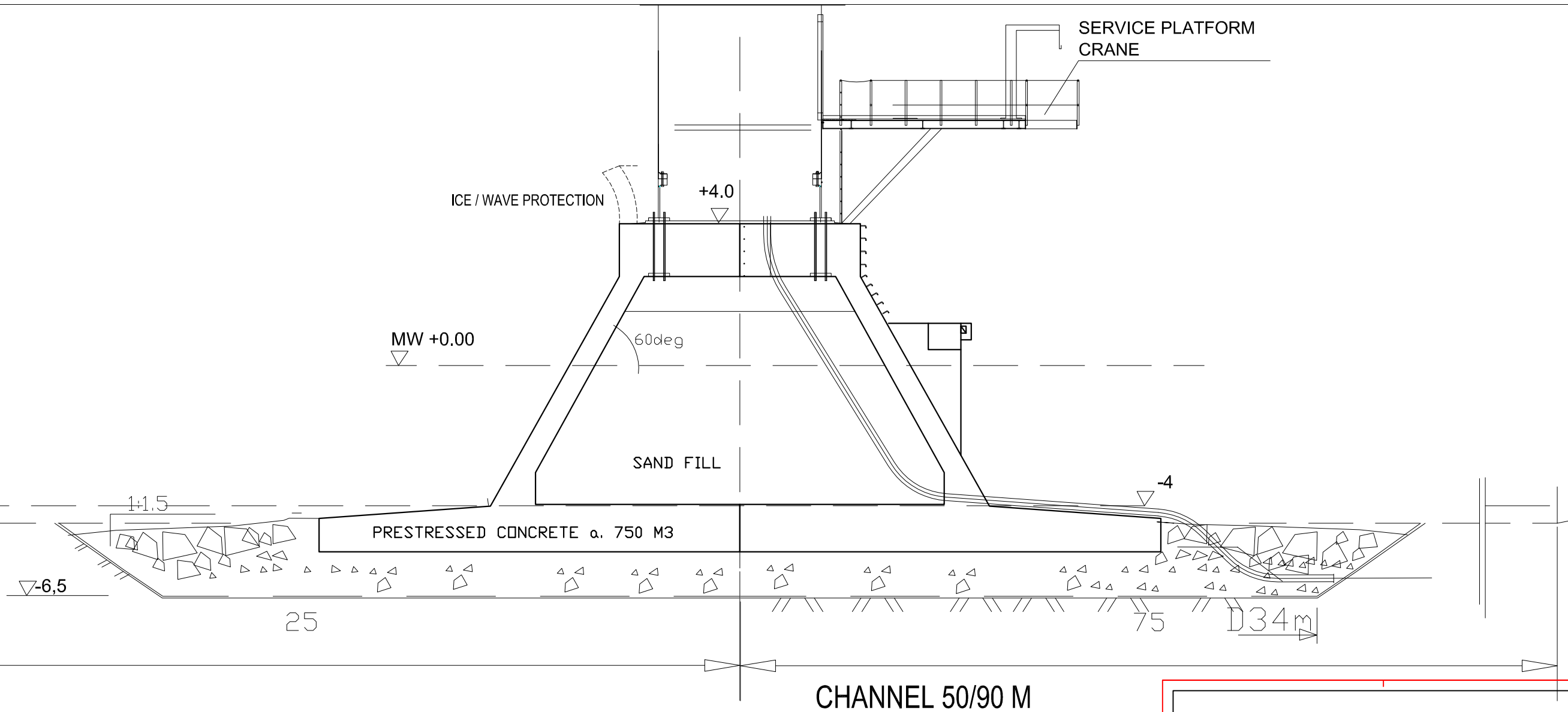
PROJECT OWNERS:

METSÄHALLITUS  
PROPEL VOIMA OY  
LUMITUULI OY

1 OULUNSALO-HAILUOTO SEE WIND PARK

MASTER PLAN for LOGISTIC

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |



TYPE SITE:

EXCAVATE: 2100 M3-K

ROCK FILL: 1550 M3

MAKADAM FILL A. 500 M3

FILTER MEMBRAN 1150 M2

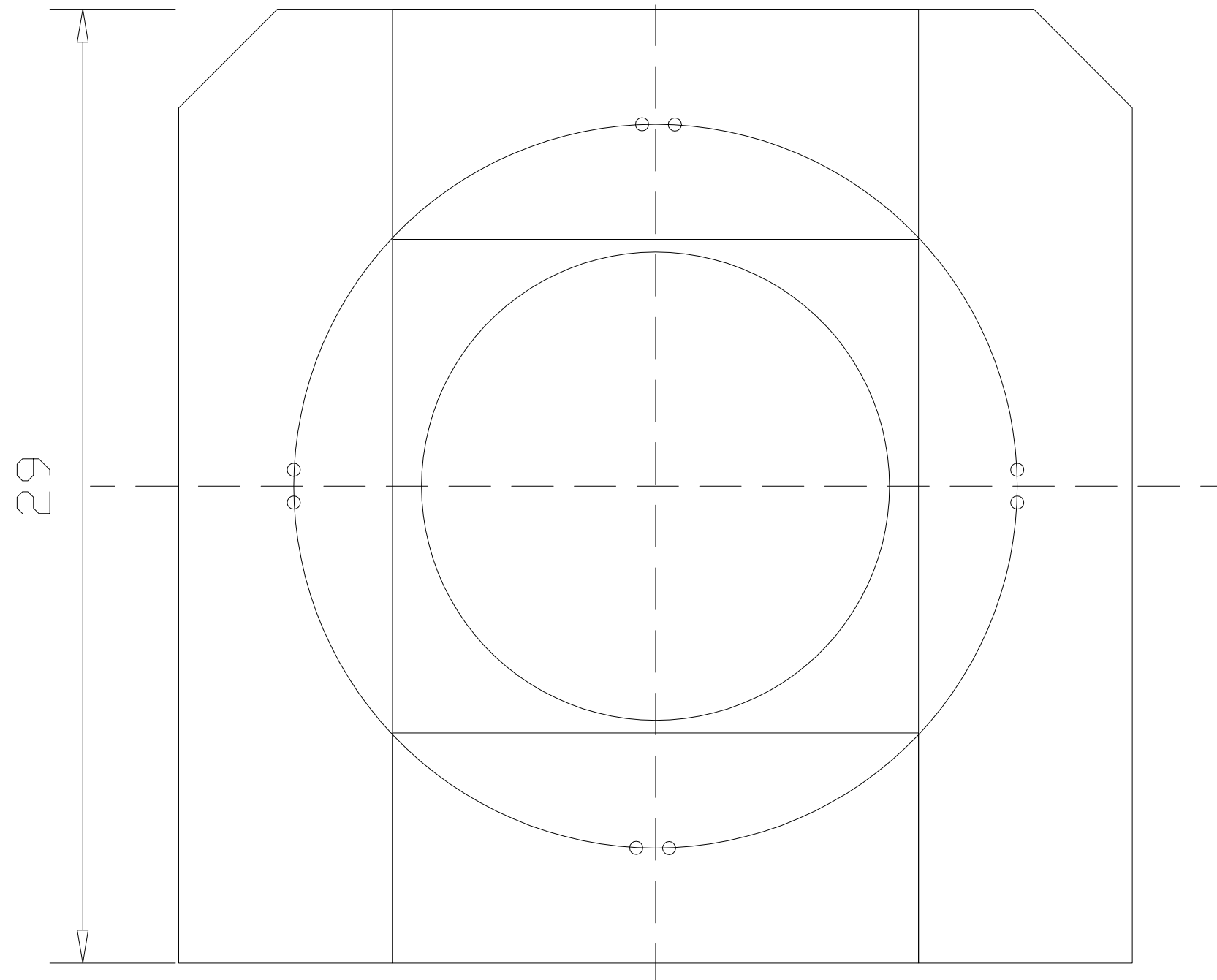
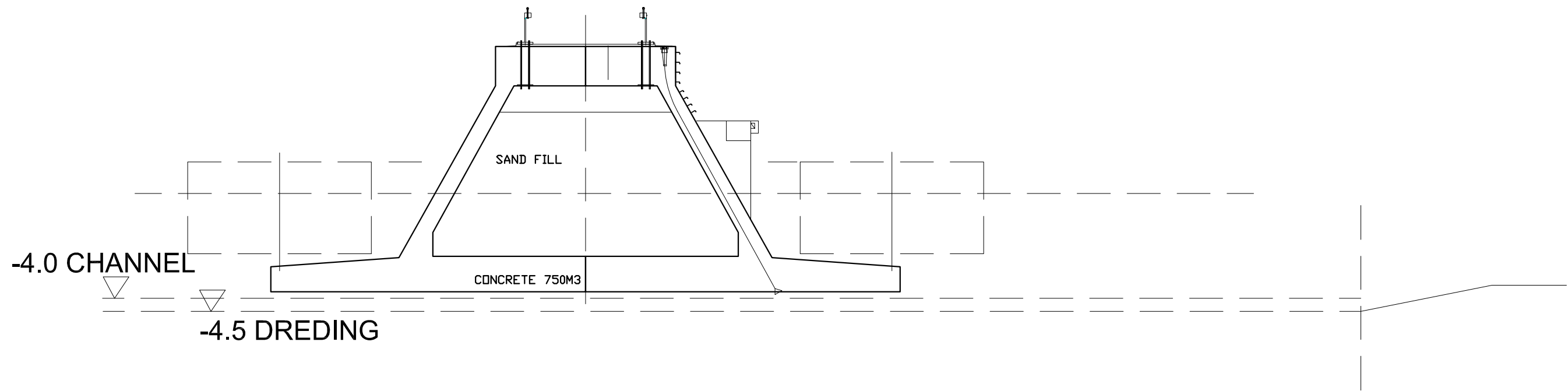
PROJECT OWNERS:  
METSÄHALLITUS  
PROPEL VOIMA OY  
LUMITUULI OY

1 OULUNSALO-HAILUOTO SEE WIND PARK

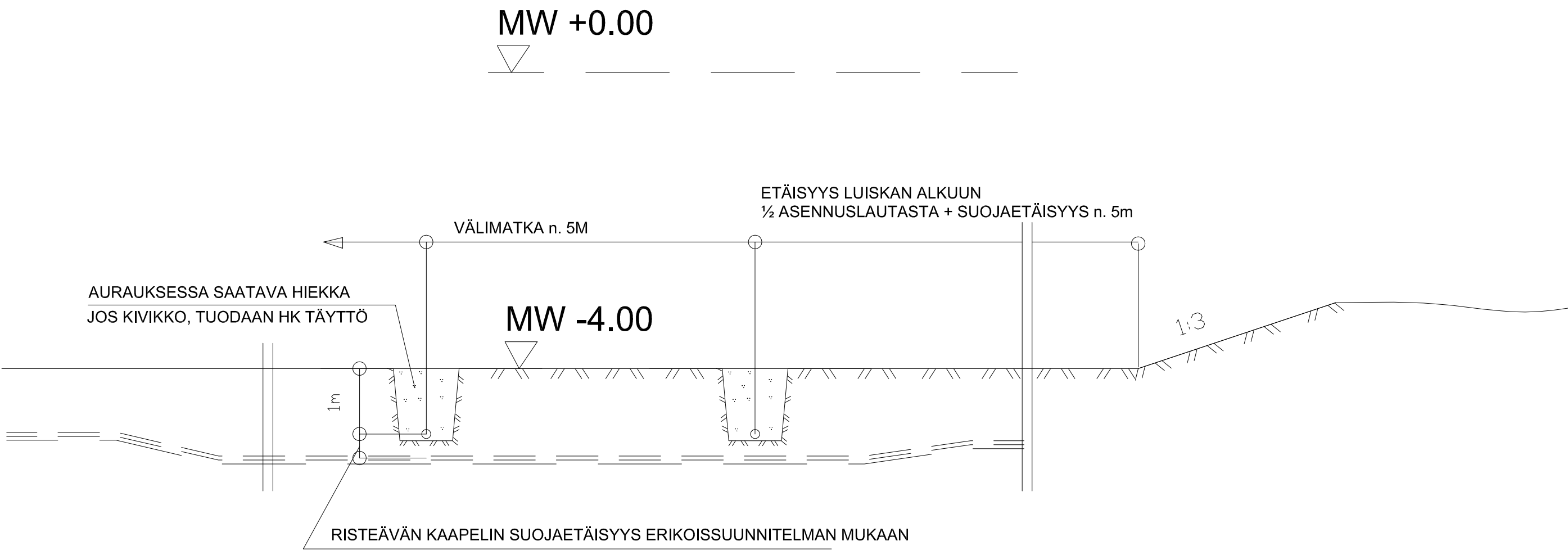
TYPE FOUNDATION SECTION

|         |     |         |     |      |     |
|---------|-----|---------|-----|------|-----|
|         |     |         |     |      |     |
|         |     |         |     |      |     |
|         |     |         |     |      |     |
|         |     |         |     |      |     |
|         |     |         |     |      |     |
| PVÄ     | REV | SISÄLTÖ | TEK | TARK | HYV |
| Revisio |     |         |     |      |     |

|                                                                                      |                    |  |     |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|-----|----------------------|
| DESIGN:<br>DI Jouko Tiuraniemi<br>RIEKONMARJATIE 20D30<br>90800 OULU<br>0400-680 712 | DATE:<br>18.8.2014 |  | REV | SCALE<br>1:1000 / A4 |
|                                                                                      | RIUT-YP-24-NAT     |  |     |                      |
|                                                                                      | RIUT-G5-N-5        |  |     |                      |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>PROJECT OWNERS:</p><br><br><p>METSÄHALLITUS<br/>PROPEL VOIMA OY<br/>LUMITUULI OY</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>OULUNSAALO-HAILUOTO SEE WIND PARK</p> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <h2 style="margin: 0;">MASTER PLAN for LOGISTIC<br/>TRANSPORT CHAISSON</h2>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> </tr></table> |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



PROJECT OWNERS:  
METSÄHALLITUS  
PROPEL VOIMA OY  
LUMITUULI OY

1 OULUNSALO-HAILUOTO SEE WIND PARK

POWER CABLE ON SEE

|         |     |         |      |      |     |
|---------|-----|---------|------|------|-----|
|         |     |         |      |      |     |
|         |     |         |      |      |     |
|         |     |         |      |      |     |
|         |     |         |      |      |     |
|         |     |         |      |      |     |
| PVÄ     | REV | SISÄLTÖ | TEKI | TARK | HYV |
| Revisio |     |         |      |      |     |

|                                                                                      |                    |  |     |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|-----|----------------------|
| DESIGN:<br>DI Jouko Tiuraniemi<br>RIEKONMARJATIE 20D30<br>90800 OULU<br>0400-680 712 | DATE:<br>18.8.2014 |  | REV | SCALE<br>1:1000 / A4 |
|                                                                                      | RIUT-YP-24-NAT     |  |     |                      |
|                                                                                      | RIUT-G5-N-7        |  |     |                      |

|        | SYV. KÄYRÄ | SYV. -N60 | X           | Y           |
|--------|------------|-----------|-------------|-------------|
| VMLA 1 | -3.5       | -3.25     | 2550017,487 | 7213571,817 |
| 2      | -2.25      | -2.0      | 2550531,519 | 7214333,901 |
| 3      | -6         | -5.75     | 2550265,480 | 7212295,699 |
| 4      | -4.5       | -4.25     | 2550779,571 | 7213057,785 |
| 5      | -4.5       | -4.25     | 2551293,603 | 7213819,869 |
| 6      | -4.75      | -4.50     | 2551807,635 | 7214581,952 |
| 7      | -4.0       | -3.75     | 2552321,670 | 7215343,956 |
| 8      | -6.5       | -6.25     | 2551027,564 | 7211781,667 |
| 9      | -2.0       | -1.75     | 2551541,655 | 7212543,753 |
| 10     | -4.75      | -4.50     | 2552055,686 | 7213305,837 |
| 11     | -1.75      | -1.50     | 2552569,718 | 7214067,920 |
| 12     | -5.75      | -5.50     | 2553083,750 | 7214830,004 |
| 13     | -7.2       | -6.95     | 2552551,734 | 7210753,523 |
| 14     | -1.5       | -1.25     | 2553065,822 | 7211515,690 |
| 15     |            |           |             |             |
| 16     | -2.75      | -2.50     | 2554093,854 | 7213039,857 |
| 17     | -4.5       | -4.25     | 2554607,917 | 7213801,940 |
| 18     | -7.5       | -7.25     | 2553313,873 | 7210239,574 |
| 19     | -3.5       | -3.25     | 2553827,905 | 7211001,658 |
| 20     | -1.3       | -1.05     | 2554341,937 | 7211763,741 |
| 21     | -4.7       | -4.45     | 2554855,969 | 7212525,825 |
| 22     | -6.0       | -5.75     | 2555370,001 | 7213287,908 |
| 23     | -5.5       | -5.25     | 2554589,989 | 7210487,626 |
| 24     | -2.25      | -2.0      | 2555104,032 | 7211249,727 |
| 25     | -4.75      | -4.50     | 2555618,052 | 7212011,793 |

**OULUNSALO-HAILUOTO SEE WIND PARK**  
**G5/128, 25 KPL VOIMALAPAIKKA, VE 1**

**TONTTIEN KOORDINAATIT JA VEDEN SYVYYDET**

|                                                                                  |                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Voimarakenne Oy</b><br><br>RIEKONMARJATIE 20D30<br>90800 OULU<br>0400-680 712 | DI Jouko Tiuraniemi    18.8.2014 |
|                                                                                  | <b>PIIRUSTUS: RIUT-G5-NAT-8</b>  |