



Varsinais-Suomen energia Oy:
NORDANÅ-LÖVBÖLEN TUULIPUISTON MELUSELVITYS

12.9.2012

Projektinnumero: 304451

Sisällysluettelo

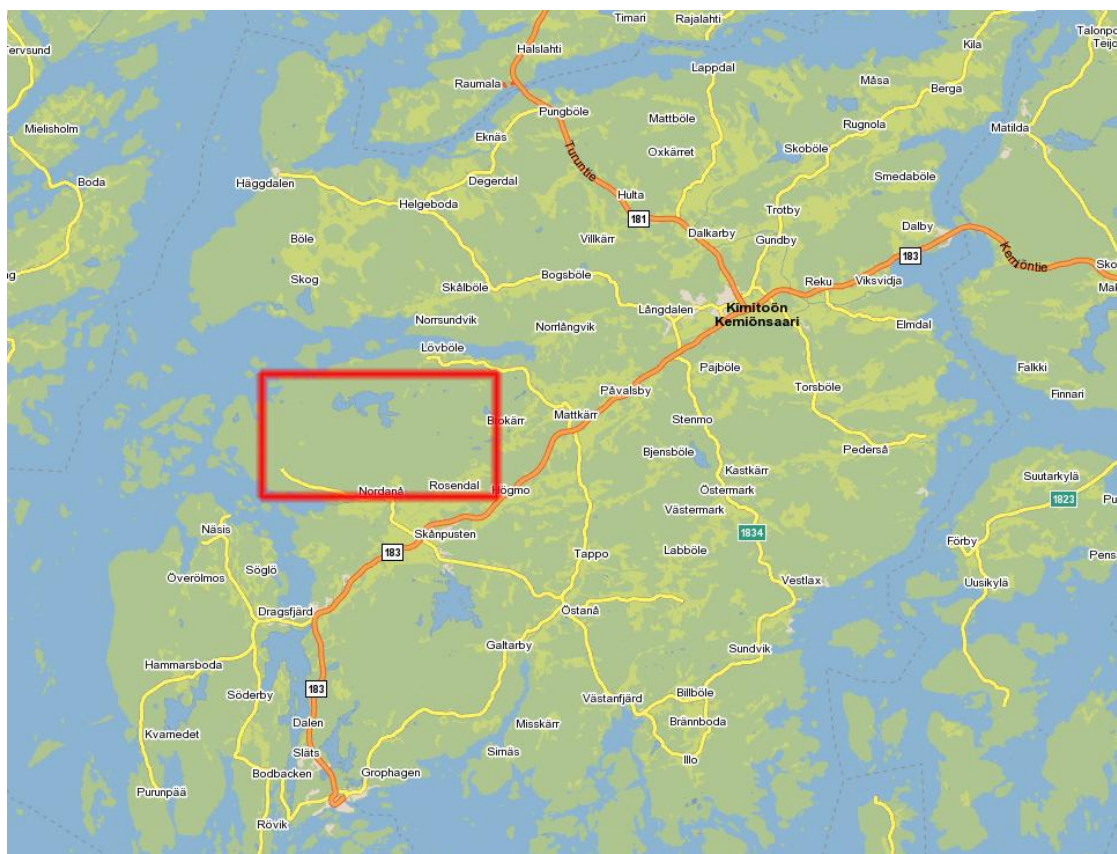
1	Johdanto	1
2	Lähtötiedot ja menetelmät	2
2.1	Yleistietoa tuulivoimaloiden synnyttämästä melusta	2
2.2	Laskentamalli	2
2.3	Laskennoissa käytetyt äänitehotasot	3
2.3.1	Tuulivoimaloiden äänitehotasot	3
2.3.2	Sibelco Nordic Oy Ab:n laitteistojen äänitehotasot	4
2.4	Käytettyjen menetelmien epävarmuudet	4
2.4.1	Laskentamallin epävarmuus	4
2.5	Ympäristömelun ohjearvot	4
3	Tulokset	5
4	Johtopäätökset	9
5	Viitteet	9

Liite 1 – Tuulivoimaloiden äänen optimointitasot kullekin voimalalle

Liite 2 – Meluvyöhykekartat

1 Johdanto

Kemiönsaaren tekninen lautakunta on päättänyt Nordanå-Lövbölen-tuulipuiston osayleiskaavan vireille tulosta kokouksessaan 22.3.2011. Tuulivoimapuiston suunnittelualan pinta-ala on noin 2100 hehtaaria ja alue sijaitsee Lövbölen ja Nordanån välisellä alueella noin 10 km päässä Kemiön keskustasta lounaaseen (kuva1).



Kuva 1. Tuulipuistoalueen suunniteltu sijainti (rajattu punaisella suorakulmiolla).

Suunniteltu tuulivoimapuisto käsittää 20–31 turbiinia. Yksittäisten tuulivoimaloiden teho on arviolta 2.4 - 3.6 megawattia (MW) ja napakorkeus noin 100 – 141 metriä maanpinnasta. Tuulivoimalaitosten lopulliset sijoituspaikat määräytyvät vasta tarkempien tuulianalyyysien perusteella. Hankkeesta vastaavan tavoitteena on, että tuulivoimalat olisivat tuotannossa vuonna 2014.[Lähde: Lausunto ympäristövaikutusten arviointiohjelmasta, Kemiönsaaren Nordanå-Lövbölen tuulivoimapuisto, 26.1.2012].

Hankkeen YVA-menettelyssä tarkastellaan kahta hankevaihtoehtoa sekä YVA-laissa edellytettyä ns. 0-vaihtoehtoa eli hankkeen toteuttamatta jättämistä.

- Vaihtoehto 0 (VE 0): Hanketta ei toteuteta.
- Vaihtoehto 1 (VE1): Tuulipuistoalueelle rakennetaan 31 turbiinia.
- Vaihtoehto 2 (VE2): Tuulipuistoalueelle rakennetaan 20 turbiinia.

WSP Finland Oy on tehnyt melulaskennat, jossa selvitettiin vaihtoehtojen VE1 ja VE2 (VE2 laskennoissa turbiinien määrät 29 ja 31) mukaisten turbiinimäärien ja sijoituspaikkojen aiheuttamia melutasoja tuulipuiston lähiympäristössä. Alkujaan melumallinnukset toteutettiin kolmelle eri turbiinityypille: Nordex N117 / 2400, Enercon E-101 3.0 ja Siemens SWT-2.3–108. Siemensin turbiini kuitenkin poistettiin selvityksen jatkotutkiskeluista, koska sen äänitehotason todettiin olevan kyseiselle sijainnille liian korkea ($L_{WA} = 108 \text{ dB}$) ja suunnittelua jatkettiin pelkästään Nordexin ja Enerconin turbiineilla.

Melulaskennoissa otettiin huomioon myös Sibelco Nordic Oy Ab:n kaivostoiminnasta aiheutuva melu.

Melumallinnuksen ja raportin laskennan tuloksista laativat FM Ilkka Niskanen, DI Tuukka Lyly ja tekn. yo Ilkka Rekola WSP Finland Oy:stä. Työn tilaajana toimi Varsinais-Suomen energia Oy.

2 Lähtötiedot ja menetelmät

2.1 Yleistietoa tuulivoimaloiden synnyttämästä melusta

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaamisesta melusta sekä hieman kapeakaistaisemmista sähköntuotantokoneiston yksittäisten osien melusta (mm. vaihteisto, generaattori). Näistä aerodynaaminen melu on hallitsevin lapojen suuren vaikutuspinta-alan ja jaksollisen ns. amplitudimoduloituneen (äänen voimakkuus vaihtelee jaksollisesti ajan funktiona) äänen vuoksi (Di Napoli 2007).

Tuulivoimalaitosten jaksollinen käyntiääni on seurausta siiven pyörimisestä, jossa aerodynaamisen melun taso vaihtelee lavan pyörimisnopeuden mukaan. Lavan ohittaessa maston, siiven aerodynaaminen melu aiheuttaa sekä äänen heijastumisen että uuden äänen lavan ja tornin väliin jäävän ilmakerroksen puristuessa. Maston ja lavan välinen ohitusmelu on sitä voimakkaampaa mitä lähempänä lapa on mastoa. Jaksollisuus voi olla jopa noin 6 dB luokkaa.

Aerodynaaminen melu kuullaan usein viheltävänä tai viuhuvana äänenä ja on puhtailla lapapinnoilla tasoltaan matalampaa, koska likainen pinta lisää rosoisuutta, josta seuraa turbulenssin kasvu. Generaattorin muuntaja emittoi matalataajuisia ja kapeakaistaisia melua, mutta voimakkuudeltaan se on yleensä alhaista (Di Napoli 2007).

Uusissa lapakulmasäätöisissä laitoksissa voidaan muuttaa lapakulman lisäksi myös pyörimisnopeutta, jolloin molemmilla toiminnoilla on melua vähentävä vaikutus.

Tuulivoimalan äänen ominaisuudet, kuten voimakkuus, taajuus ja ajallinen vaihtelu, riippuvat tuulivoimaloiden lukumäärästä, niiden etäisyyksistä tarkastelupisteeseen sekä tuulen nopeudesta.

Tuulivoimaloiden tuottaman äänen leviäminen ympäristöön riippuu maaston pinnanmuodoista, kasvillisuudesta ja sääoloista, kuten tuulen nopeudesta ja suunnasta sekä lämpötilasta. Ääni etenee tavallisesti veden yllä edemmäksi ja laajemmalle kuin maalla johtuen pienemmästä vaimentumisesta. Tuulivoimaloiden tapauksessa keskeisin käytettävä meluntorjuntakeino on riittävä etäisyys tuulivoimalan ja tarkastelupisteen (kuten asutuksen) välillä (Ympäristöministeriö 2012).

2.2 Laskentamalli

Ympäristömelun laskennallinen arviointi tehtiin standardin ISO-9613-2 mukaisiin algoritmeihin perustuvalla laskentamallilla (ISO 9613-2). Lähtöarvoina laskennassa käytettiin melulähteille annettuja äänitehotasoja oktaavikaistoittain. Standardi sisältää algoritmit etäisyysvaimennuksen, ilmakehän absorption, maan pinnan vaikutusten ja esteiden arvioimiseen. Laskennat tehtiin Cadna A 4.2-melulaskentaohjelmalla.

Laskentamallissa vesistöjen pinnat on mallinnettu kovina, akustisesti heijastavina pintoina. Maa-alueet on mallissa oletettu pehmeiksi. Laskennassa ei ole otettu huomioon mahdollista melun impulssimaisuuden tai kapeakaistaisuuden lisäystä.

Laskentamallin maastomalli on laadittu Varsinais-Suomen energia Oy:ltä saadun maastomallin pohjalta. Alueella sijaitsevien rakennusten kattokorkeudet on arvioitu rakennusten korkeustietoihin perustuen.

Melulaskenta on tehty noin 10 x 6 km laajuiselle alueelle, johon laskentapistettä on sijoitettu tasaisin välein 5 metrin etäisyydelle ja 2 metrin korkeudelle maan pinnan tasosta.

2.3 Laskennoissa käytetyt äänitehotasot

2.3.1 Tuulivoimaloiden äänitehotasot

Projektin lähtötiedot saatiin Varsinais-Suomen energia Oy:ltä. Turbiinien äänitehotasot olivat peräisin turbiinivalmistajilta. Laskennassa käytetyt äänitehotasot eri turbiinityypeille oktaavikaistoittain on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Turbiinien äänitehotasot (LWA) oktaavikaistoittain tuulen nopeudella 8 m/s (vaimentamattomat arvot).

	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	LWA [dB]
Nordex N117 / 2400	60,0	84,5	91,4	98,2	100,7	99,2	94,4	86,7	74,7	105,0
Enercon E-101 3.0	50,0	84,5	93,4	98,6	101,4	100,4	96,4	89,4	81,5	106,0

Tuulivoimaloiden aiheuttamaa melua voidaan pienentää säätelämällä roottorin pyörimisnopeutta. Tällöin kuitenkin myös sähköntuotto pienenee. Pyörimisnopeutta voidaan pienentää esimerkiksi yöaikana, jolloin suunnitteluohjeavot ovat tiukemmat. Turbiinien vaimennus voidaan toteuttaa myös tuulen suunnan mukaan.

Taulukossa on esitetty Nordex- ja Enercon-turbiinien vaimennetut äänitehotasot. Enerconin turbiinilla vaimennustasoja on 5 kpl (tasot 1-5) ja Nordexin turbiinilla 6 (tasot 1-6). Tasot ovat laskennallisia arvioita (arviot tehty WindPro-ohjelmalla).

Taulukko 2. Enerconin ja Nordexin turbiinien vaimennetut äänitehotasot (LWA) oktaavikaistoittain tuulen nopeudella 8 m/s.

	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	LWA [dB]
Enercon Reduced 1 Level 1	79	84	93	98	101,1	100	96	89	81	105,6
Enercon Reduced 2 Level 2	77,5	82,5	94	96	99	98,5	94,5	87	79	104
Enercon Reduced 3 Level 3	76,5	81,5	92,5	94	97	96	93	87	77,5	102
Enercon Reduced 4 Level 4	76	80	90	92	95	94	91	85,5	76,5	100
Enercon Reduced 5 Level 5	75,5	79,5	89,5	90,7	93,7	93	90	85	76	99
Nordex reduced 1 Level 1	79	88,9	92,6	97,4	99,4	99,3	96,6	92,1	83	105
Nordex reduced 2 Level 2	79	88,4	92,1	96,9	98,9	98,8	96,1	91,6	82,5	104,5
Nordex reduced 3 Level 3	79	87,9	91,6	96,4	98,4	98,3	95,6	91,1	82	104
Nordex reduced 4 Level 4	79	87,4	91,1	95,9	97,9	97,8	95,1	90,6	81,5	103,5
Nordex reduced 5 Level 5	79	86,9	90,6	95,4	97,4	97,3	94,6	90,1	81	103
Nordex reduced 6 Level 6	79	84,9	88,6	93,4	95,4	95,3	92,6	88,1	79	101

2.3.2 Sibelco Nordic Oy Ab:n laitteistojen äänitehotasot

Sibelco Nordic Oy Ab:n kaivoksella melua aiheuttavia toimintoja ja laitteita ovat poraus, esimurskaus ja jälkimurskaus. Lisäksi kaivoksella käytetään pyöräkuormainta.

Kaivoksen melulähteiden äänitehotasoina käytettiin Sibelco Nordic Oy Ab:n toimittamia mittaustuloksia (taulukko 3). Kaivoksella on toimintaa noin 4kk ajan vuodessa. Kaivoksella ei ole melua aiheuttavaa toimintaa klo 22 – 7 välisenä aikana.

Taulukko 3. Sibelco Nordic Oy Ab melua aiheuttavien koneiden äänitehotasot (LWA) oktaavikaistoittain.

	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	LWA [dB]
Pyöräkuormaaaja	78,0	88,0	95,0	100,5	103,0	106,0	103,0	99,0	94,0	110,2
Poravaunu	61,0	76,0	90,0	103,0	114,0	116,0	120,0	119,0	113,0	124,3
Esimurskain	73,0	91,0	102,0	107,0	111,0	113,0	111,0	105,0	99,0	117,5
Jälkimurskain	37,6	65,8	84,9	100,4	110,8	116,0	117,2	113,0	101,9	121,0

2.4 Käytettyjen menetelmien epävarmuudet

2.4.1 Laskentamallin epävarmuus

Laskentamallissa todellista äänilähdettä kuvataan pistemäisenä äänilähteenä. Mallissa äänilähteen korkeus on yleensä arvio äänikohteen akustisesta keskipisteestä. Tämän arvion epätarkkuus aiheuttaa epävarmuutta myös äänen leviämisen laskennalliseen arvioon. Tässä projektissa äänilähteen korkeudeksi määritettiin turbiinityyppien napakorkeudet (hub height) (Enercon 135,40m. Nordex 141m). Kyseiset napakorkeudet saatiin Varsinais-Suomen energia Oy:ltä. Kaivoksen melulähteet sijoitettiin kolmen metrin korkeudelle maan pinnan tasosta.

Muita vaihtelua aiheuttavia tekijöitä ovat: äänen taajuus, äänilähteen ja kohteen välinen korkeus ja niiden välinen etäisyys sekä niiden välinen topografia. Tämä viimeksi mainittu tekijä sisältää maaston muotojen, rakennusten, esteiden ja kasvillisuuden vaikutukset äänen etenemiseen.

Sääolosuhteiden aiheuttama vaihtelu on mallissa pyritty saamaan mahdollisimman pieneksi valitsemalla arvioinnin lähtökohdaksi säätilanne, jossa vaihtelu on mahdollisimman vähäistä. Tämä säätilanne vastaa tilannetta, jossa lievässä inversiotilanteessa vallitsee kohtalainen myötätuuli äänilähteestä kohteeseen päin.

Tässä selvityksessä tuulivoimaloiden voidaan katsoa edustavan joukkoa laajakaistaista melua aiheuttavia äänilähteitä, jotka sijoittuvat pääasiassa selvästi maan pinnan yläpuolelle. Arvioimme, että laskentamallin tarkkuus on tässä tapauksessa $\pm 1... \pm 3$ dB.

2.5 Ympäristömelun ohjearvot

Tuulivoimarakentamisen suunnittelussa suositellaan käytettävän Tuulivoimarakentamisen suunnittelu-ohjeen suunnitteluohjearvoja (Ympäristöministeriö 2012). Nämä suunnitteluohjearvot perustuvat pääosin muiden maiden kokemuksiin tuulivoimaloiden tuottaman äänen häiriövaikutuksista ja muissa maissa käytössä oleviin tuulivoimalamelulle annettuihin ohjearvoihin (taulukko 4).

Taulukko 4. Tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjearvot (Ympäristöministeriö 2012)

Alueen kuvaus	Päiväajan (klo 7 – 22) keskiäänitason oh- jearvot	Yöajan (klo 22 – 7) keskiäänitason oh- jearvot
Ulkona		
Asumiseen käytettävät alueet, loma-asumiseen käytettävät alueet taajamissa, virkistysalueet	45 dB	40 dB
Loma-asumiseen käytettävät alueet taajamien ulkopuolella, leirintäalueet, luonnonsuojelualueet	40 dB	35 dB ¹⁾
Muilla alueilla	Ei sovelleta	Ei sovelleta

1) Yöarvoa ei sovelleta luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

Yksityiskohtaisen suunnittelun tavoitteena on, että melun aiheuttama haittavaikutus estyy tai minimoituu. Haittavaikutuksen katsotaan minimoituvan, kun tuulivoimarakentamisen päivä- ja yöajan keskiäänitason suunnitteluohjearvot alittuvat tarkastelupisteessä (Ympäristöministeriö 2012).

Ulkomelutason suunnitteluohjearvojen lisäksi asuntojen sisätiloissa käytetään Terveysturvallisuuslain (763/94) sisältövaatimuksiin pohjautuen asumisterveysohjeen mukaisia taajuuspainottamattomia tunnin keskiäänitasoon $L_{eq, 1h}$ perustuvia suunnitteluohjearvoja koskien pientaajusta melua (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003).

3 Tulokset

Melulaskennat laadittiin erikseen molemmille turbiinityypeille ja tilanteille, joissa turbiinien määrä on 20 (Nordex ja Enercon), 29 (Nordex) tai 31 (Enercon). Tuulivoimaloiden paikat olivat samat turbiinityypistä riippumatta, mutta turbiinien napakorkeus vaihteli turbiinityypin mukaan. Laskennoissa tuulen nopeudeksi oletettiin 8 m/s. Voimaloiden oletettiin olevan käynnissä ympäri vuorokauden. Sibelco Nordic Oy Ab:lla murskaustoimintaa harjoitetaan vain päiväaikana.

Tuulivoimaloiden vaimennusten optimoinnissa asumiseen käytettävien alueiden mitoittavana ohjearvona on käytetty 40 dB ($L_{aeq22-07}$) ja loma-asumiseen käytettävälle alueelle 35 dB ($L_{aeq22-07}$). Laskennoissa käytetyt optimointitasot (vaimennustasot) kullekin voimalalle päivä- ja yöaikana saatiin turbiinivalmistajilta. Vaimennustasot on esitetty liitteessä 1.

Melulaskentojen perusteella tuulivoimaloiden vaimennuksia on käytettävä kaikissa tapauksissa lukuun ottamatta Nordexin 20 turbiinin layoutia (päiväaikana).

Liitteessä 2 on esitetty tuulivoimaloiden synnyttämät meluvyöhykkeet, kun voimaloiden lukumäärä on 20, 29 (Nordex) tai 31 (Enercon). Meluvyöhykekartoissa on esitetty voimaloiden ja murskaustoiminnasta aiheutuvan päiväaikaisen melun vyöhykkeet yhdessä ja erikseen.

Taulukoissa 5, 6, 7 ja 8 on esitetty tuulivoimalamelulle altistuvien asuin- ja lomarakennusten lukumäärät (turbiinityyppi Nordex N117/2400).

Taulukoissa 9, 10, 11 ja 12 on esitetty asuin ja vapaa-ajan rakennusten lukumäärät Enercon E-101 tyyppin turbiineille.

Taulukko 5. Tuulivoimaloiden melulle altistuvien asuinrakennusten lukumäärät (Turbiinityyppi **Nordex N117 / 2400**). 20 turbiinia. Sunnitteluohjearvotaso on merkitty mustalla viivalla.

		Melualueille sijoittuvien asuinrakennusten lukumäärät		
NORDEX N117/2400		20 turbiinia		
Melutaso		Päiväaika	Päiväaika	Yöaika
min [dB]	max [dB]	Voimalat + louhos	Voimalat	Voimalat
35	36,5	15	18	32
36,5	40	54	52	23
40	41,5	9	2	0
41,5	45	8	0	0
45	50	1	0	0
50	55	0	0	0
55		0	0	0

Taulukko 6. Tuulivoimaloiden melulle altistuvien asuinrakennusten lukumäärät (Turbiinityyppi **Nordex N117 / 2400**). 29 turbiinia.

		Melualueille sijoittuvien asuinrakennusten lukumäärät		
NORDEX N117/2400		29 turbiinia		
Melutaso		Päiväaika	Päiväaika	Yöaika
min [dB]	max [dB]	Voimalat + louhos	Voimalat	Voimalat
35	36,5	19	20	36
36,5	40	62	60	9
40	41,5	7	3	0
41,5	45	10	0	0
45	50	1	0	0
50	55	0	0	0
55		0	0	0

Taulukko 7. Tuulivoimaloiden melulle altistuvien vapaa-ajan rakennusten lukumäärät (Turbiinityyppi **Nordex N117 / 2400**). 20 turbiinia.

		Melualueille sijoittuvien vapaa-ajan rakennusten lukumäärät		
NORDEX N117/2400		20 turbiinia		
Melutaso		Päiväaika	Päiväaika	Yöaika
min [dB]	max [dB]	Voimalat + louhos	Voimalat	Voimalat
35	36,5	23	9	16
36,5	40	23	14	1
40	41,5	4	0	0
41,5	45	5	0	0
45	50	2	0	0
50	55	0	0	0
55		0	0	0

Taulukko 8. Tuulivoimaloiden melulle altistuvien vapaa-ajan rakennusten lukumäärä (Turbiinityyppi **Nordex N117 / 2400**). 29 turbiinia.

		Melualueille sijoittuvien vapaa-ajan rakennusten lukumäärät		
NORDEX N117/2400		29 turbiinia		
Melutaso		Päiväaika	Päiväaika	Yöaika
min [dB]	max [dB]	Voimalat + louhos	Voimalat	Voimalat
35	36,5	21	10	5
36,5	40	31	19	0
40	41,5	3	0	0
41,5	45	6	0	0
45	50	2	0	0
50	55	0	0	0
55		0	0	0

Taulukko 9. Tuulivoimaloiden melulle altistuvien asuinrakennusten lukumäärä (Turbiinityyppi **Enercon E-101**). 20 turbiinia. Sunnitteluohjearvotaso on merkitty mustalla viivalla.

		Melualueille sijoittuvien asuinrakennusten lukumäärät		
ENERCON E-101		20 turbiinia		
Melutaso		Päiväaika	Päiväaika	Yöaika
min [dB]	max [dB]	Voimalat + louhos	Voimalat	Voimalat
35	36,5	21	25	26
36,5	40	50	46	16
40	41,5	9	3	0
41,5	45	8	0	0
45	50	1	0	0
50	55	0	0	0
55		0	0	0

Taulukko 10. Tuulivoimaloiden melulle altistuvien asuinrakennusten lukumäärä (Turbiinityyppi **Enercon E-101**). 31 turbiinia.

		Melualueille sijoittuvien asuinrakennusten lukumäärät		
ENERCON E-101		31 turbiinia		
Melutaso		Päiväaika	Päiväaika	Yöaika
min [dB]	max [dB]	Voimalat + louhos	Voimalat	Voimalat
35	36,5	25	26	18
36,5	40	52	47	5
40	41,5	10	7	0
41,5	45	10	1	0
45	50	1	0	0
50	55	0	0	0
55		0	0	0

Taulukko 11. Tuulivoimaloiden melulle altistuvien vapaa-ajan rakennusten lukumäärät (Turbiinityyppi **Enercon E-101**). 20 turbiinia.

		Melualueille sijoittuvien vapaa-ajan rakennusten lukumäärät		
ENERCON E-101		20 turbiinia		
Melutaso		Päiväaika	Päiväaika	Yöaika
min [dB]	max [dB]	Voimalat + louhos	Voimalat	Voimalat
35	36,5	21	7	5
36,5	40	28	17	0
40	41,5	4	0	0
41,5	45	5	0	0
45	50	2	0	0
50	55	0	0	0
55		0	0	0

Taulukko 12. Tuulivoimaloiden melulle altistuvien vapaa-ajan rakennusten lukumäärä (Turbiinityyppi **Enercon E-101**). 31 turbiinia.

		Melualueille sijoittuvien vapaa-ajan rakennusten lukumäärät		
ENERCON E-101		31 turbiinia		
Melutaso		Päiväaika	Päiväaika	Yöaika
min [dB]	max [dB]	Voimalat + louhos	Voimalat	Voimalat
35	36,5	21	9	7
36,5	40	31	21	0
40	41,5	3	0	0
41,5	45	6	0	0
45	50	2	0	0
50	55	0	0	0
55		0	0	0

Kun voimaloiden vaimennukset on optimoitu, suunnitteluohjearvot ylittävälle melualueille sijoittuu päiväaikana 1 asuinrakennus, joka sijaitsee louhoksen synnyttämän melun alueella. Lomarakennuksiin kohdistuvat päiväaikaisen melun 40 dB ylitykset johtuvat kaivos-toiminnan ja voimaloiden yhteisvaikutuksesta. Tuulivoimalat eivät yksinään aiheuta päiväaikaisen suunnitteluohjearvon 40 dB ylityksiä.

Yöaikana suunnitteluohjearvot ylittävälle alueelle sijoittuu joitakin lomarakennuksia. Näiden rakennusten tapauksessa ohjearvojen ylitys on tosin maksimissaan vain 1,5 dB. Kun virhemarginaali huomioidaan, on tulos suunnitteluohjearvon mukaisella tasolla. Yhden lomarakennuksen tapauksessa yöaikainen suunnitteluohjearvo ylittyy enemmän (Nordex, 20 turbiinia) rakennukseen kohdistuvan melutason jäädessä kuitenkin alle 40 dB:in.

4 Johtopäätökset

Nordanå-Lövbölen tuulivoimapuiston meluselvityksessä tavoitteena on ollut suunnitteluohjearvon mukaisten tasojen alittaminen. Melutarkastelujen perusteella yksi turbiinityyppi on jätetty pois (Siemens) ja tarkasteltuihin tuulivoimaloihin on lisätty vaimennuksia suunnitteluohjearvojen saavuttamiseksi. Tässä tapauksessa on hyvä muistaa, että tuulivoimalan vaimentaminen tarkoittaa käytännössä roottorin pyörimisnopeuden hidastamista eli sähköntuotannon vähentämistä.

Tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeen mukaiset melun ohjearvotasot ovat vaativia. Erityisesti loma-asumiseen käytettäville alueille asetettu yöaikaisen melun 35 dB keskiäänitason alittaminen edellyttää laajoja suojavyöhykkeitä tuulivoimaloiden ja loma-asutuksen välillä. Useissa tapauksissa tuulen synnyttämät luonnon äänet (puusto, muu kasvillisuus, veden äänet) voivat peittää tuulivoimaloiden aiheuttaman 30 – 40 dB tasoisien äänen.

Tuulen suunnan vaihtelu vaikuttaa oleellisesti tuulivoimalan aiheuttaman äänen leviämiseen, sillä tuulivoimalan aiheuttama melu leviää voimakkaimpina myötätuuleen tuulivoimalasta. Selvityksen tuloksia tarkasteltaessa tulee huomata, että laskennallisesti tarkastellut vyöhykkeet kuvaavat melutasoja juuri myötätuulitilanteissa eli olosuhteissa, joissa äänen vaimentuminen on mahdollisimman vähäistä. Tämän vuoksi laskennallisesti arvioitut tulokset eivät vastaa ajallisesti vallitsevaa tai keskimääräistä tilannetta vaan edustavat ”pahinta mahdollista tilannetta”.

Melulaskentaan perustuvan optimoinnin tuloksena suunniteltujen tuulivoimaloiden aiheuttama päiväaikainen melutaso on saatu rajoitettua 40 dB ($L_{Aeq\ 7-22}$) tasolle loma-asuinrakennusten kohdalla ja 45 dB ($L_{Aeq\ 7-22}$) tasolle asuinrakennusten kohdalla. Loma-asuinrakennuksiin kohdistuvat yöaikaiset melutasot ($L_{Aeq\ 22-7}$) on saatu suurimmaksi osaksi optimoitua 35 dB tasolle, kun tarkastelussa otetaan huomioon laskennallisen arvioinnin epävarmuus. Yöaikana 35 dB ($L_{Aeq\ 22-7}$) melutason arvioitiin ylittyvän lievästi yhden loma-asuinrakennuksen kohdalla.

Päiväaikana Sibelco Nordic Oy Ab:n louhos aiheuttaa tuulivoimaloille tarkoitettujen suunnitteluohjearvojen ylittävää melua. Laskennallisen arvioinnin perusteella louhoksen aiheuttama melu ei kuitenkaan ylitä Valtioneuvoston päätöksessä 993/1992 annettuja melun yleisiä ohjearvoja. Louhoksella ei ole toimintaa kesäisin ja talvikaudella yöaikana.

5 Viitteet

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, *Lausunto ympäristövaikutusten arviointiohjelmasta, Kemiönsaaren Nordanå-Lövbölen tuulivoimapuisto*, 26.1.2012, diaarinumero VA-RELY/22/07.04/2011

Standard ISO 9613-2 Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors, part 2: General method of calculation.

Valtioneuvoston päätös 993/1992.

Sosiaali- ja terveysministeriö 2003: Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät - Sosiaali- ja terveysministeriön oppaata 2003:1. Helsinki 2003.

Ympäristöministeriö 2012: Tuulivoimarakentamisen suunnittelu - Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012.

Helsinki 12.9.2012

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Jukka" followed by a stylized flourish.

WSP Finland Oy

Tampere 12.9.2012

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Mika Nieminen" followed by a stylized flourish.

WSP Finland Oy

Turbine nr	Critical wind direction (°)	VE 1 NORDEX 29 turbines in total HH141		VE 2 NORDEX 20 turbines in total HH141	
	(-> means when the reduction will be turned on)	5 turbines reduced		0 turbines reduced	
		22 turbines reduced (NIGHT)	(DAY, STONE CRUSHER ON)	9 turbines reduced (NIGHT)	(DAY, STONE CRUSHER ON)
		Level of reduction		Level of reduction	
A01		0	0	0	0
A02	315-0	6	0	6	0
A03	315-45	6	0	6	0
A04	180-225, 0-330	6	0		
A05	25-65, 300-330	6	0		
A06	180-225, 300-330				
A07	300-330, 25-65	6	0	0	0
A08	215-225	6	0	0	0
A09	0-65	6	0	0	0
A10	225-300	6	0	6	0
A11	200-250	6	0		
A12	0-65	6	0	1	0
A13	215-235, 25-65	6	0	0	0
A15	135-150, 25-45	6	0	0	0
A16	330-25, 215-235	2	0	0	0
A17	300-330	0	0		
A18	90-135, 225-270	0	0		
A20	100-135	6	0	1	0
A21	215-235	6	3	6	0
A22					
A23	315-25	6	0		
A24	0-25	6	0		
A25	0-270	0	0	0	0
A26	150-200	0	0	0	0
A27	125-150, 215-235	6	0	2	0
A28	215-235, 270-315	6	6		
A29	150-215, 300-330				
A30	215-235	0	0	0	0
A31	215-235, 315-25, 100-135	6	6		
A32	135-180	0	0	0	0
A33	180-225	6	0	2	0
A34	215-225	6	0	6	0

Turbine nr	Critical wind direction (°)	VE 1 ENERCON 31 turbines in total		VE 2 ENERCON 20 turbines in total	
	(-> means when the reduction will be turned on)	27 turbines reduced (NIGHT)	10 turbines reduced (DAY, STONE CRUSHER ON)	10 turbines reduced (NIGHT)	2 turbines reduced (DAY, STONE CRUSHER ON)
		Level of reduction		Level of reduction	
A01		0	0	0	0
A02	315-0	2	0	5	0
A03	315-45	5	0	5	0
A04	180-225, 0-330	5	5		
A05	25-65, 300-330	5	5		
A06	180-225, 300-330	5	1		
A07	300-330, 25-65	5	0	0	0
A08	215-225	3	0	0	0
A09	0-65	5	0	0	0
A10	225-300	5	0	5	0
A11	200-250	5	0		
A12	0-65	3	0	3	0
A13	215-235, 25-65	5	0	0	0
A15	135-150, 25-45	5	0	5	0
A16	330-25, 215-235	3	0	0	0
A17	(E101) 300-330	5	0		
A18	90-135, 225-270	0	0		
A20	100-135	5	0	2	0
A21	215-235	5	0	3	4
A22					
A23	315-25	4	3		
A24	0-25	5	0		
A25	0-270	0	0	0	0
A26	150-200	2	0	0	0
A27	125-150, 215-235	5	3	3	0
A28	215-235, 270-315	5	5		
A29	150-215, 300-330	5	5		
A30	215-235	5	0	0	0
A31	215-235, 315-25, 100-135	5	5		
A32	135-180	0	0	0	0
A33	180-225	5	5	5	0
A34	215-225	3	2	5	2

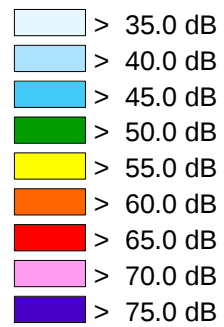
NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Nordex N117 / 2400
LWA = 105 dB
Hub height = 141m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 20

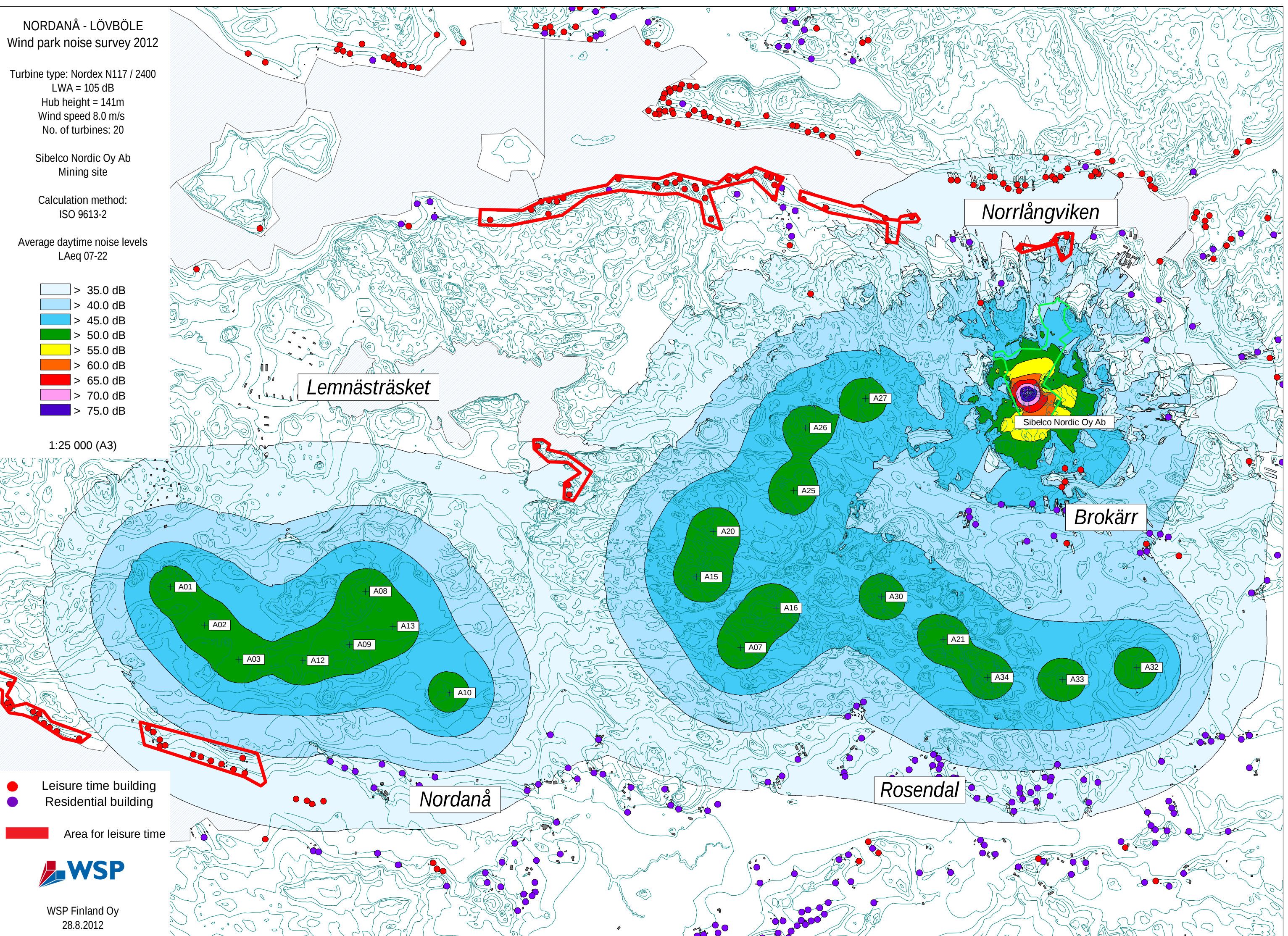
Sibelco Nordic Oy Ab
Mining site

Calculation method:
ISO 9613-2

Average daytime noise levels
LAeq 07-22



1:25 000 (A3)



- Leisure time building
- Residential building
- Area for leisure time



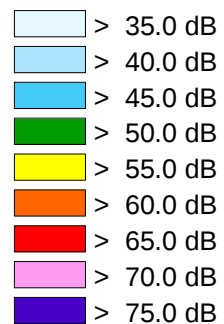
WSP Finland Oy
28.8.2012

NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

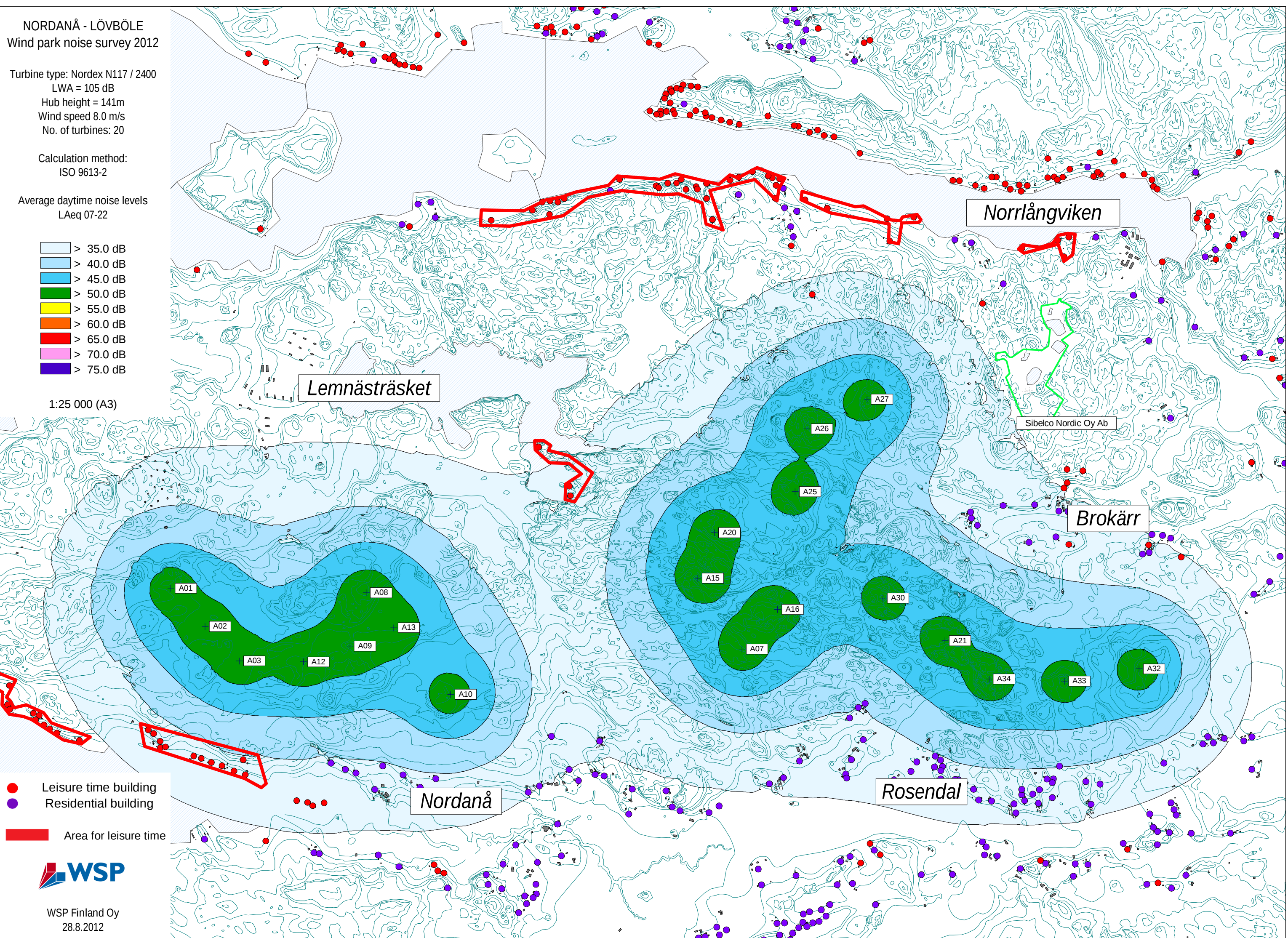
Turbine type: Nordex N117 / 2400
LWA = 105 dB
Hub height = 141m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 20

Calculation method:
ISO 9613-2

Average daytime noise levels
LAeq 07-22



1:25 000 (A3)



- Leisure time building
- Residential building
- Area for leisure time



WSP Finland Oy
28.8.2012

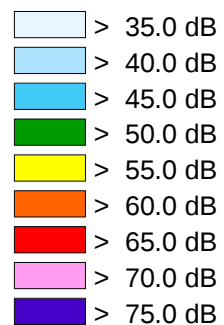
NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Nordex N117 / 2400
LWA = 105 dB
Hub height = 141m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 20

Sibelco Nordic Oy Ab
Mining site

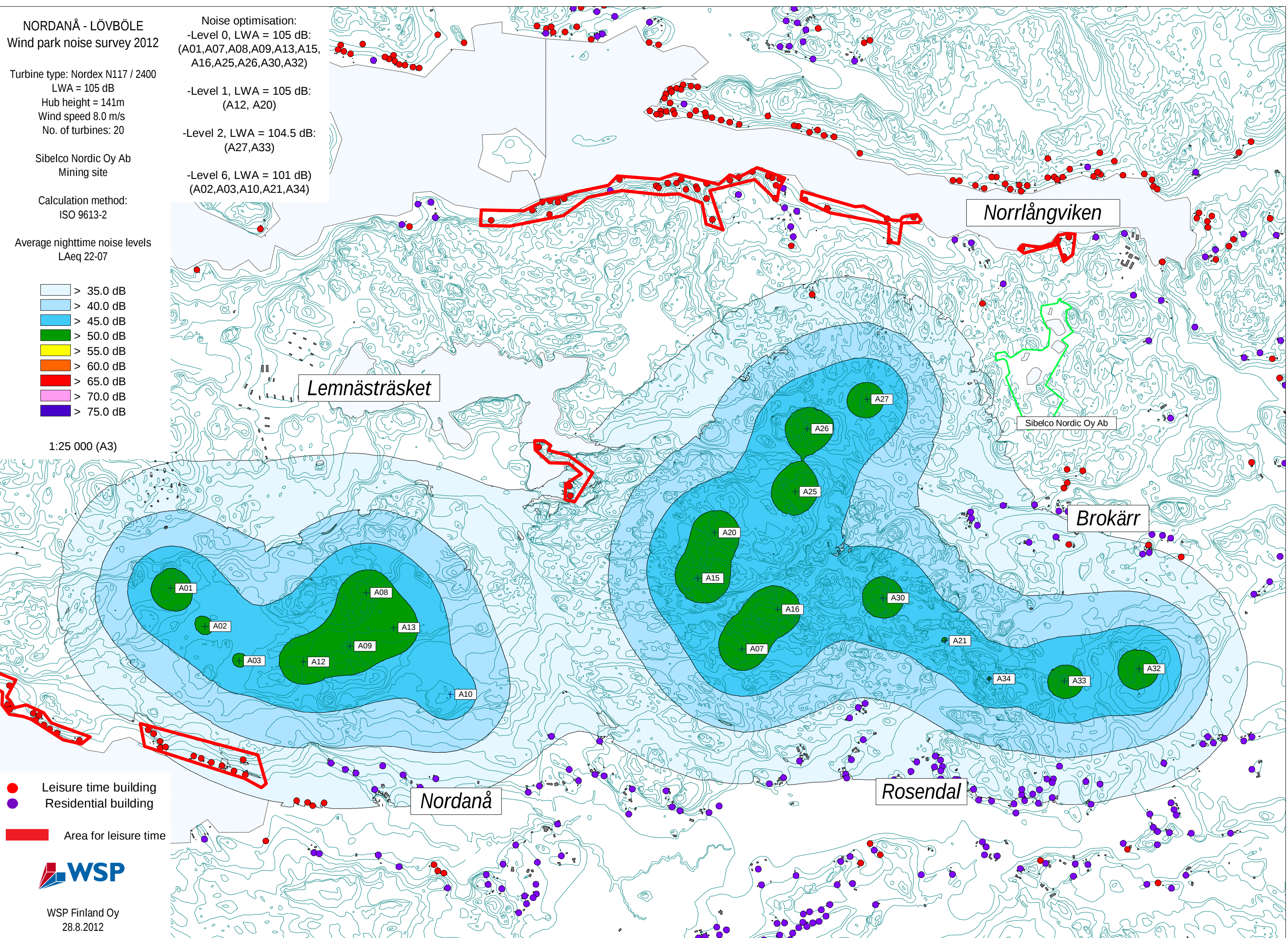
Calculation method:
ISO 9613-2

Average nighttime noise levels
LAeq 22-07



1:25 000 (A3)

Noise optimisation:
-Level 0, LWA = 105 dB:
(A01,A07,A08,A09,A13,A15,
A16,A25,A26,A30,A32)
-Level 1, LWA = 105 dB:
(A12, A20)
-Level 2, LWA = 104.5 dB:
(A27,A33)
-Level 6, LWA = 101 dB)
(A02,A03,A10,A21,A34)



- Leisure time building
- Residential building
- Area for leisure time



WSP Finland Oy
28.8.2012

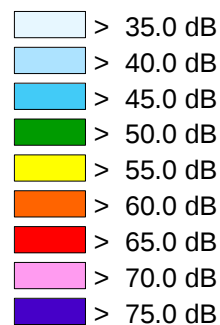
NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Nordex N117 / 2400
LWA = 105 dB
Hub height = 141m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 29

Sibelco Nordic Oy Ab
Mining site

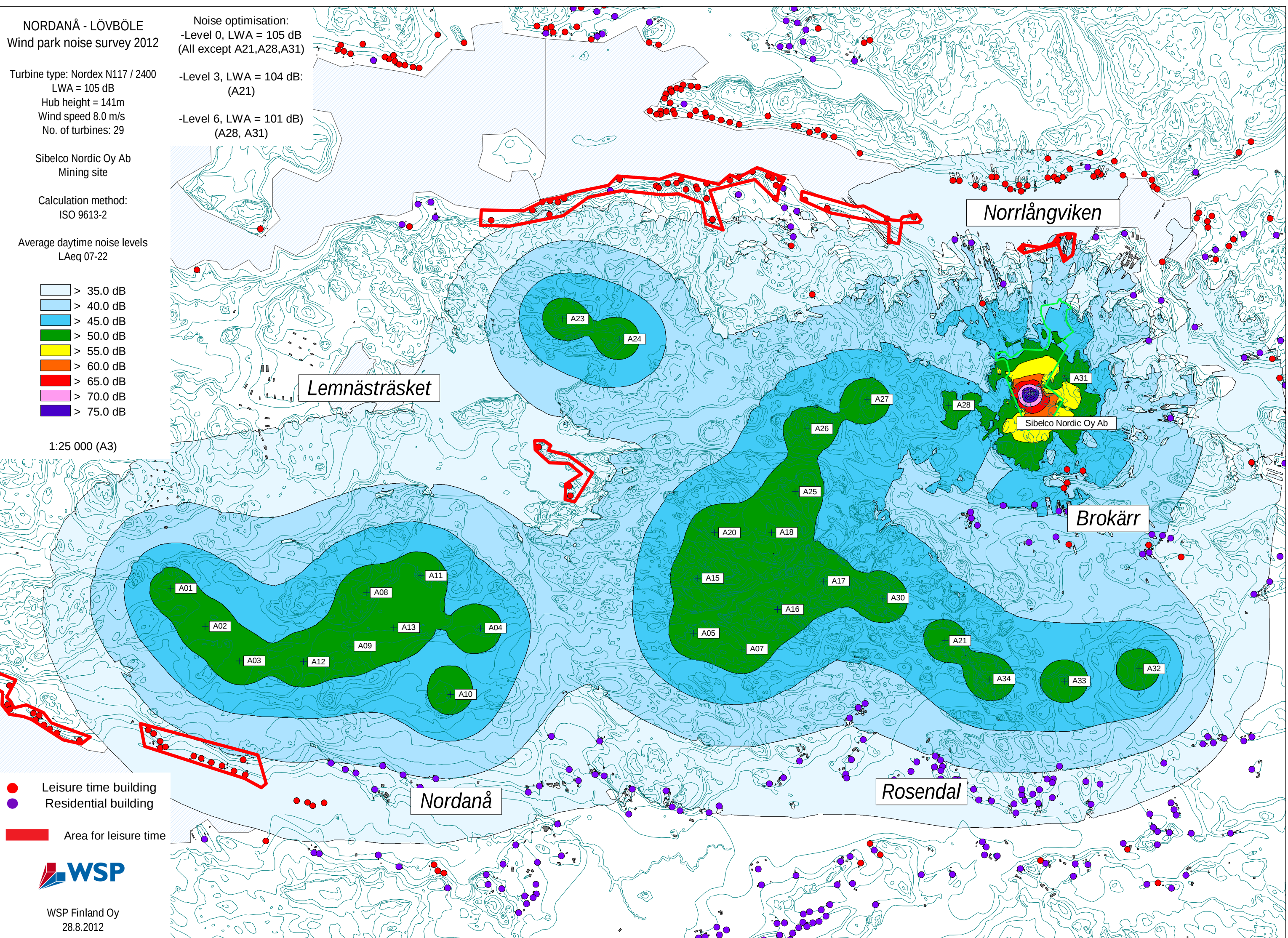
Calculation method:
ISO 9613-2

Average daytime noise levels
LAeq 07-22



1:25 000 (A3)

Noise optimisation:
-Level 0, LWA = 105 dB
(All except A21,A28,A31)
-Level 3, LWA = 104 dB:
(A21)
-Level 6, LWA = 101 dB:
(A28, A31)



- Leisure time building
- Residential building
- Area for leisure time



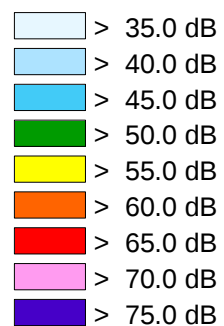
WSP Finland Oy
28.8.2012

NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Nordex N117 / 2400
LWA = 105 dB
Hub height = 141m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 29

Calculation method:
ISO 9613-2

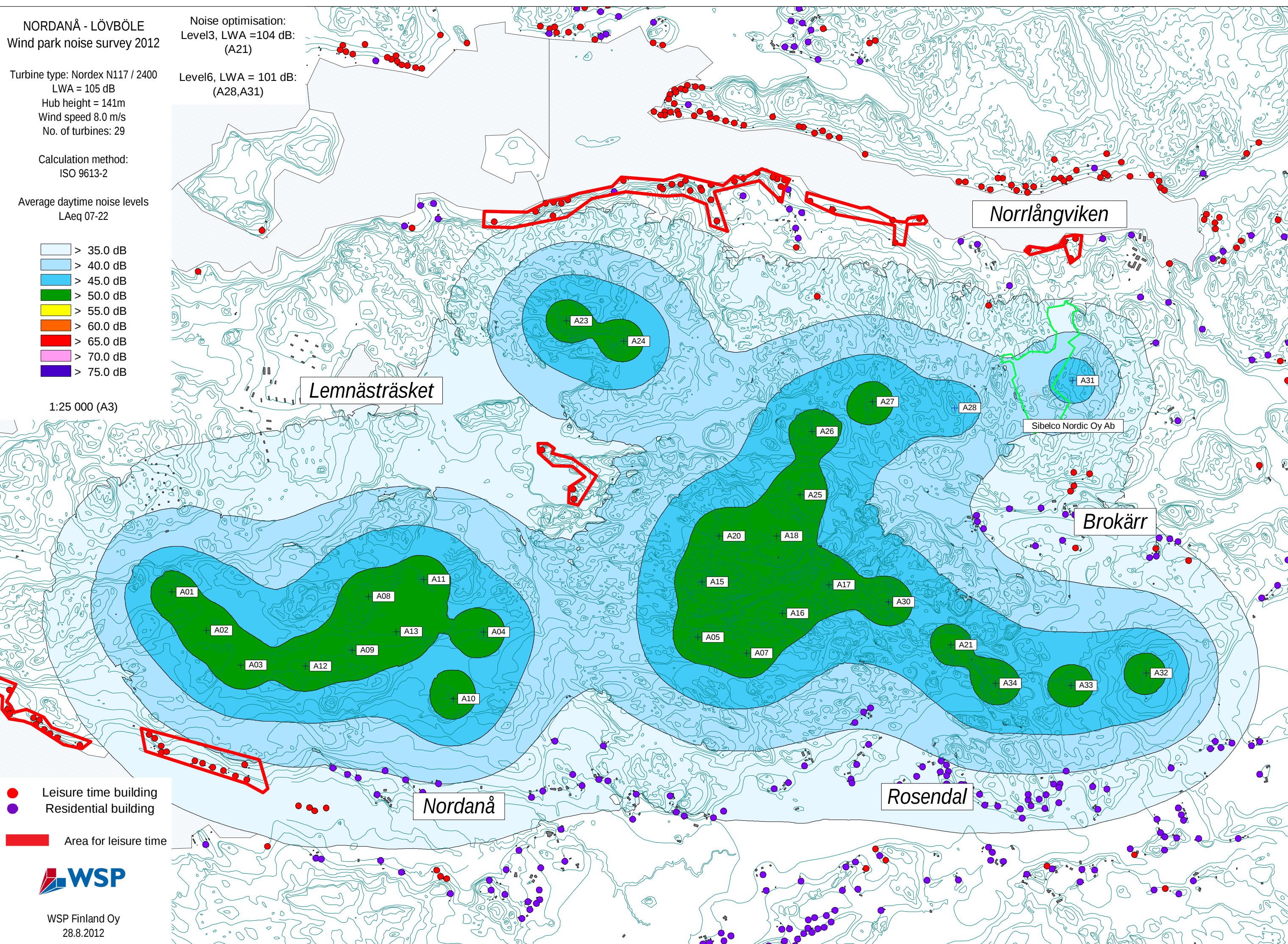
Average daytime noise levels
LAeq 07-22



1:25 000 (A3)

Noise optimisation:
Level3, LWA =104 dB:
(A21)

Level6, LWA = 101 dB:
(A28,A31)



- Leisure time building
- Residential building
- Area for leisure time



WSP Finland Oy
28.8.2012

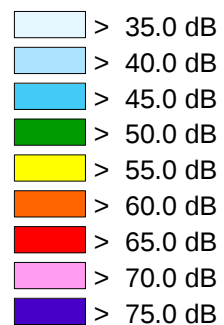
NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Nordex N117 / 2400
LWA = 105 dB
Hub height = 141m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 29

Sibelco Nordic Oy Ab
Mining site

Calculation method:
ISO 9613-2

Average night time noise levels
LAeq 22-07

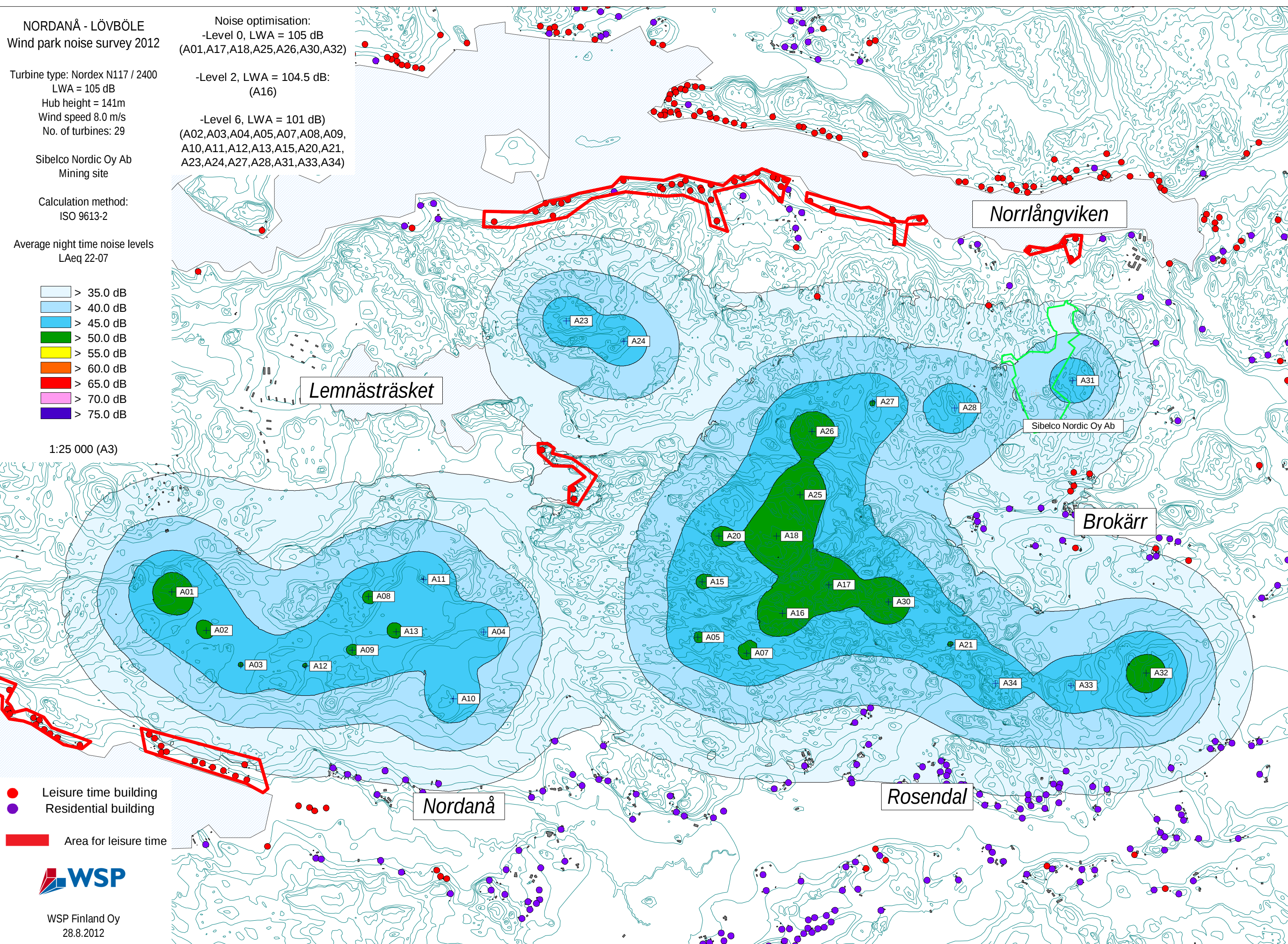


1:25 000 (A3)

Noise optimisation:
-Level 0, LWA = 105 dB
(A01,A17,A18,A25,A26,A30,A32)

-Level 2, LWA = 104.5 dB:
(A16)

-Level 6, LWA = 101 dB)
(A02,A03,A04,A05,A07,A08,A09,
A10,A11,A12,A13,A15,A20,A21,
A23,A24,A27,A28,A31,A33,A34)



WSP Finland Oy
28.8.2012

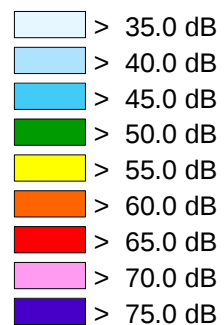
NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Enercon E-101
LWA = 106 dB
Hub height = 135.40m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 20

Sibelco Nordic Oy Ab
Mining site

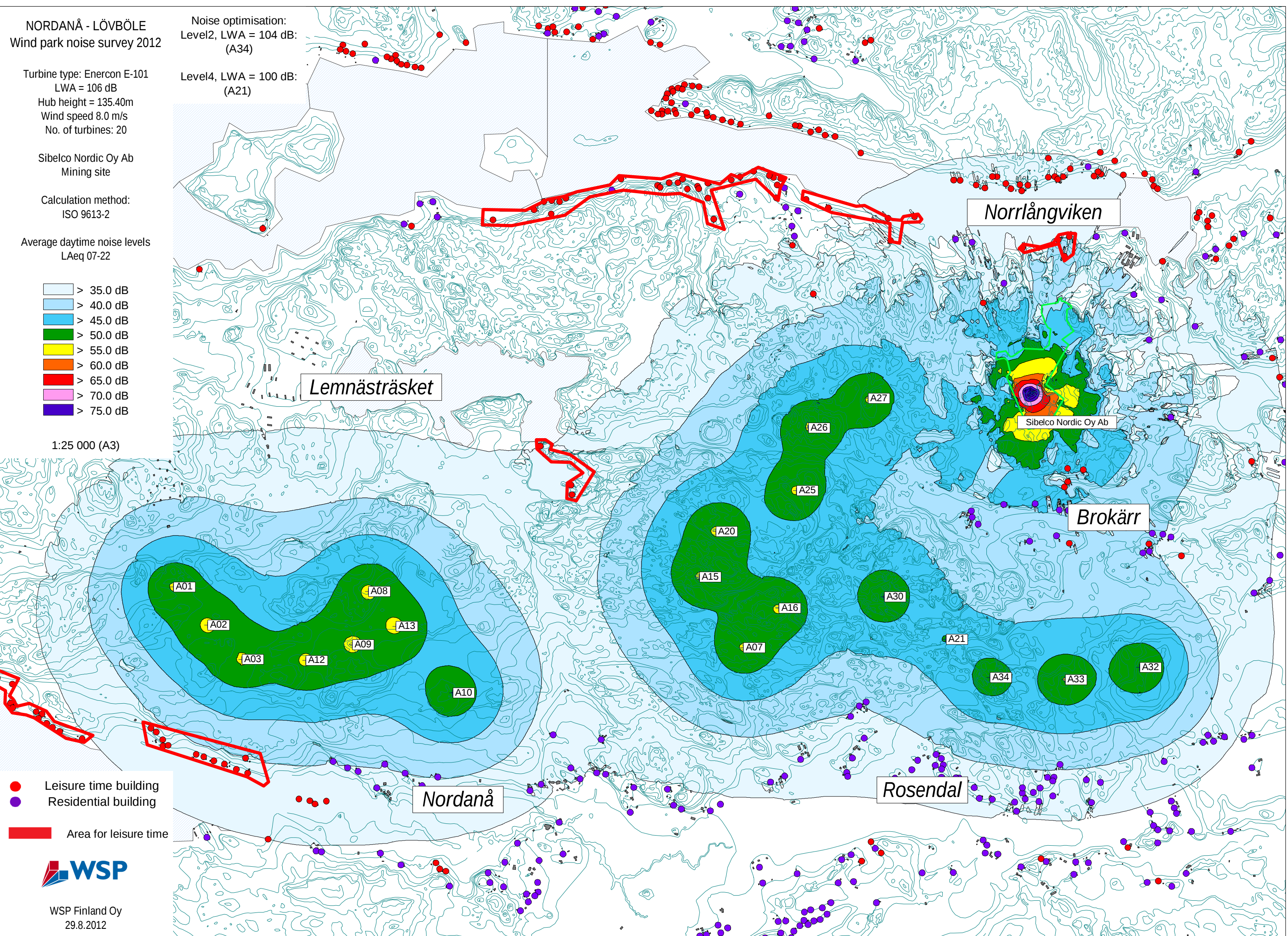
Calculation method:
ISO 9613-2

Average daytime noise levels
LAeq 07-22



1:25 000 (A3)

Noise optimisation:
Level2, LWA = 104 dB:
(A34)
Level4, LWA = 100 dB:
(A21)



- Leisure time building
- Residential building
- Area for leisure time

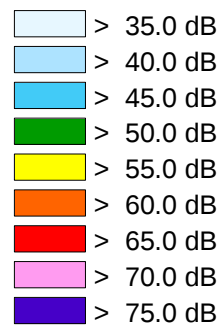


NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Enercon E-101
LWA = 106 dB
Hub height = 135.40m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 20

Calculation method:
ISO 9613-2

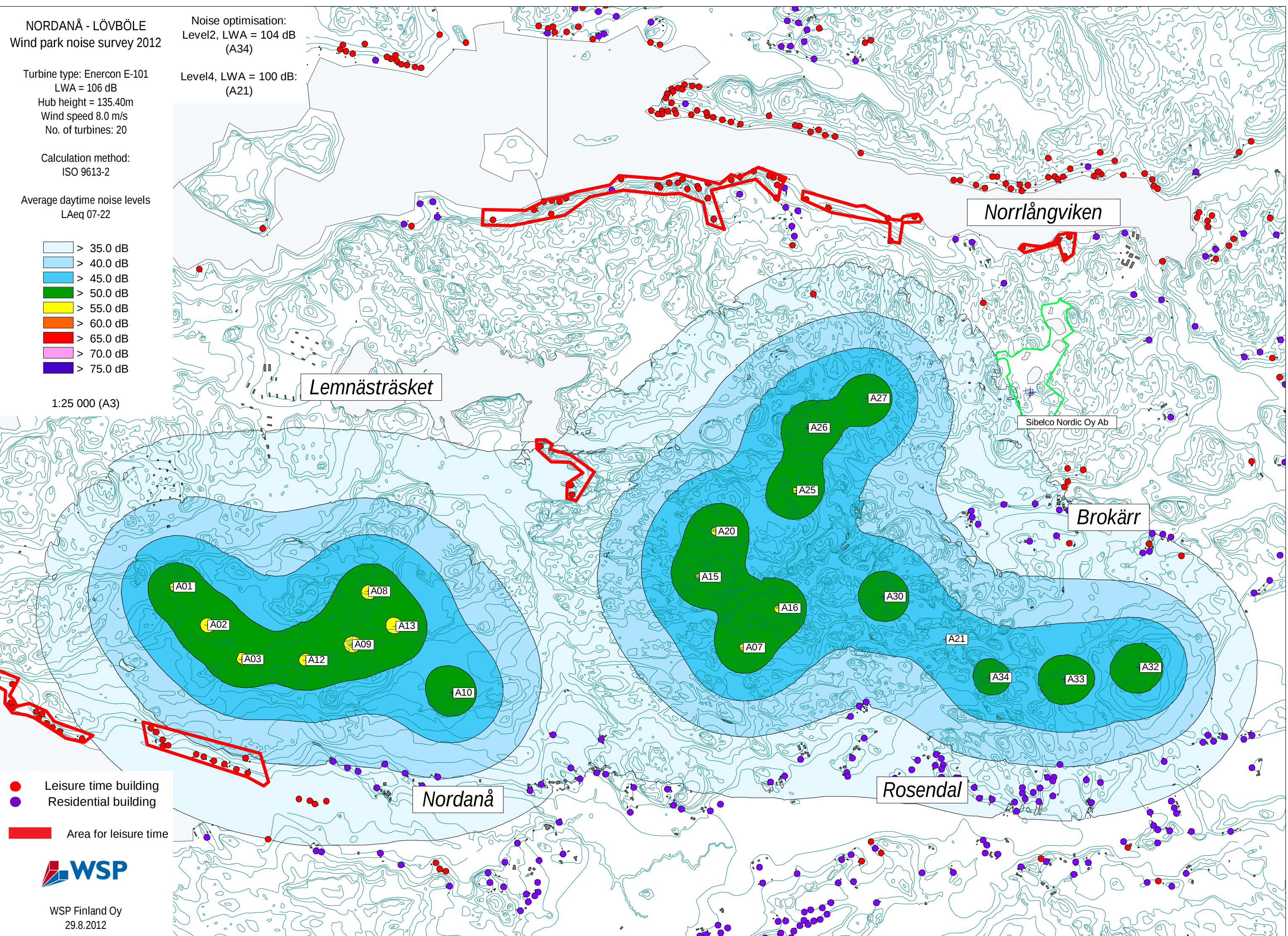
Average daytime noise levels
LAeq 07-22



1:25 000 (A3)

Noise optimisation:
Level2, LWA = 104 dB
(A34)

Level4, LWA = 100 dB:
(A21)



- Leisure time building
- Residential building
- Area for leisure time



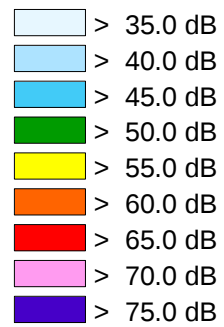
NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Enercon E-101
LWA = 106 dB
Hub height = 135.40m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 20

Sibelco Nordic Oy Ab
Mining site

Calculation method:
ISO 9613-2

Average night time noise levels
LAeq 22-07

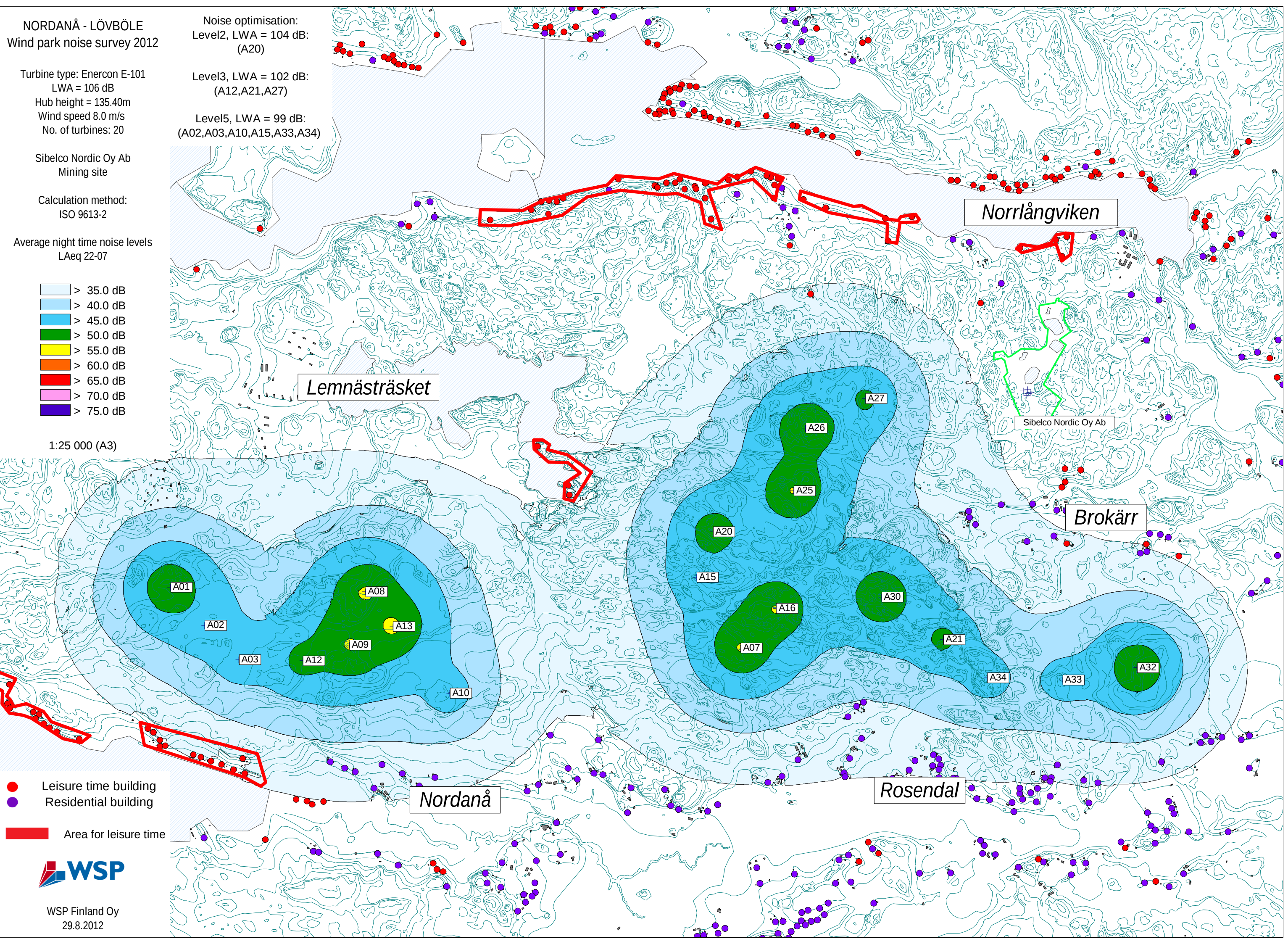


1:25 000 (A3)

Noise optimisation:
Level2, LWA = 104 dB:
(A20)

Level3, LWA = 102 dB:
(A12,A21,A27)

Level5, LWA = 99 dB:
(A02,A03,A10,A15,A33,A34)



- Leisure time building
- Residential building
- Area for leisure time



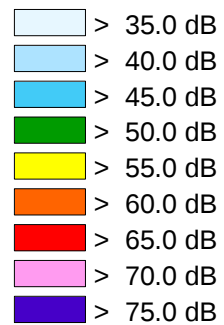
NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Enercon E-101
LWA = 106 dB
Hub height = 135.40m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 31

Sibelco Nordic Oy Ab
Mining site

Calculation method:
ISO 9613-2

Average daytime noise levels
LAeq 07-22



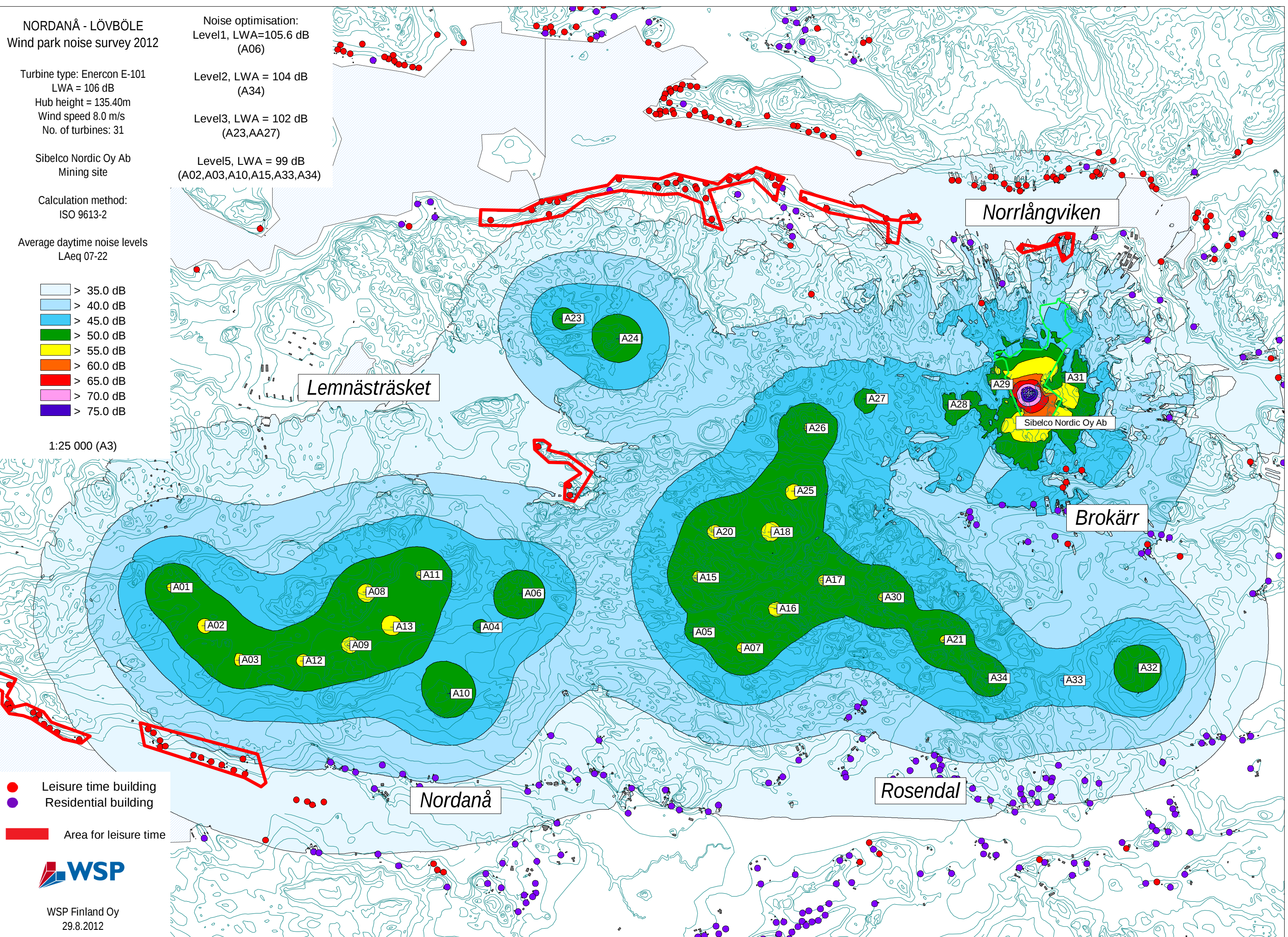
1:25 000 (A3)

Noise optimisation:
Level1, LWA=105.6 dB
(A06)

Level2, LWA = 104 dB
(A34)

Level3, LWA = 102 dB
(A23,AA27)

Level5, LWA = 99 dB
(A02,A03,A10,A15,A33,A34)



- Leisure time building
- Residential building
- Area for leisure time

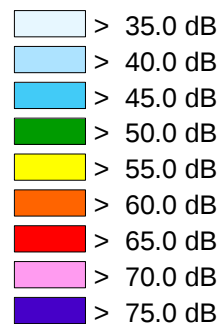


NORDANÅ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Enercon E-101
LWA = 106 dB
Hub height = 135.40m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 31

Calculation method:
ISO 9613-2

Average daytime noise levels
LAeq 07-22



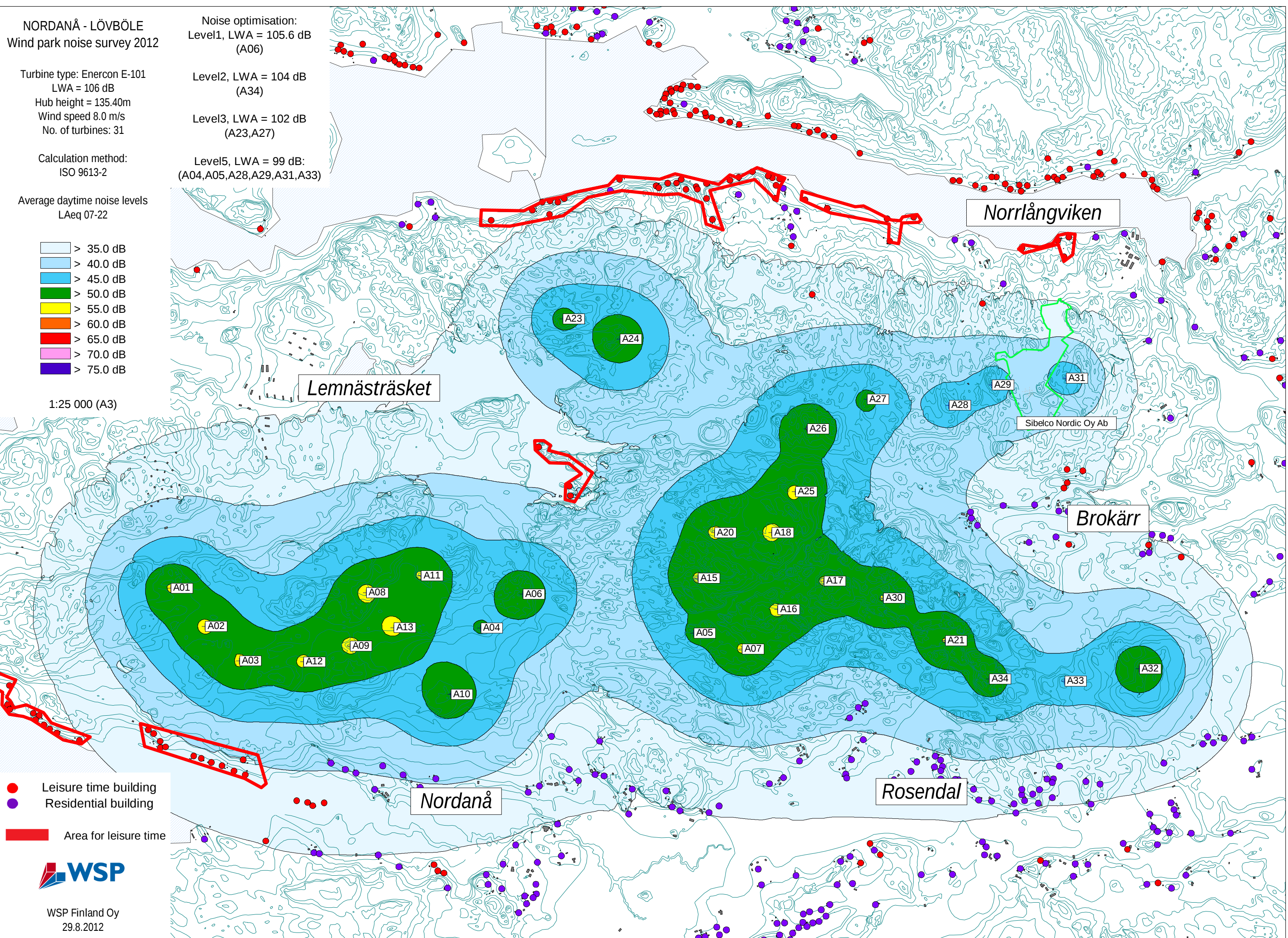
1:25 000 (A3)

Noise optimisation:
Level1, LWA = 105.6 dB
(A06)

Level2, LWA = 104 dB
(A34)

Level3, LWA = 102 dB
(A23,A27)

Level5, LWA = 99 dB:
(A04,A05,A28,A29,A31,A33)



- Leisure time building
- Residential building
- Area for leisure time



NORDANÄ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Turbine type: Enercon E-101
LWA = 106 dB
Hub height = 135.40m
Wind speed 8.0 m/s
No. of turbines: 31

Sibelco Nordic Oy Ab
Mining site

Calculation method:
ISO 9613-2

Average night time noise levels
LAeq 22-07



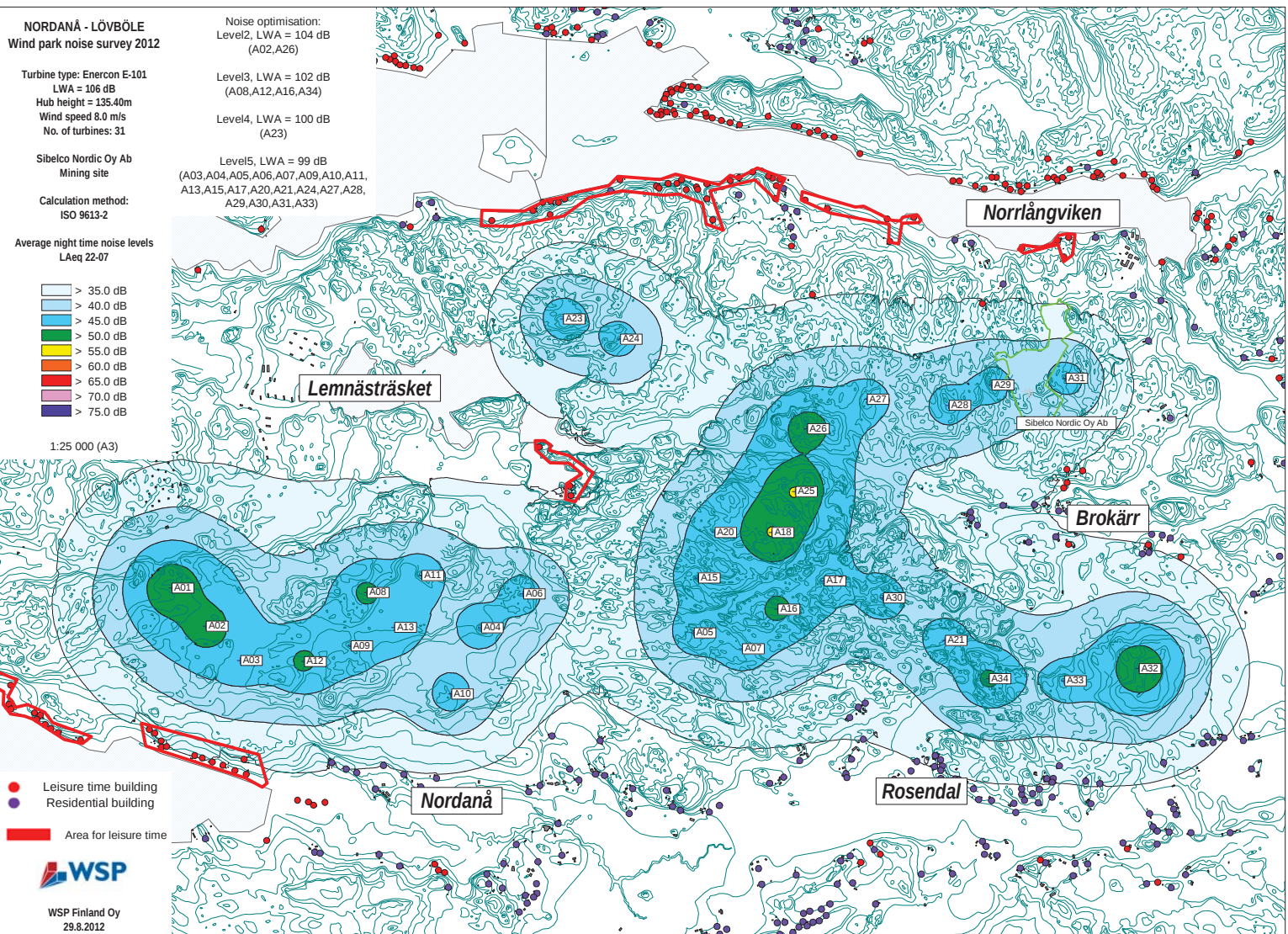
1:25 000 (A3)

Noise optimisation:
Level2, LWA = 104 dB
(A02, A26)

Level3, LWA = 102 dB
(A08, A12, A16, A34)

Level4, LWA = 100 dB
(A23)

Level5, LWA = 99 dB
(A03, A04, A05, A06, A07, A09, A10, A11,
A13, A15, A17, A20, A21, A24, A27, A28,
A29, A30, A31, A33)



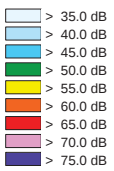
WSP Finland Oy
29.8.2012

NORDANÄ - LÖVBÖLE
Wind park noise survey 2012

Sibelco Nordic Oy Ab
Mining site

Calculation method:
ISO 9613-2

Average daytime noise levels
LAeq 07-22



1:25 000 (A3)

