



MUSTIKKAMAAN VOIMALAITOKSEN JÄÄHDYTYSVESIEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI KEMIJOEN VIRTAAUKSIIN JA LÄMPÖTILOIHIN

1 JOHDANTO

Rovaniemeen on suunnitteilla uusi polttoaineteholtaan noin 295 MW kokoinen voimalaitos. Voimalaitoksen jäähdytysvedet on suunniteltu purettavaksi Kemijokeen tai Kuolajoen suistoon. Työn tarkoituksena oli analysoida jäähdytysvesien leviämistä ja veden lämpenemistä Kemijoessa jäähdytysvesien purkuputken ympäristössä veden virtaussuunnan mukaisesti.

Analyysi tehtiin käyttäen hyväksi 3-dimensionaalista CFD-laskentaa (Computational Fluid Dynamics). Virtauskentät laskettiin käyttäen apuna olemassa olevia mittaustuloksia Kemijoen virtaamasta ja vedenpinnankorkeudesta. Laskentaverkon generoinnissa käytettiin hyväksi Maanmittauslaitokselta saatua maastotietokantaineistoa, jolla saatiin Kemijoen pohjan korkeusvaihtelut tarkemmin mukaan malliin.

2 LASKENTAMALLI

Malli rakennettiin Kemijoesta Rovaniemen eteläpuolella. Pohjoisessa malli alkaa Paavalniemen itäpuolelta (Oinas) ja päättyy etelässä Sorronkankaan kohdalla. Mallissa on otettu huomioon vain joen uoma. Matalat lahdet ja pienet saaret on jätetty huomioimatta, sillä niiden vaikutus joen virtauskenttään ja jäähdytysveden leviämiseen on pieni.

Mallissa käytetty laskentaverkko generoitiin Maanmittauslaitokselta saatujen Kemijoen rantaviivan ja syvyyskäyrien pohjalta. Laskentaverkko koostuu n. 500 000 laskentatilavuudesta ja jäähdytysveden purku- ja imuaukkojen kohdalla laskentaverkkoa on tihennetty siten, että näiden lähialueen virtauskenttä saadaan riittävällä tarkkuudella mallinnettua.

Laskentatapauksessa pyrittiin saamaan aikaan jäähdytysvesien leviämisen kannalta pahin keksimääräinen tilanne. Kemijoen virtaaman pitkän aikavälin (1961–1990) talvikuukausien keskiarvo on 305 m³/s. Jokeen laskettava jäähdytysveden tuoma lämpömäärä oletettiin olevan suurimmillaan vaikka talvella sähköä tuotetaan lähinnä kaukolämpökuorman mukaisesti eli lämpö johdetaan kaukolämpöverkkoon.

Laskenta on suoritettu Kemijoen pinnan korkeudella NN +74.10 m ja tyynissä olosuhteissa.

2.1 Alku- ja reunaehdot

Laskentamallissa vain pääuomaa pitkin tuleva virtaama on huomioitu. Oinaksen kohdalla virtaamaksi on asetettu 300 m³/s ja virtaussuunta pääuoman suuntaiseksi. Valittu virtaama kuvaa hyvin talviaikaista keksivirtaamaa ko. kohdalla. Matalista lahdista mahdollisesti tulevia virtaamia ei ole huomioitu. Joessa virtaavan veden lämpötilaksi on asetettu 2 °C. Todellisuudessa jokiveden lämpötila on talvikuukausina lähellä 0 °C.



Joakim Majander

26.10.2009

LIITE 2

Suunnitellun voimalaitoksen jäähdytysveden imu- ja purkupaikat on sijoitettu alustavan suunnitelman mukaisesti joen pääuomaan, siten että sekä purku-, että imuaukon keskilinja on 4,7 m syvyydessä ja pinta-ala 5 m². Jäähdytysvesikierto on laitoksen täydellä teholla 3 m³/s ja jäähdytysveden lämpötila nousee kierrossa 12 °C. Jäähdytysvesi siis purkautuu jokeen 14 °C lämpötilassa ja nopeudella 0,6 m/s poikittain jokeen nähden vaakasuoraan.

Veden haihtuminen samoin kuin ilman ja veden välisen lämpötilaeron aiheuttama lämmönsiirtyminen (konvektio) ja säteily ilmatilaan on jätetty huomioimatta laskennassa.

3 TULOKSET

3.1 Yleistä

Seuraavassa käsitellään laskennasta saatuja tuloksia. Tulokset on esitetty graafisesti liitteessä 1. Kuvissa 1 – 5 on mukana väriskaala. Punaisella alueella suure voi olla myös yli skaalan ja vastaavasti sinisessä ali skaalan.

3.2 Virtaustilanne mallinnetussa alueessa

Kuvassa 1 on esitetty syvyysjakauma alueella. Joki on syvimmillään 16 m Souharinlammen ja Sorronkankaan kohdalla. Paavalniemen pohjoispuolinen kapea syvä alue ohjaa päävirtauksen joen länsireunaan Ala-Korkalon kohdalla. Ohjausvaikutusta lisäävät Paavalniemen länsipuolella olevat alle 6 m syvyiset alueet. Ala-Korkalon eteläpuolella joki on jatkuvasti selvästi syvempi länsirannaltaan, mikä edelleen pitää päävirtauksen joen länsipuolella.

Kuvassa 2 on esitetty virtausnopeudet kolmella eri syvyydellä. Kuvissa on jäähdytysvesi mukana, mutta sen vaikutus on niin vähäinen virtauksiin, että kuvista ei voi havaita eroa lukuun ottamatta purku- ja imuaukon välitöntä läheisyyttä.

Suurimmat paikalliset virtausnopeudet mallinnetussa alueessa ovat 0,25 m/s sekä Paavalniemen pohjoispuolella, että Sorronkankaan kohdalla, missä jokiuoma on muuta aluetta kapeampi syvältä osuudeltaan. Suunnitellun jäähdytysveden imu- ja purkupaikan läheisyydessä virtausnopeudet ovat 0,12-0,17 m/s. Mallinnetulla alueella joen päävirtausreitillä virtausnopeudet ovat kokoajan yli 0,1 m/s.

Kuvassa 3 on esitetty jäähdytysveden purku- ja imuaukon lähialueen virtauskenttä vektoreina, joiden väri kuvaa paikallista virtausnopeutta. Virtaus on päävirtauksen suuntaista lukuun ottamatta jäähdytysveden purun ja imun aiheuttamaa hyvin paikallista poikittaisvirtausta sekä Kerolan kohdalle muodostuvaa pyörteistä hyvin hidasta virtausta.

Jäähdytysvesien sekoittumisen kannalta joen virtaustilanne on hyvä, sillä jäähdytysvesi sekoittuu päävirtaukseen, jossa nopeudet pysyvät suhteellisen suurina. Koska jäähdytysveden virtaama on enimmillään 1% joen virtaamasta mallissa, sen vaikutus joen virtauskenttään on erittäin pieni.



3.3 Jäähdytysveden vaikutus joen lämpötilajakaumaan

Mallinnuksessa on oletettu joen olevan tasalämpöinen ilman jäähdytysveden vaikutusta. Oletus on perusteltu suhteellisen suuren virtausnopeuden ja joen kohtuullisen syvyyden perusteella.

Kuvassa 4 on esitetty lämpötilajakauma sekä koko alueessa että suurennoos jäähdytysveden purkualueelta kolmella eri syvyydellä. Kuvassa 5 on esitetty lämpötilan tasa-arvopinnat joiden sisällä lämpötila on suurempi kuin 10, 6 ja 4 °C.

Jäähdytysvesi sekoittuu varsin nopeasti ja jäähtyy alle 10 °C jo muutaman metrin etäisyydellä purkuaukosta. Jäähdytysvesi taipuu päävirtauksen suuntaiseksi n. 10 m päästä purkuaukosta ja jäähtyy alle 6 °C n. 30 m etäisyydellä. Alle 100 m etäisyydellä purkuaukosta lämpötila on jo laskenut alle 4 °C ja 1 km etäisyydellä suurimmat lämpötilat ovat alle 2,5 °C.

Jäähdytysveden lämmittämä alue pysyy melko kapeana vanana joen länsiosassa kunnes Mäntyniemen kohdalla oleva syvänteen mutka vie osan lämmenneestä vedestä myös joen keskialueelle. Lämmenneen alueen veden lämpötila on noussut 0,2 - 0,4 °C kunnes Sorronkangasta edeltävät syvänteen mutkat sekoittavat jokivettä, jonka jälkeen veden lämpötilan nousu on alle 0,2 °C. Mallin mukaan jokiveden keskilämpötila nousee keskimääräin jäähdytysveden vaikutuksesta 0,12 °C.

3.4 Sulan alueen arviointi

Jäähdytysvesien aiheuttaman sulan alueen pinta-alan arvioinnissa käytettiin tietoa (RIL 141, Yleinen vesitekniikka), että lämmönsiirto avovedestä haihdunnan vuoksi on enimmillään noin 300 W/m² ja konvektiivinen lämmönsiirtyminen noin 200 W/m². Talviolosuhteiden vuoksi laskennassa käytettiin lämmönsiirrolle pessimististä arvoa 250 W/m². Tämän perusteella jäähdytysveden tuoman koko lämpömäärän poistumiseen tarvittava vesialue on kokonaispinta-alaltaan n. 0,6 km².

Mallinnuksessa alue, jossa jokiveden lämpötila on noussut yli 2,12 °C on pinta-alaltaan n. 0,6 km². Mahdollinen jäähdytysveden aiheuttama heikentyneen jään alue siis on purkupaikalta Sorronkankaalle joen länsiosassa.

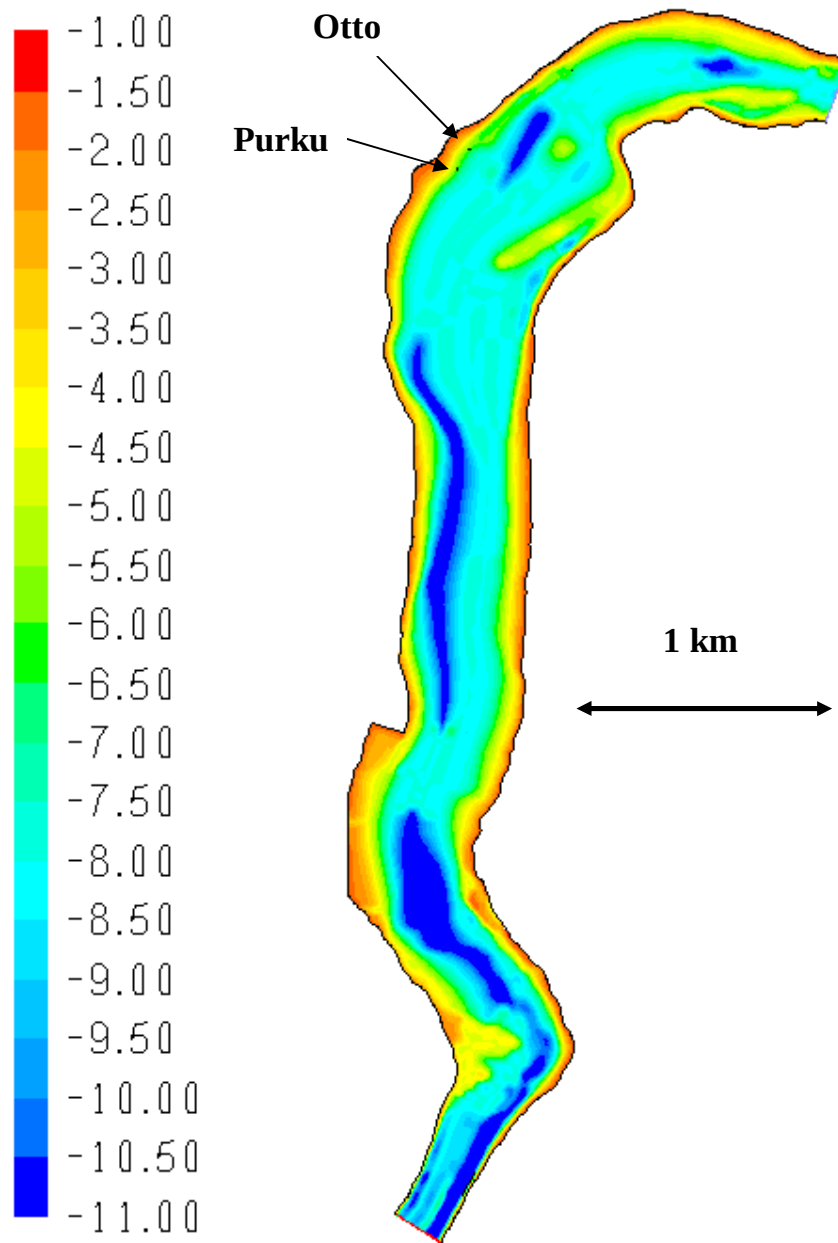
4 YHTEENVETO

Mustikkamaan voimalaitoksen jäähdytysvesien vaikutus Kemijokeen laskettiin talvitilanteessa. Laskennalla haluttiin nähdä, mikä jäähdytysveden vaikutus voi olla pahimpien keskimääräisten olosuhteiden vallitessa. Tästä johtuen laskennan reunaehdot on valittu siten, että vesistön kuukausikeskivirtaamat ovat lähes vuoden alimmat, voimalaitoksen hukkalämpö lasketaan jokeen maksimiteholla eli lämpökuormitus jokeen on maksimissaan. Näiden oletusten samanaikainen toteutuminen normaalitilanteessa on varsin epätodennäköinen etenkin jäähdytysveden osalta, koska jäähdytysveden lämpö käytetään kaukolämmöksi talvella.

Tulosten perusteella jäähdytysvesi lämmittää Kemijoen vettä purkupaikasta etelään päin siten, että maksimilämpötilaero joen veteen on talvitilanteessa hieman alle 0,5 °C 1 km purkupaikasta etelään. Lämpimän veden virtaus kanavoituu selkeästi lähelle joen länsiosaan.



LIITE 1



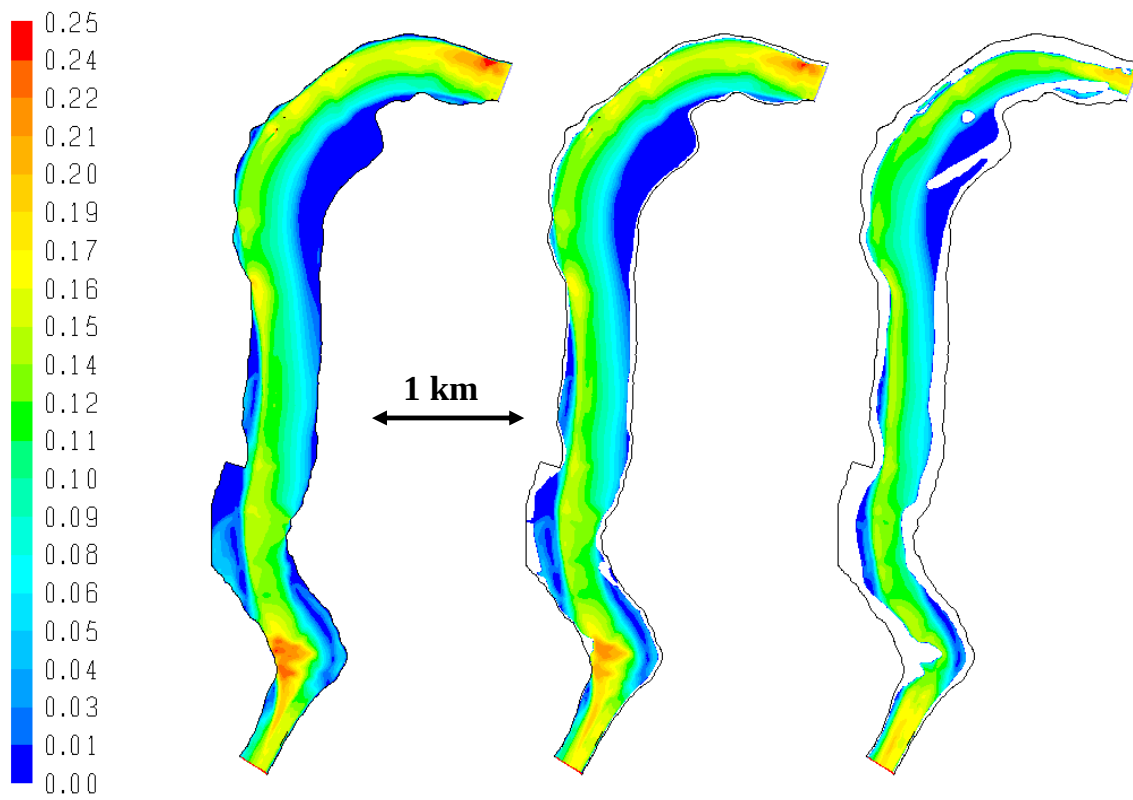
Kuva 1. Syvyysjakauma [m].



Joakim Majander

26.10.2009

LIITE 2



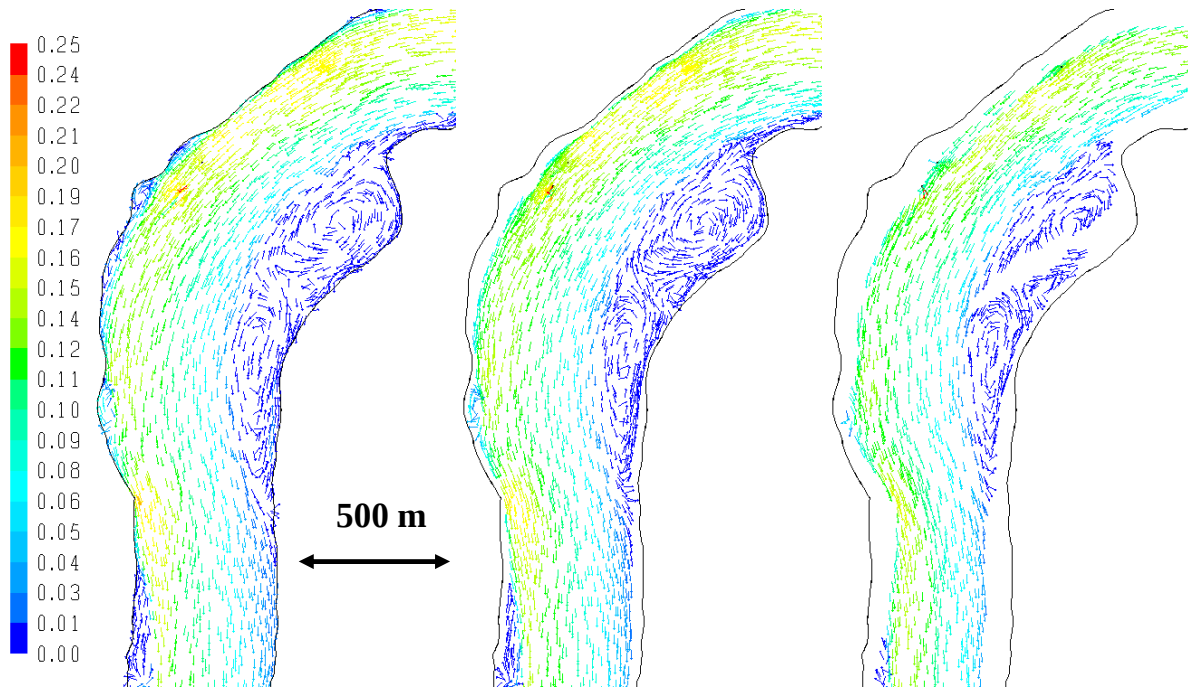
Kuva 2. Virtausnopeusjakauma [m/s] 1, 3 ja 6 m syvyydessä.



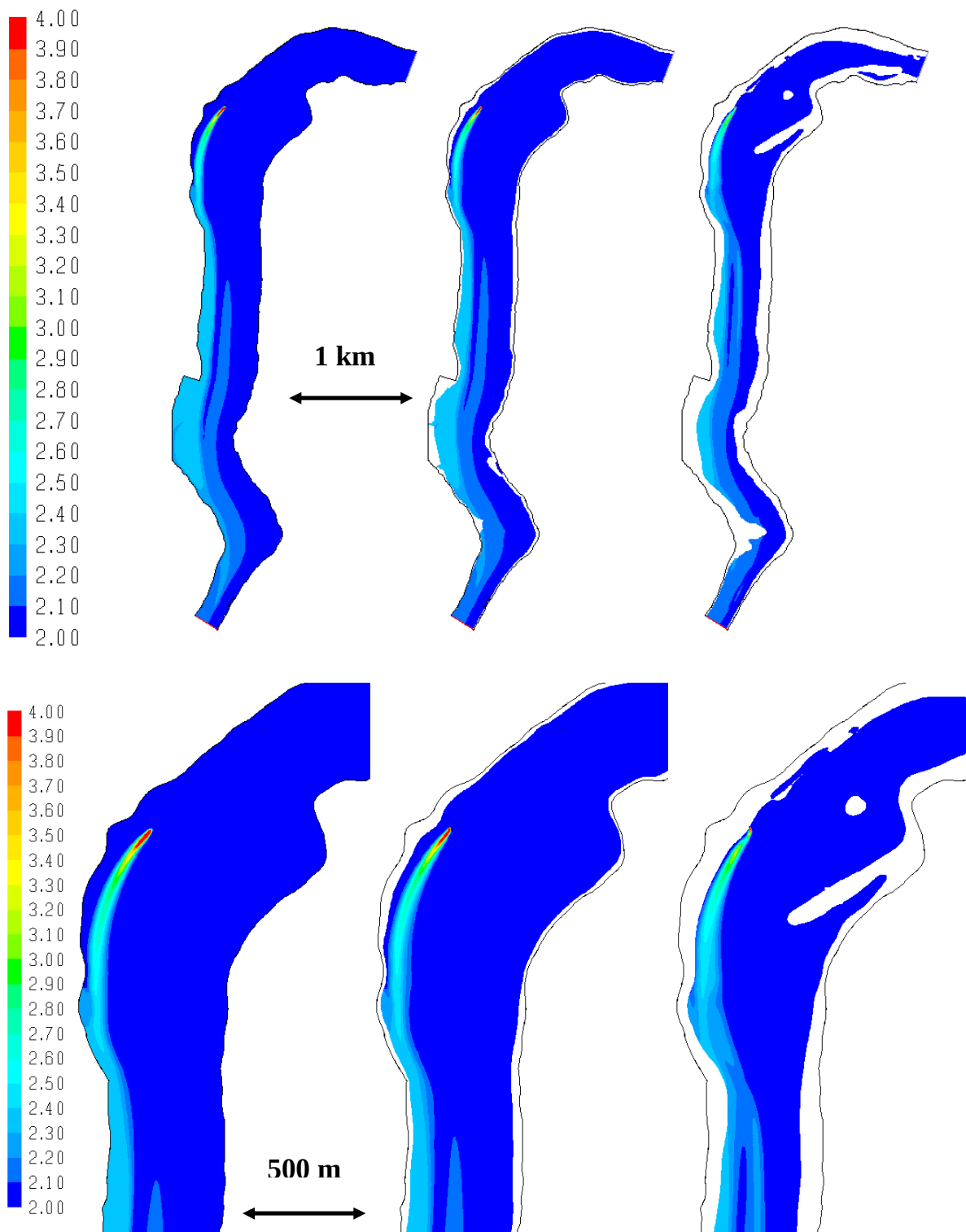
Joakim Majander

26.10.2009

LIITE 2



Kuva 3. Virtausnopeusjakauma [m/s] 1, 3 ja 6 m syvyydessä.



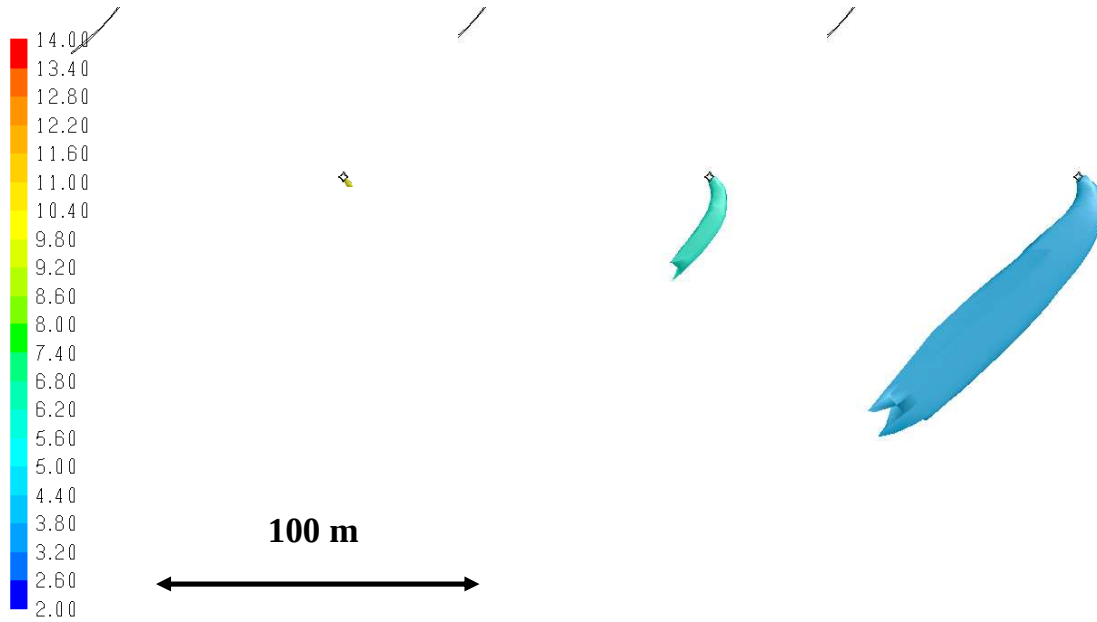
Kuva 4. Lämpötilajakauma [°C] 1, 3 ja 6 m syvyydessä.



Joakim Majander

26.10.2009

LIITE 2



Kuva 5. Lämpötilan tasa-arvopinnat 10, 6 ja 4°C.