

BERÄKNING AV BULLER FRÅN SPÅRTRAFIK

Jämförelse mellan Nord2000 och Nord96 spår

SAMMANFATTNING

Nord2000 rekommenderas för beräkning av buller från spårtrafik från den 1 januari 2025. Eftersom samma ljudmått och riktvärden används som före övergången gäller fortsatt också samma referensförsättningar som med Nord96 spår. Exempelvis används inte verkligt väder som indata utan Nord2000 simulerar det fasta väder som är inbyggt i Nord96 spår (referensvädret).

Analysen i denna rapport utgör ett kompletterande underlag angående vilken vindhastighet som bör ingå i referensvädret för spårbullerberäkningar med Nord2000.

Andreas Gustafson, VTI
Anders Genell, VTI

2024-12-20

Förord

Utredningen har gjorts inom projektet Kunskapscentrum om buller. Projektet leds av VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut på uppdrag av Naturvårdsverket, Trafikverket och Transportstyrelsen.

Göteborg, 20 december 2024

Andreas Gustafson, VTI

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	3
2	Beräknade fall.....	3
2.1	Typfall rak järnväg med och utan skärm	4
2.2	Fyra verkliga områden.....	5
2.3	Jämförelse källmodeller	7
2.4	Beräkningsinställningar	8
2.4.1	Beräkningspunkter, avsökningsalgoritm och interpolering	8
2.4.2	Väder	8
2.4.3	Övrigt.....	8
3	Resultat.....	9
3.1	Typfall rak järnväg med/utan skärm	9
3.2	Fyra verkliga områden.....	11
3.3	Jämförelse källmodeller	13
4	Diskussion.....	14
5	Slutsatser och rekommendation	15
6	Referenser	16
Bilaga 1.	Grafisk redovisning av beräkningsresultat	17
B1.1.	Typfall rak järnväg (ekvivalentnivå).....	17
B1.2.	Brämaregården, ekvivalentnivå	26
B1.3.	Brämaregården, maximalnivå	28
B1.4.	Lerum, centrum, ekvivalentnivå.....	30
B1.5.	Lerum, centrum, maximalnivå.....	33
B1.6.	Lerum, villaområde, ekvivalentnivå	36
B1.7.	Lerum, villaområde, maximalnivå	39
B1.8.	Västerås, ekvivalentnivå.....	42
B1.9.	Västerås, maximalnivå.....	45
B1.10.	Jämförelse källmodeller	48

1 Bakgrund

Från den 1 januari 2025 rekommenderas Nord2000 för beräkning av buller från spårtrafik [1]. Ljudmått och riktvärden ändras inte och därför tillämpas samma referensförutsättningar som i utredningar gjorda med Nord96 [2]. Vad gäller väder görs detta bland annat genom att välja samma refraktion (krökning av ljudbanor) i Nord2000 som är inbyggt i Nord96 [3].

Man behöver då ta hänsyn till att Nord96 väg och Nord96 spår är två olika beräkningsmetoder. De har egentligen andra namn var för sig men brukar för enkelhets skull refereras till som Nord96 [4][5]. Deras respektive utbredningsmodeller räknar båda med en svagt gynnsam ljudutbredning i alla riktningar, men de använder inte exakt samma refraktion. En beskrivning av hur vädret i Nord96 väg simuleras med Nord2000 publicerades i Nord2000 Road-projektet [6].

Vad gäller Nord96 spår ger metodens rapport ingen detaljerad information om vilket väder som simuleras, men eftersom den är baserad på den nordiska beräkningsmetoden General Prediction Method kan man utgå från att det svarar mot ett medvindfall i alla riktningar med vindhastighet 3 m/s på 10 m höjd över marken [7]. Det är också det värde som har rekommenderats för att simulera vädret i Nord96 spår med Nord2000 [8][9][10].

I samband med arbetet att ta fram en användarhandledning för svenska Nord2000-beräkningar restes ändå frågan om det skulle vara bättre att till exempel använda samma väderinställningar för Nord96 spår som för Nord96 väg, för vilken vindhastigheten 1,5 m/s på 10 m höjd över marken ska användas. Det är med anledning av detta som analysen i denna rapport har genomförts. Analysen utgör ett kompletterande underlag för referensförutsättningarna till spårbullerberäkningar.

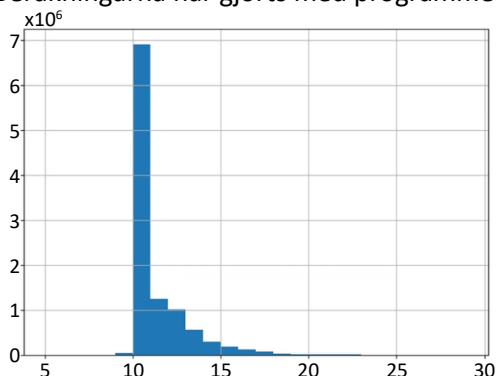
2 Beräknade fall

Efter inledande tester valdes fyra vindhastigheter ut för analysen: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s vid 10 m över marken. Ljudnivåer beräknades som A-vägd dygnsekvivalent respektive maximal ljudnivå (L_{Aeq24h} och L_{AFmax}). Bullerkonturer beräknades på höjderna $h_r = 2$ m, 5 m och 8 m över mark vilket approximativt motsvarar första, andra och tredje våningsplan, alltså där de flesta bor, se Figur 1. Emissionsdata för de använda tågtyperna hämtades från [5][11][12][13].

Jämförelser av resultat beräknade med Nord96 spår och Nord2000 utfördes först i en enkel modell med rak järnväg på platt mark, med och utan bullerskärm. Baserat på utfallet från de beräkningarna valdes sedan fyra representativa verkliga områden ut – stadsdelen Brämaregården i Göteborg, ett centralt område i Lerum, ett villaområde i Lerum, samt ett glesbygdsområde i Västerås kommun.

Därutöver gjordes en jämförelse mellan metodernas källmodeller, som visserligen liknar varandra men som inte är identiska. Beräkningshöjd var $h_r = 2$ m och vindhastigheterna 1,5 m/s och 3 m/s.

Beräkningarna har gjorts med programmet SoundPLAN [14].

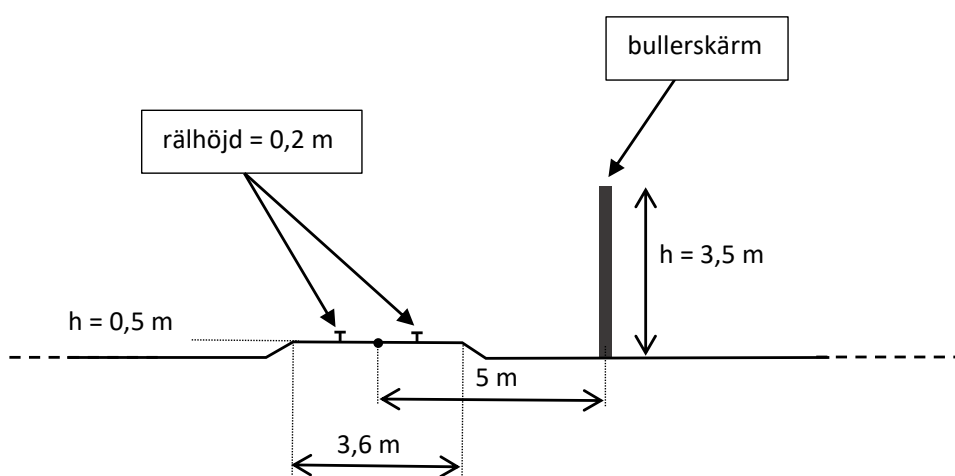


Figur 1. Statistik över de två första siffrorna i svenska invånarens lägenhetsnummer, vilka anger bostadens våningsplan (källa SCB 2024). Entréplan motsvarar 10. Personer utan lägenhetsnummer (t ex boende i enskild villa) har sorterats till 10.

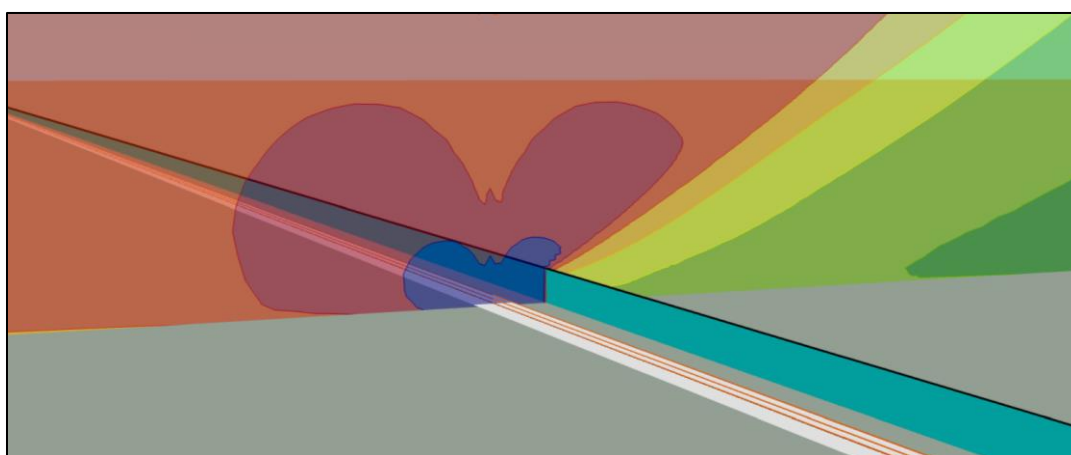
2.1 Typfall rak järnväg med och utan skärm

För fallet med rak järnväg på platt mark beräknades ekvivalent ljudnivå på avstånd upp till 300 m från järnvägen. Beräkningar gjordes för banvallshöjderna 0 m, 0,5 m och 2 m, och för mjuk respektive hård mark, i en modell med geometri enligt i Figur 2–Figur 3. Ena sidan av järnvägen hade ingen bullerskärm medan den andra sidan var försedd med en bullerskärm med konstant höjd längs med hela järnvägen.

Sammanlagt beräknades 90 oskärmade och 90 skärmade beräkningsfall. Beräkningarna gjordes utan reflexer för att ljudutbredningen på järnvägens oskärmade sida inte skulle påverkas av bullerskärmen. Vid testerna med hård mark modellerades banvallen som mjuk. I beräkningarna med Nord2000 modellerades mjuk och hård mark med impedansklass D och G. Bullerskärmen var placerad 5 m från spårmittpunkt och höjden var 3 m relativt banvallens topp i samtliga beräkningsfall. Beräkningarna använde samma trafikdata enligt Tabell 1 för både Nord2000 och Nord96.



Figur 2. Geometri (vertikalt tvärsnitt) för testfallen med rak järnväg och bullerskärm på platt mark (ej skalenligt) med oskärmad ljudutbredning åt vänster och skärmad ljudutbredning åt höger. Bilden visar geometri för testfallet med en 0,5 m hög banvall. Bullerskärmen är placerad 5 m från spårmittpunkt, med skärmtoppen 3 m över banvallens topp vilket i detta fall med den 0,5 m höga banvallen motsvarar att skärmen är 3,5 m hög relativt marken.



Figur 3. Rak järnväg på platt mark med en skärm på ena sidan. Här med ett exempel på vertikala bullerkonturer beräknade med Nord2000 för mjuk mark och banvallshöjd = 0 m för medvindsfallet 3 m/s vid 10 m över marken.

Tågtyp	Antal tåg per dygn	Medellängd (m)	Hastighet (km/h)
Godståg (ellok)	5	500	100
X2	10	164,2	200

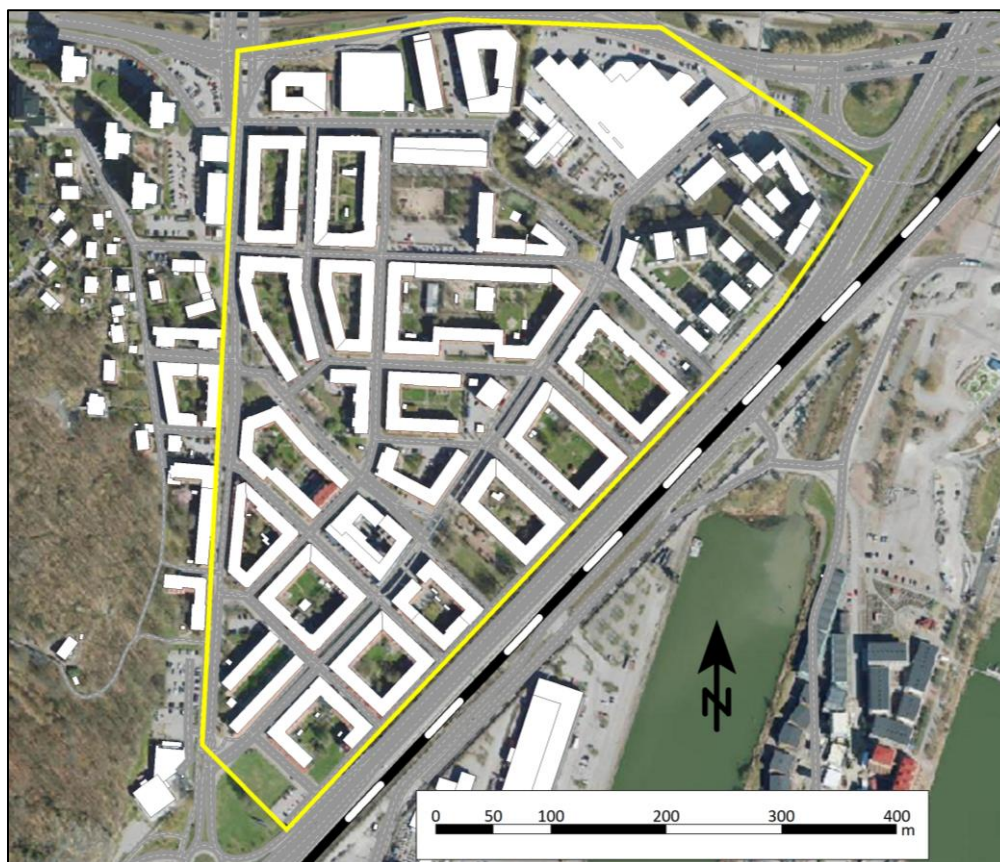
Tabell 1. Trafikdata som användes för beräkningarna i typfallen med rak järnväg på platt mark.

2.2 Fyra verkliga områden

Terrängmodeller baserades på Laserdata (Brämaregården och Lerum) respektive Grid 2+ (Västerås). Byggnader, skärmar¹, vägar och järnväg hämtades från Baskarta eller Fastighetskarta samt NVDB. Ortofoto och Fastighetskartans ytskikt för markslag användes för att definiera markabsorption och markimpedans [3][15]. Beräkningarna använde samma (fiktiva) trafikdata enligt Tabell 2 för både Nord2000 och Nord96. Maximalnivå beräknades för godståg med maxlängd. De fyra beräknade områdena redovisas i Figur 4–Figur 6. Sammanlagt 60 olika fall beräknades.

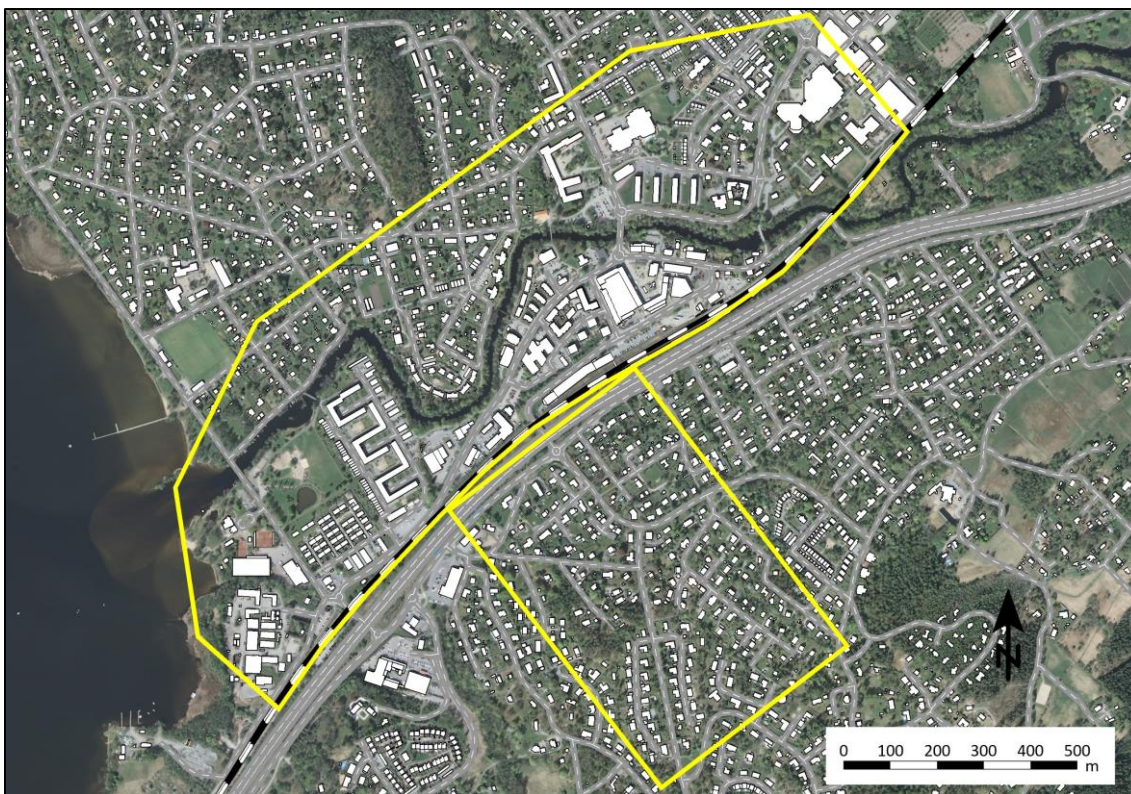
Tågtyp	Antal tåg per dygn	Medellängd (m)	Maxlängd (m)	Hastighet (km/h)
Godståg (ellok)	19,4	576	750	90
X40	7,1	163	163	200
X2	15,9	167,5	167,5	200
X60	48,1	74,3	74,3	180

Tabell 2. Trafikdata som användes för beräkningarna i Brämaregården, Lerum och Västerås. I Lerum var dock hastigheten begränsad till 135 km/h.

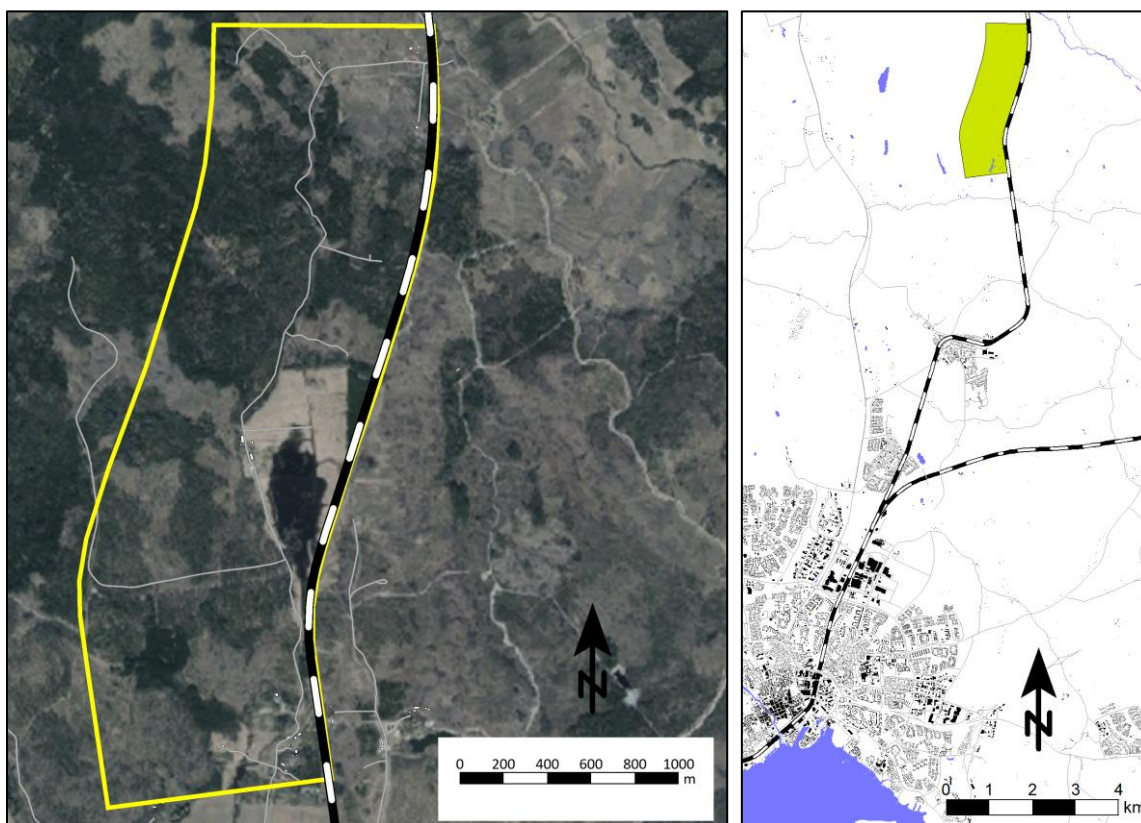


Figur 4. Brämaregården i Göteborg. Det beräknade området är 24 Ha (inringat med gul linje). Hela modellen är drygt 2 km².

¹ Skärmen på den norra sidan av järnvägen i Lerum samt skärmen utmed Lundbyleden utelämnades.



Figur 5. Lerums centrala delar. De två områden som beräknades är inringade med gula linjer. Området norr om järnvägen är 95 Ha och omfattar den i huvudsak lågbyggda centrumdelen som refereras till som centrum i resultaten. Området söder om järnvägen är 37 Ha, består av typisk villabebyggelse och refereras till som villaområde i resultaten. Modellen inkluderade en skärm mellan motorvägen och villaområdet, men ingen skärm mellan järnvägen och centrum. Hela modellen är 33 km².



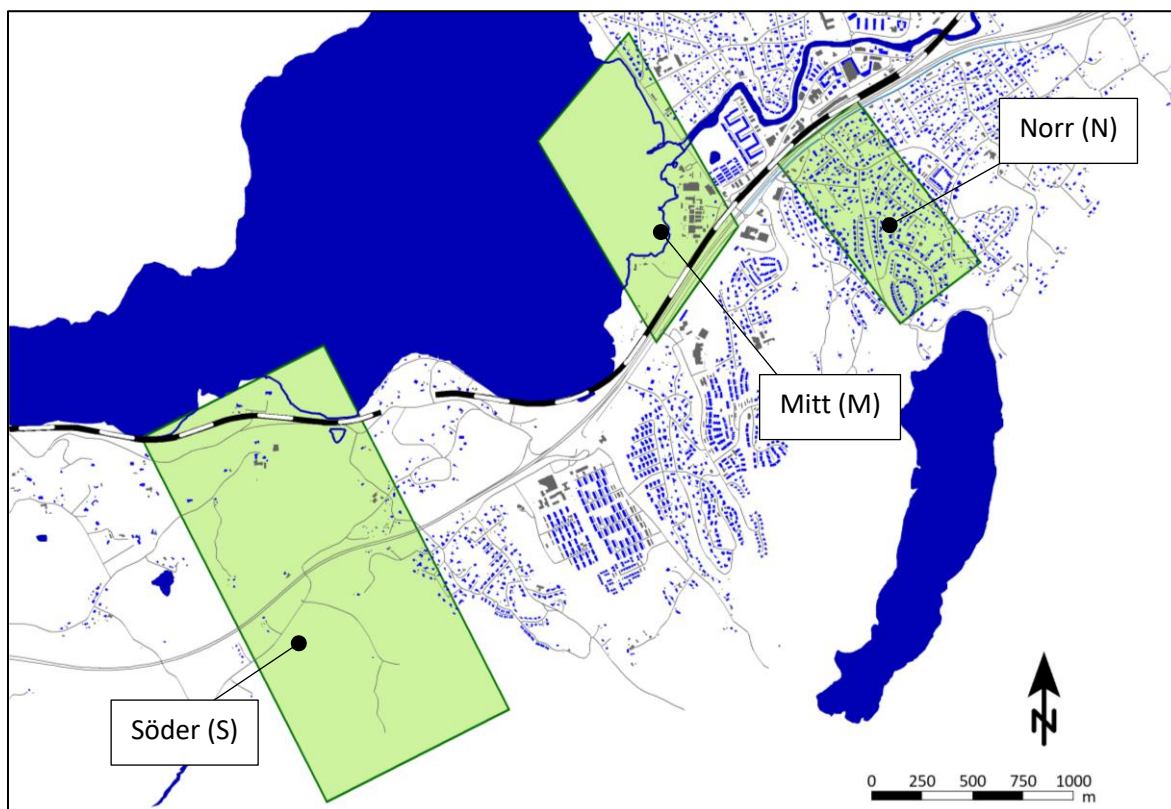
Figur 6. Landsbygd, Västerås kommun. Det beräknade området är 376 Ha. Till höger beräkningsområdets läge relativt tätorten. Hela modellen omfattar 85 km².

2.3 Jämförelse källmodeller

Differenserna som är utfallet av de jämförelser som görs för typfallen och de verkliga modellerna i avsnitt 2.1–2.2 har förutsatts i huvudsak bero på olikheter i metodernas utbredningsmodeller. För att minimera inverkan av eventuella skillnader i ljudemission (använd tågtrafiks ljudeffektnivå) användes källdata för Nord2000 och Nord96 som baserats på samma mätunderlag [5][11][12][13].

Därutöver finns även skillnader i hur metodernas källmodeller är uppbyggda som kan påverka. I syfte att belysa att skillnaderna mellan källmodellerna har en relativt liten betydelse gjordes en jämförelse mellan beräkningar av ekvivalentnivå gjorda på vanligt vis med Nord2000, och beräkningar av ekvivalentnivå gjorda med Nord2000:s utbredningsmodell tillsammans med linjekällor som simulerade källmodellen i Nord96. Simuleringen använde anvisade källhöjder för olika frekvensband i Nord96 enligt [5] samt kompenserade för att Nord2000 källmodell har en direktivitet men inte Nord96 [11] genom att exkludera Nord2000:s direktivitet i simuleringen.

Beräkningarna gjordes för de tre områden i Lerum som ingick utredningarna [16][17]. De beräknade områdena redovisas i Figur 7. Terrängmodellen baserades på Laserdata. Byggnader, skärmar, vägar och järnväg hämtades från Fastighetskarta samt NVDB. Fastighetskartans ytskikt för markslag användes för att definiera markabsorption/markimpedans [3][15]. Beräkningarna använde trafikdata enligt Tabell 2.



Figur 7. Källmodellerna jämfördes med beräkningar i de tre områden i Lerum som ingick utredningarna [16][17].

2.4 Beräkningsinställningar

2.4.1 Beräkningspunkter, avsökningsalgoritm och interpolering

Använda inställningar för beräkningspunkter, avsökningsalgoritm och interpolering redovisas i Tabell 3. Givet det relativt stora antalet varianter prioriterades inställningar som bedömdes ge tillräckligt noggranna resultat för ändamålet och som samtidigt inte gav alltför långa beräkningstider².

Reflection order	3 (Brämaregården, Västerås, Lerum S, M, N) 2 (Lerum centrum och villaområde) 0 (typfall)
Maximum search radius	5000 m (Brämaregården, typfall) 3000 m (Lerum centrum och villaområde, Västerås) 3500 m (Lerum S, M, N)
Maximum reflection distance receiver	200 m (Brämaregården, Västerås, typfall, Lerum S, M, N) 100 m (Lerum centrum och villaområde)
Maximum reflection distance source	50 m
Allowed tolerance	0,1 dB (Brämaregården, Västerås, typfall) 0,4 dB (Lerum centrum och villaområde) 0,2 dB (Lerum S, M, N)
Allowed tolerance holds for total result	yes
Create ground effect areas from road surfaces	yes
Grid space	3 m (Brämaregården) 5 m (Lerum samtliga) 10 m (Västerås) 2 m (typfall)
Field size	9x9
Min/Max	10 dB
Difference	0,1 dB
Limit level	Funktionen var inte aktiverad

Tabell 3. Inställningar för avsökningsalgoritm och interpolering i SoundPLAN.

2.4.2 Väder

Beräkningarna med Nord2000 har använt nedanstående väderinställningar [3]:

$$z_0 = 0,025 \text{ m}$$

$$\text{Vindhastighet} = 1 \text{ m/s, } 1,5 \text{ m/s, } 2 \text{ m/s och } 3 \text{ m/s (10 m över mark)}$$

$$B = 0 \text{ (motsvarar temperaturgradient } 0 \text{ °K/m)}$$

$$t = 15 \text{ °C (ger ljudhastighet } C = 340 \text{ m/s)}$$

$$RH = 70 \%$$

$$C_v^2 = 0,12 \text{ m}^4/\text{s}^2$$

$$C_T^2 = 0,008 \text{ K}^2/\text{m}^2/3$$

$$\sigma_w = 0,5 \text{ m/s}$$

$$\sigma_{dt/dz} = 0 \text{ K/m}$$

där z_0 är markens (aerodynamiska) grovhetslängd, B är koefficient för den linjära delen av ljudhastighetsprofilen, t är lufttemperatur vid marknivå, RH är relativ luftfuktighet, C_v^2 och C_T^2 är turbulensparametrar för vind respektive temperatur, och σ_w respektive $\sigma_{dt/dz}$ är standardavvikelse för vind respektive temperaturgradient. För beräkning av luftabsorption med Nord2000 och Nord96 användes ovanstående värden på lufttemperatur och relativ luftfuktighet samt lufttrycket $p = 1013 \text{ hPa}$.

2.4.3 Övrigt

Maximalnivå L_{AFmax} beräknades enligt [11] (motsvarar "More sophisticated method" i SoundPLAN).

² Exempelvis ca 6 h per fall i Brämaregården med drygt 100 cpu-kärnor @2,2 GHz.

3 Resultat

Nedan redovisas resulterande differenser som medelvärde (mv) och standardavvikelse (s) för varje beräknat fall, där h_r anger beräkningshöjd över marken. De underliggande skillnadsplottarna redovisas i Bilaga 1. Några fiktiva exempel för att belysa hur mv och s fungerar:

- Om ett fall skulle få identiska resultat med Nord2000 och Nord96 blir $mv = 0$ dB och $s = 0$ dB.
- Om Nord2000 blir exakt 2 dB lägre i samtliga beräkningspunkter blir $mv = -2$ dB och $s = 0$ dB.
- Om Nord2000 och Nord96 ger olika resultat i alla punkter, men medelvärdet av differenserna i beräkningspunkterna är noll, blir $mv = 0$ dB och $s > 0$ dB.

Ju mindre medelvärde (absolutvärdet) och standardavvikelse, desto mindre är alltså skillnaden mellan Nord2000- och Nord96-resultaten. En så liten medelvärdesskillnad som möjligt är det som eftersträvas för att det skall kunna anses att samma förutsättningar för att uppfylla gällande riktvärden föreligger, medan en relativt stor standardavvikelse är oundvikligt givet de stora skillnaderna på modellernas egenskaper.

I fallet med beräkningarna i de verkliga områdena filtrerades beräkningspunkter med (ovidkommande) låg ljudnivå bort innan medelvärde och standardavvikelse utvärderades. För ekvivalentnivå användes de punkter där L_{Aeq24h} beräknad med Nord96 var minst 50 dBA. Motsvarande gräns för maximalnivå valdes till 65 dBA.

3.1 Typfall rak järnväg med/utan skärm

Typfallens uppgift har främst varit att utgöra underlag för valet av de verkliga områdena och för att spara tid har därför endast ekvivalentnivåberäkningar utförts för typfallen. Resultaten för de verkliga områdena har utgjort det huvudsakliga underlaget för analysen.

Resultaten i Tabell 4–Tabell 9 lyfter fram några generella skillnader mellan hur beräkningsmodellerna hanterar markeffekten. För fri utbredning över mjuk mark underskattar Nord96 ljudnivåerna relativt Nord2000, medan Nord96 istället ger överskattningar relativt Nord2000 vid fri utbredning över hård mark. Vid skärmad utbredning överskattar Nord96 ljudnivåerna relativt Nord2000 för både mjuk och hård mark. Medelvärden av beräkningsresultaten för mjuk och hård mark (mv m/h) har tagits med för att underlätta bedömningen.

oskärmad, $h_r = 2$ m		banvall $h = 0$ m		banvall $h = 0,5$ m		banvall $h = 2$ m	
vind	mark	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)
1 m/s	mjuk	0,0	0,6	1,9	0,4	3,0	0,5
	hård	-1,2	0,8	-1,0	0,6	-0,6	0,4
	mv m/h	-0,6	0,7	0,4	0,5	1,2	0,4
1,5 m/s	mjuk	0,8	0,3	2,4	0,4	3,2	0,6
	hård	-1,7	1,0	-1,4	0,7	-0,8	0,5
	mv m/h	-0,5	0,6	0,5	0,6	1,2	0,5
2 m/s	mjuk	1,2	0,3	2,6	0,4	3,3	0,6
	hård	-2,1	1,0	-1,6	0,8	-0,8	0,5
	mv m/h	-0,4	0,7	0,5	0,6	1,2	0,5
3 m/s	mjuk	1,6	0,3	2,7	0,5	3,4	0,7
	hård	-2,2	0,9	-1,6	0,6	-0,6	0,3
	mv m/h	-0,3	0,6	0,5	0,5	1,4	0,5

Tabell 4. Oskärmad ljudutbredning 2 m över mark. Ljudnivå (L_{Aeq24h}) beräknad med Nord2000 minus ljudnivå beräknad med Nord96. Sammanställning av differenserna på järnvägens oskärmade (vänstra) sida i Figur 8–Figur 13.

skärmat, hr = 2 m		banvall h = 0 m		banvall h = 0,5 m		banvall h = 2 m	
vind	mark	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)
1 m/s	mjuk	-3,2	1,1	-3,4	1,1	-2,9	1,1
	hård	-4,2	1,7	-4,4	1,7	-4,3	1,5
	mv m/h	-3,7	1,4	-3,9	1,4	-3,6	1,3
1,5 m/s	mjuk	-2,6	1,3	-2,7	1,2	-2,5	1,2
	hård	-3,5	2,0	-3,8	1,9	-3,9	1,6
	mv m/h	-3,1	1,6	-3,3	1,5	-3,2	1,4
2 m/s	mjuk	-2,0	1,5	-2,2	1,3	-2,0	1,2
	hård	-2,9	2,3	-3,2	2,1	-3,4	1,7
	mv m/h	-2,4	1,9	-2,7	1,7	-2,7	1,4
3 m/s	mjuk	-1,1	1,4	-1,2	1,3	-1,1	1,3
	hård	-1,7	2,7	-2,0	2,5	-2,4	1,9
	mv m/h	-1,4	2,1	-1,6	1,9	-1,7	1,6

Tabell 5. Skärmat ljudutbredning 2 m över mark. Ljudnivå (L_{Aeq24h}) beräknad med Nord2000 minus ljudnivå beräknad med Nord96. Sammanställning av differenserna på järnvägens skärmat (högra) sida i Figur 8–Figur 13.

oskärmat, hr = 5 m		banvall h = 0 m		banvall h = 0,5 m		banvall h = 2 m	
vind	mark	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)
1 m/s	mjuk	0,8	0,7	2,6	0,6	3,5	0,8
	hård	-0,5	0,4	-0,6	0,3	-0,2	0,4
	mv m/h	0,2	0,5	1,0	0,4	1,7	0,6
1,5 m/s	mjuk	1,3	0,5	2,8	0,6	3,6	0,9
	hård	-0,8	0,5	-0,8	0,4	-0,2	0,4
	mv m/h	0,2	0,5	1,0	0,5	1,7	0,7
2 m/s	mjuk	1,5	0,4	2,9	0,7	3,6	0,9
	hård	-1,1	0,6	-1,0	0,5	-0,2	0,4
	mv m/h	0,2	0,5	0,9	0,6	1,7	0,7
3 m/s	mjuk	1,8	0,4	2,8	0,7	3,5	0,9
	hård	-1,5	0,7	-1,1	0,5	-0,1	0,4
	mv m/h	0,1	0,6	0,9	0,6	1,7	0,6

Tabell 6. Oskärmat ljudutbredning 5 m över mark. Ljudnivå (L_{Aeq24h}) beräknad med Nord2000 minus ljudnivå beräknad med Nord96. Sammanställning av differenserna på järnvägens oskärmat (vänstra) sida i Figur 14–Figur 19.

skärmat, hr = 5 m		banvall h = 0 m		banvall h = 0,5 m		banvall h = 2 m	
vind	mark	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)
1 m/s	mjuk	-3,2	0,9	-3,2	0,9	-2,6	1,2
	hård	-5,2	1,4	-5,4	1,3	-5,0	1,2
	mv m/h	-4,2	1,1	-4,3	1,1	-3,8	1,2
1,5 m/s	mjuk	-2,9	0,9	-2,9	0,9	-2,4	1,2
	hård	-5,0	1,4	-5,3	1,3	-4,7	1,2
	mv m/h	-4,0	1,1	-4,1	1,1	-3,5	1,2
2 m/s	mjuk	-2,6	0,9	-2,6	0,9	-2,1	1,2
	hård	-4,8	1,4	-5,1	1,3	-4,3	1,2
	mv m/h	-3,7	1,1	-3,8	1,1	-3,2	1,2
3 m/s	mjuk	-2,0	0,9	-2,0	0,9	-1,5	1,1
	hård	-4,3	1,5	-4,5	1,3	-3,5	1,4
	mv m/h	-3,2	1,2	-3,2	1,1	-2,5	1,3

Tabell 7. Skärmat ljudutbredning 5 m över mark. Ljudnivå (L_{Aeq24h}) beräknad med Nord2000 minus ljudnivå beräknad med Nord96. Sammanställning av differenserna på järnvägens skärmat (högra) sida i Figur 14–Figur 19.

oskärmat, hr = 8 m		banvall h = 0 m		banvall h = 0,5 m		banvall h = 2 m	
vind	mark	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)
1 m/s	mjuk	1,4	0,6	2,8	0,7	3,6	0,9
	hård	-0,3	0,4	-0,4	0,3	0,2	0,5
	mv m/h	0,5	0,5	1,2	0,5	1,9	0,7
1,5 m/s	mjuk	1,6	0,5	2,9	0,8	3,6	1,0
	hård	-0,5	0,3	-0,6	0,3	0,1	0,5
	mv m/h	0,6	0,4	1,2	0,5	1,9	0,7
2 m/s	mjuk	1,8	0,5	3,0	0,8	3,6	1,0
	hård	-0,7	0,3	-0,7	0,4	0,2	0,5
	mv m/h	0,5	0,4	1,2	0,6	1,9	0,7
3 m/s	mjuk	2,0	0,5	3,0	0,8	3,6	0,9
	hård	-1,0	0,4	-0,8	0,4	0,3	0,4
	mv m/h	0,5	0,4	1,1	0,6	2,0	0,7

Tabell 8. Oskärmat ljudutbredning 8 m över mark. Ljudnivå (L_{Aeq24h}) beräknad med Nord2000 minus ljudnivå beräknad med Nord96. Sammanställning av differenserna på järnvägens oskärmade (vänstra) sida i Figur 20–Figur 25.

skärmat, hr = 8 m		banvall h = 0 m		banvall h = 0,5 m		banvall h = 2 m	
vind	mark	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)
1 m/s	mjuk	-2,9	1,0	-2,9	1,0	-2,6	1,2
	hård	-5,5	1,3	-5,7	1,2	-5,2	1,1
	mv m/h	-4,2	1,2	-4,3	1,1	-3,9	1,2
1,5 m/s	mjuk	-2,7	1,0	-2,6	1,0	-2,4	1,2
	hård	-5,4	1,3	-5,6	1,2	-5,0	1,1
	mv m/h	-4,0	1,1	-4,1	1,1	-3,7	1,1
2 m/s	mjuk	-2,4	1,0	-2,4	1,0	-2,2	1,2
	hård	-5,3	1,2	-5,5	1,1	-4,8	1,1
	mv m/h	-3,9	1,1	-4,0	1,1	-3,5	1,1
3 m/s	mjuk	-2,0	1,0	-1,9	1,0	-1,8	1,1
	hård	-5,1	1,1	-5,2	1,0	-4,3	1,1
	mv m/h	-3,5	1,0	-3,5	1,0	-3,1	1,1

Tabell 9. Skärmat ljudutbredning 8 m över mark. Ljudnivå (L_{Aeq24h}) beräknad med Nord2000 minus ljudnivå beräknad med Nord96. Sammanställning av differenserna på järnvägens skärmat (högra) sida i Figur 20–Figur 25.

3.2 Fyra verkliga områden

Baserat på utfallet från typfallsberäkningarna valdes fyra representativa, verkliga områden ut enligt:

- Brämaregården: nästan bara hård mark, vilket kan antas vara typiskt för stadskärnor med hög och/eller sluten bebyggelse.
- Lerum, centrum: en övervägande del hård mark men inslag av mjuk mark, vilket kan antas vara typiskt för mindre centrumområden med mestadels lägre bebyggelse.
- Lerum, villaområde: låg bebyggelse med mjuk mark och inslag av hård mark. Dessutom en bullerskärm mellan järnvägen och beräkningsområdet.
- Västerås: ett typiskt landsbygdsområde med i princip enbart mjuk mark, som även bedöms kunna vara hyggligt representativt för villaområden utan skärm.

Resultaten i de verkliga modellerna har likheter med de i typfallsberäkningarna. Nord96 tenderar att överskatta ljudnivåerna relativt Nord2000 i Brämaregården och Lerums centrum, medan beräknade ljudnivåer på Västerås landsbygd snarare underskattas med Nord96 relativt Nord2000. I Lerums villaområde, som har en bullerskärm som delvis skärmar av ljud från järnvägen, tenderar Nord96 att överskatta nivåerna relativt Nord2000.

De gråblåmarkerade raderna i Tabell 10 och Tabell 11 visar samlade medelvärden som beräknats från resultaten för samtliga fyra områden, uppdelat per testad vindhastighet och per beräkningshöjd. Om vi förutsätter att de fyra områdena utgör ett representativt tvärsnitt av rådande bullersituation kan de samlade medelvärdena sägas indikera hur stor den systematiska skillnaden (biasen) mellan Nord96 och Nord2000 är, och då ger vindhastigheten 3 m/s den minsta biasen för såväl ekvivalentnivåer som maximalnivåer. Det är samtidigt den vindhastighet som ger de minsta standardavvikelserna (som indikerar hur mycket differenserna sprider inom varje beräkningsfall).

Det är dock inte självklart att medelvärdet av resultaten från de fyra områdena är det som bäst representerar den totala svenska bullersituationen, ett sådant underlag har inte funnits att tillgå. Exempelvis kan någon eller några områdestyper i verkligheten vara mer representerade än andra och behöver ges större vikt vid en samlad bedömning.

vind	område	hr = 2 m		hr = 5 m		hr = 8 m	
		mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)
1 m/s	Brämaregården	-1,2	1,6	-0,7	2,0	-0,4	2,1
	Lerum, centrum	-4,2	3,3	-3,3	3,2	-2,6	3,0
	Lerum, villaområde	-7,1	3,1	-6,2	3,4	-4,4	3,0
	Västerås	-0,3	2,5	0,7	1,8	1,3	1,4
	mv alla områden	-3,2	2,6	-2,4	2,6	-1,5	2,4
1,5 m/s	Brämaregården	-1,2	1,4	-0,6	1,8	-0,2	1,9
	Lerum, centrum	-3,3	2,9	-2,6	2,8	-2,0	2,6
	Lerum, villaområde	-5,6	2,8	-4,7	2,9	-3,3	2,5
	Västerås	0,5	2,0	1,1	1,5	1,5	1,2
	mv alla områden	-2,4	2,3	-1,7	2,3	-1,0	2,1
2 m/s	Brämaregården	-1,2	1,3	-0,6	1,7	-0,1	1,8
	Lerum, centrum	-2,4	2,4	-1,9	2,4	-1,5	2,3
	Lerum, villaområde	-4,0	2,5	-3,3	2,5	-2,2	2,0
	Västerås	1,0	1,7	1,3	1,3	1,6	1,1
	mv alla områden	-1,6	2,0	-1,1	2,0	-0,6	1,8
3 m/s	Brämaregården	-0,9	1,3	-0,3	1,5	0,2	1,5
	Lerum, centrum	-0,9	1,9	-0,8	1,9	-0,7	1,7
	Lerum, villaområde	-1,1	2,0	-0,9	1,8	-0,5	1,4
	Västerås	1,7	1,3	1,6	1,1	1,8	1,0
	mv alla områden	-0,3	1,6	-0,1	1,6	0,2	1,4

Tabell 10. Ljudnivå (L_{Aeq24h}) beräknad med Nord2000 minus ljudnivå beräknad med Nord96. Sammanställning av differenserna i Figur 26–Figur 28, Figur 32–Figur 40, Figur 38–Figur 40 och Figur 44–Figur 46.

vind	område	hr = 2 m		hr = 5 m		hr = 8 m	
		mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)	mv (dB)	s (dB)
1 m/s	Brämregården	-1,7	3,3	-1,5	3,8	-0,9	3,5
	Lerum, centrum	-3,7	3,4	-2,4	3,3	-1,4	3,1
	Lerum, villaområde	-6,3	2,9	-5,4	3,4	-3,4	2,9
	Västerås	-0,1	3,3	1,0	2,5	1,7	2,0
	mv alla områden	-3,0	3,2	-2,1	3,2	-1,0	2,9
1,5 m/s	Brämregården	-1,7	3,1	-1,3	3,5	-0,6	3,3
	Lerum, centrum	-2,8	3,0	-1,6	2,9	-0,9	2,8
	Lerum, villaområde	-4,8	2,7	-3,9	3,0	-2,2	2,3
	Västerås	1,1	2,6	1,6	2,0	2,0	1,7
	mv alla områden	-2,1	2,8	-1,3	2,8	-0,4	2,5
2 m/s	Brämregården	-1,6	2,9	-1,1	3,2	-0,4	3,2
	Lerum, centrum	-1,8	2,6	-0,9	2,6	-0,4	2,4
	Lerum, villaområde	-3,2	2,5	-2,4	2,5	-1,1	1,9
	Västerås	1,9	2,0	2,0	1,6	2,3	1,5
	mv alla områden	-1,2	2,5	-0,6	2,5	0,1	2,2
3 m/s	Brämregården	-0,9	2,3	-0,7	2,8	0,0	2,8
	Lerum, centrum	-0,2	2,1	0,2	2,1	0,4	1,9
	Lerum, villaområde	0,0	2,1	0,3	1,7	0,8	1,3
	Västerås	2,8	1,4	2,6	1,2	2,6	1,2
	mv alla områden	0,4	1,9	0,6	1,9	1,0	1,8

Tabell 11. Ljudnivå (L_{AFmax}) beräknad med Nord2000 minus ljudnivå beräknad med Nord96. Sammanställning av differenserna i Figur 29–Figur 31, Figur 35–Figur 37, Figur 41–Figur 43 och Figur 47–Figur 49.

3.3 Jämförelse källmodeller

Källmodellerna i Nord2000 och Nord96 skiljer sig åt i vissa avseenden, men detta medför bara jämförelsevis försumbart små differenser i de testade områdena, vilka redovisas i Tabell 12. Se även Figur 50 och Figur 51. Systematiska skillnader i beräkningsresultat mellan Nord96 och Nord2000 kan alltså sägas nästan uteslutande bero på skillnader mellan utbredningsmodellerna, varför justeringar för att minimera bias bör begränsas till utbredningsmodellen.

vind	Område	mv (dB)	s (dB)
1,5 m/s	Söder (S)	-0,2	1,4
	Mitt (M)	0,3	0,7
	Norr (N)	-0,2	0,8
3 m/s	Söder (S)	0,0	1,1
	Mitt (M)	0,2	0,6
	Norr (N)	-0,2	1,0

Tabell 12. Ljudnivå (L_{Aeq24h}) beräknad med Nord2000 spår, minus ljudnivå beräknad med Nord2000 utbredningsmodell tillsammans med linjekällor som simulerar Nord96. Sammanställning av differenserna i Figur 50–Figur 51.

4 Diskussion

Ljudmåtten L_{Aeq24h} och L_{AFmax} är sammanlänkade med sina riktvärden genom en avvägning mellan å ena sidan kostnader för bullersänkande åtgärder etc och å andra sidan störning/ohälsa som har sin grund i de gamla beräkningsmetoderna. Förenklat uttryckt kan höjning av ett riktvärde förväntas minska kostnader för bullersänkande åtgärder men samtidigt öka risken (och kostnader) för störning/ohälsa, och vice versa.

De gamla beräkningsmetoderna är till stor del empiriska vilket innebär att de har utvecklats för att motsvara resultat från ljudmätningar i ett urval av typiska situationer, och de inkluderar därför det väder som rådde under de aktuella mätkampanjerna. Eftersom övergången till Nord2000 genomförs utan ändring av ljudmått eller riktvärden bör spårbarheten till de vädersituationerna fortsatt bevaras.

Enkelt uttryckt leder högre vindhastighet (i medvind) oftast till högre ljudnivåer. Därtill kommer den modernare Nord2000 oundvikligen ibland att ge andra nivåer än Nord96. Det som föreliggande utredning undersöker är hur risken för att det ska uppstå systematiska skillnader mellan Nord2000 och Nord96 kan minimeras. En systematisk skillnad skulle till exempel kunna vara att Nord2000 oftast ger högre nivåer än Nord96. Om så vore fallet skulle sannolikt, utan att den faktiska bullersituationen har ändrats, kostnaderna för bullersänkande åtgärder öka då det erfordras fler/högre bullerplank, fler fasadåtgärder etc, samtidigt som störning/ohälsa kan förväntas minska på grund av dessa ökade åtgärder.

På samma sätt skulle, om Nord2000 för det mesta ger lägre nivåer än Nord96, kostnaderna för bullersänkande åtgärder minska då åtgärder erfordras mindre ofta än med Nord96, men samtidigt kunde störning/ohälsa förväntas öka. En systematisk skillnad skulle kunna sägas vara detsamma som ett (omedvetet) skifte i ambitionsnivå.

Resultaten från beräkningarna som presenteras i denna rapport visar bland annat att Nord96 tenderar att ge lägre nivåer än Nord2000 i situationer med landsbygd (som även kan sägas svara mot oskärmade villaområden) och högre nivåer än Nord2000 i skärmade lägen och i stadssituationer. Om vi gör antagandet att de fyra undersökta områdena utgör ett representativt tvärsnitt för en samlad svensk bullersituation, kan ett oviktat medelvärde av deras resultat användas som en indikation på hur stor den systematiska skillnaden är. Det medelvärdet blir som minst vid vindhastigheten 3 m/s för ekvivalentnivå på samtliga höjder och för maximalnivå på höjden 2 m över marken. För maximalnivå på höjden 5 m över marken blir beloppet av medelvärdet lika stort vid vindhastigheten 2 m/s som vid 3 m/s, och på höjden 8 m över marken ger vindhastigheten 2 m/s det minsta medelvärdet. Jämför Tabell 10 och Tabell 11.

Men det är inte självklart att det samlade medelvärdet av resultaten för de fyra områdena är det som är mest representativt för den svenska bullersituationen. Om järnvägsbuller i verkligheten skulle vara mer förekommande eller ha en större inverkan i någon eller några områdestyper bör de ges en större vikt. Då det inte har funnits något kvantitativt underlag tillgängligt för att beräkna en sådant viktat medelvärde återstår att göra en bedömning.

Exempel på saker som behöver beaktas vid en sådan bedömning är om maximalnivån är dimensionerande mer ofta än ekvivalentnivån, om järnvägsbuller ofta är dimensionerande i landsbygdsmiljö och i oskärmade villaområden, om det större bullerbidraget från vägtrafik i stadsmiljöer gör att järnvägsbuller mer sällan är dimensionerande där, samt om situationer med skärmade bostadsområden som representeras av villaområdet i Lerum bör utgöra mindre än en fjärdedel av ett samlat medelvärde.

5 Slutsatser och rekommendation

Nord96 både överskattar och underskattar ljudnivåer relativt Nord2000. Det bedöms främst bero på skillnader i metodernas utbredningsmodeller.

Det går inte att välja ut en vindhastighet som gör att Nord2000 exakt simulerar ljudutbredningen hos Nord96 i alla situationer, utbredningsmodellerna är alltför olika för att det ska vara möjligt.

Föreliggande utredning har kommit fram till två alternativ:

1. Medelvärdena av de beräknade resultaten från de verkliga områdena som valts ut för att representera ett tvärsnitt av vanligt förekommande situationer, kan tas som bekräftelse på uppgifterna [8][9][10] som gör gällande att ljudutbredningen i Nord96 spår bör simuleras med vindhastigheten 3 m/s på 10 m höjd över marken i Nord2000-beräkningar för att erhålla minimal bias relativt Nord96. Den slutsatsen förutsätter dock att de undersökta beräkningsfallen ges lika stor vikt, för både ekvivalentnivå och för maximalnivå.
2. Om maximalnivå ofta är dimensionerande för spårtrafik och fallet som representerar landsbygdsmiljö och oskärmad villabebyggelse ska ges större vikt, bör vindhastigheten istället väljas till 1,5 m/s.

Ett av alternativen ska väljas som den vindhastighet som ska ingå i referensvärdet i alla utredningar.

6 Referenser

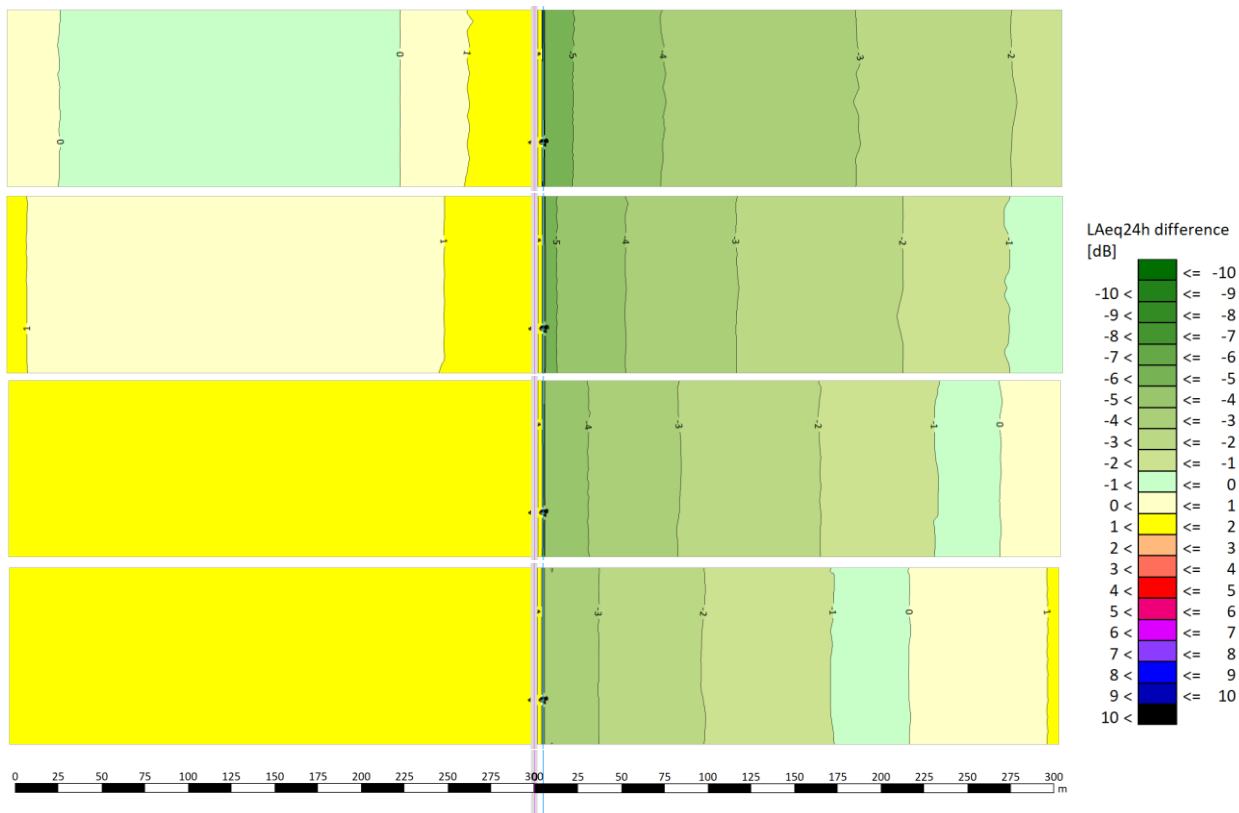
- [1] *Den nationella samordningen av omgivningsbuller rekommenderar beräkningsmetoden Nord2000 vid utredning av buller från väg- och spårtrafik*, Kommunikationsdokument från den nationella samordningen av omgivningsbuller, Naturvårdsverket, 2024-02-20.
- [2] A. Gustafson, A. Genell, M. Ögren, *Status Nord2000 – Inventering av Nord2000 relativt svenska behov*, Kunskapscentrum om buller, 2022.
- [3] A. Gustafson, A. Genell, M. Ögren, *NORD2000 – Användarhandledning för beräkning av buller från väg- och spårtrafik för svenskt bruk*, Kunskapscentrum om Buller, 2024.
- [4] *Vägtrafikbuller – Nordisk beräkningsmodell*, reviderad 1996. Rapport 4653. Naturvårdsverkets förlag, 1996.
- [5] *Buller från spårburen trafik – Nordisk beräkningsmodell*. Rapport 4935. Naturvårdsverkets förlag, 1998.
- [6] J. Kragh et al, *User's Guide Nord2000 Road*, AV 1171/06, DELTA, 2006.
- [7] J. Kragh, B. Andersen, J. Jakobsen, *Environmental noise from industrial plants. General prediction method*, Report no. 32, Danish Acoustical Laboratory, 1982.
- [8] Korrespondens mellan Jørgen Kragh och SoundPLAN Nord ApS, Danmark, februari 2022.
- [9] B. Plovsing, *Forskelle mellem støjniveauer beregnet med de eksisterende metoder for vej- og jernbanestøj og med Nord2000*, AV 1578/03, DELTA, 2003.
- [10] *Nord2000 meteorological parameters, NMT96*, Biblioteksdata i SoundPLAN.
- [11] H. G. Jonasson, S. Å. Storeheier, *Nord 2000. New Nordic Prediction Method for Rail Traffic Noise*. Version 1.0. SP Rapport 2001:11, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, 2001-12-21.
- [12] M. Ögren, T. Jerson, *Indata till bullerberäkningsmetoder för motorvagn X60*, VTI notat 9-2010, VTI, 2010.
- [13] T. Jerson, *Elmotorvagn Coradia Duplex - Littera X40 – Indata till beräkningsmodellerna NMT96 och Nord2000*, WSP 2012.
- [14] SoundPLAN version 9.1, SoundPLAN GmbH.
- [15] A. Gustafson, A. Genell, *Nord2000 – Underlag till markimpedans. Inventering av underlag för markimpedansklasser*. Kunskapscentrum om buller, 2024.
- [16] A. Gustafson, A. Genell, *Beräkning av vägtrafikbuller med CNOSSOS-EU, Nord2000 och Nord96 – En underlagsrapport, del 2*. Rapport för Kunskapscentrum om buller, Gärdhagen Akustik AB, 2022.
- [17] M. Ögren, A. Genell, T. Jerson, P. Torstensson, A. Gustafson, *Svenska indata för beräkning av buller från spårburen trafik med hjälp av Nord 2000*, version 1.21, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Arbets- och miljömedicin, Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum (VMC), 2023.

Bilaga 1. Grafisk redovisning av beräkningsresultat

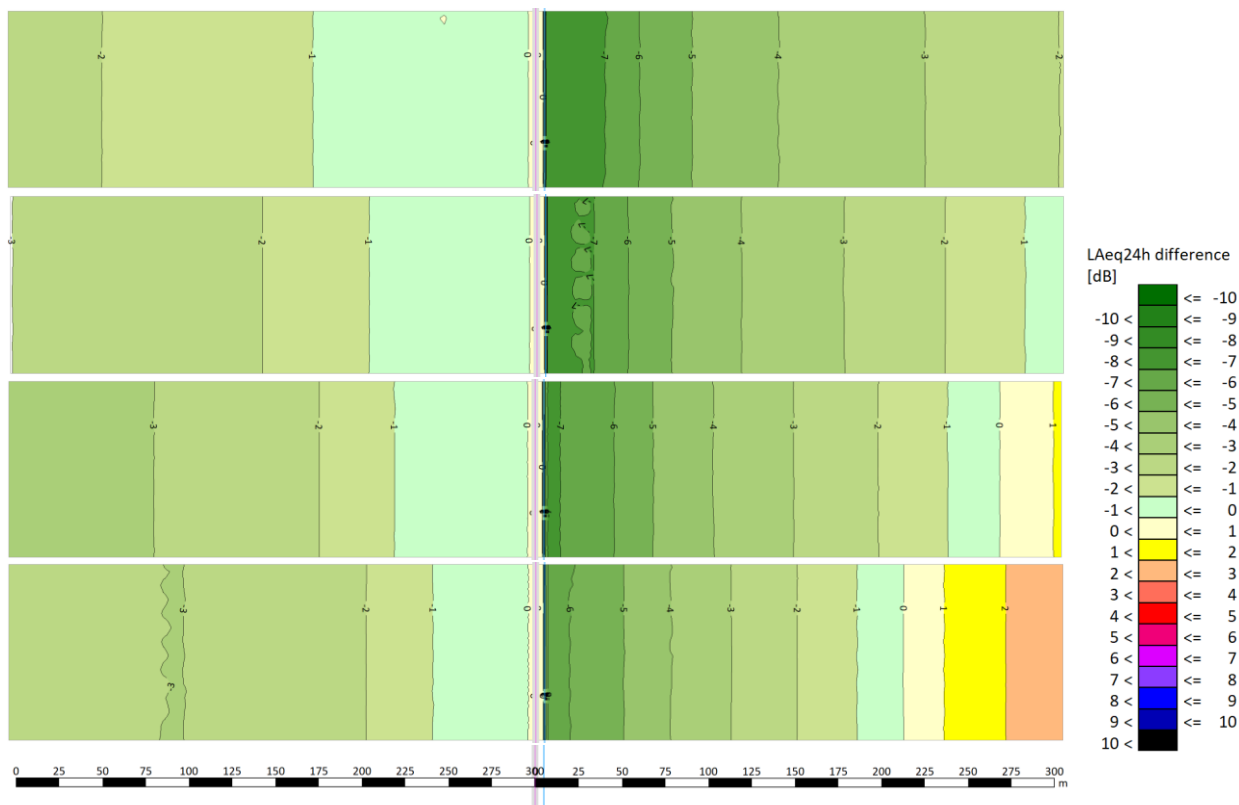
B1.1. Typfall rak järnväg (ekvivalentnivå)

Resultaten i Figur 8–Figur 25 har järnvägen i mitten och en bullerskärm på höger sida enligt Figur 2–Figur 3. Således är det fri ljudutbredning på vänstra halvan av skillnadsplottarna och skärmad ljudutbredning på den högra halvan.

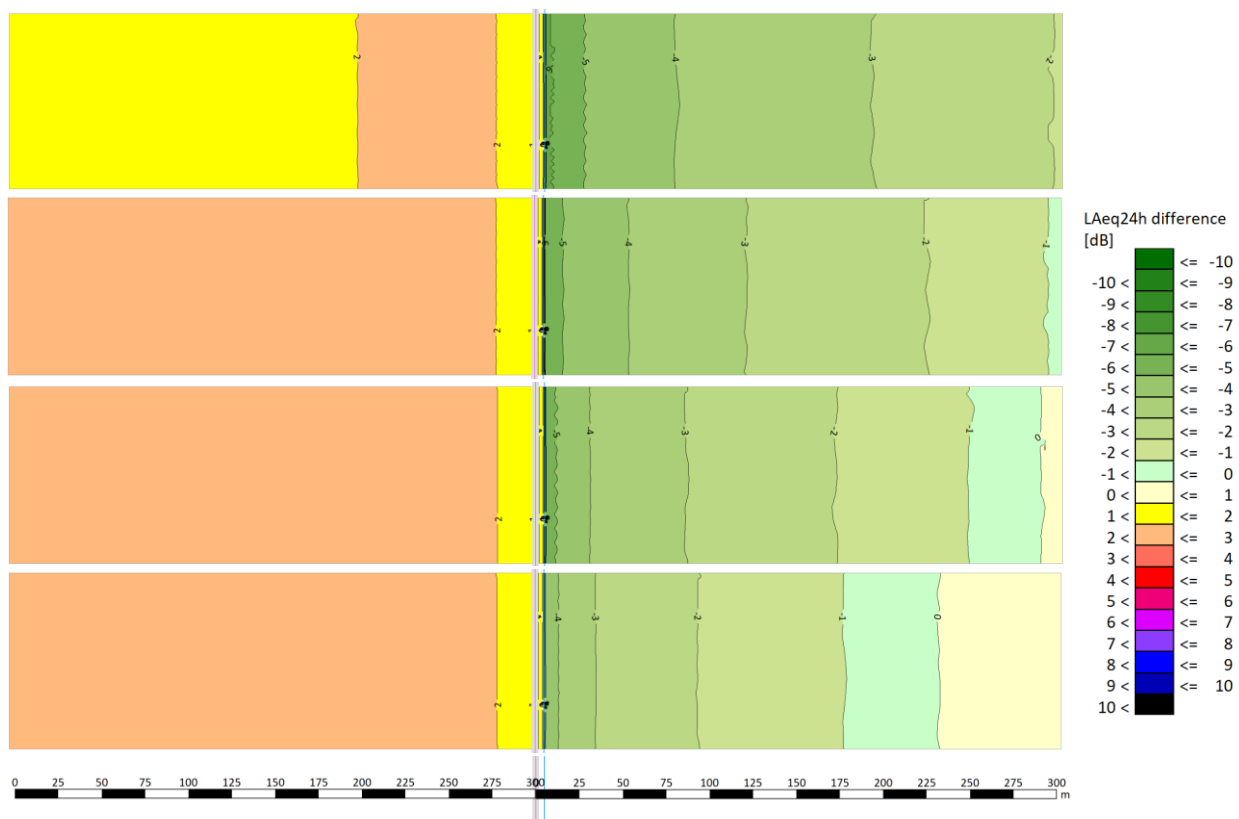
De två skalstockarna längst ned i varje figur har inkluderats för att underlätta bedömning av avståndet till järnvägen vid jämförelse mellan olika figurer.



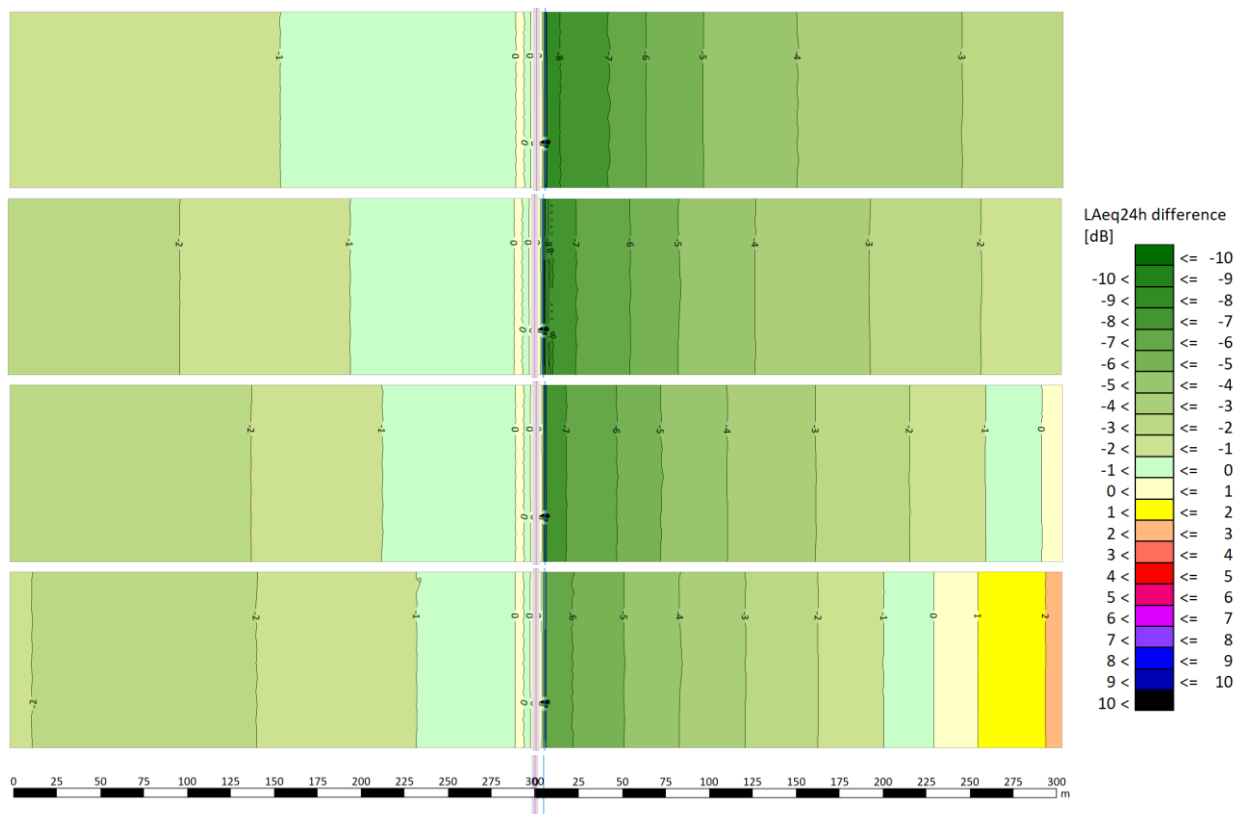
Figur 8. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m, höjd banvall = 0 m, mjuk mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



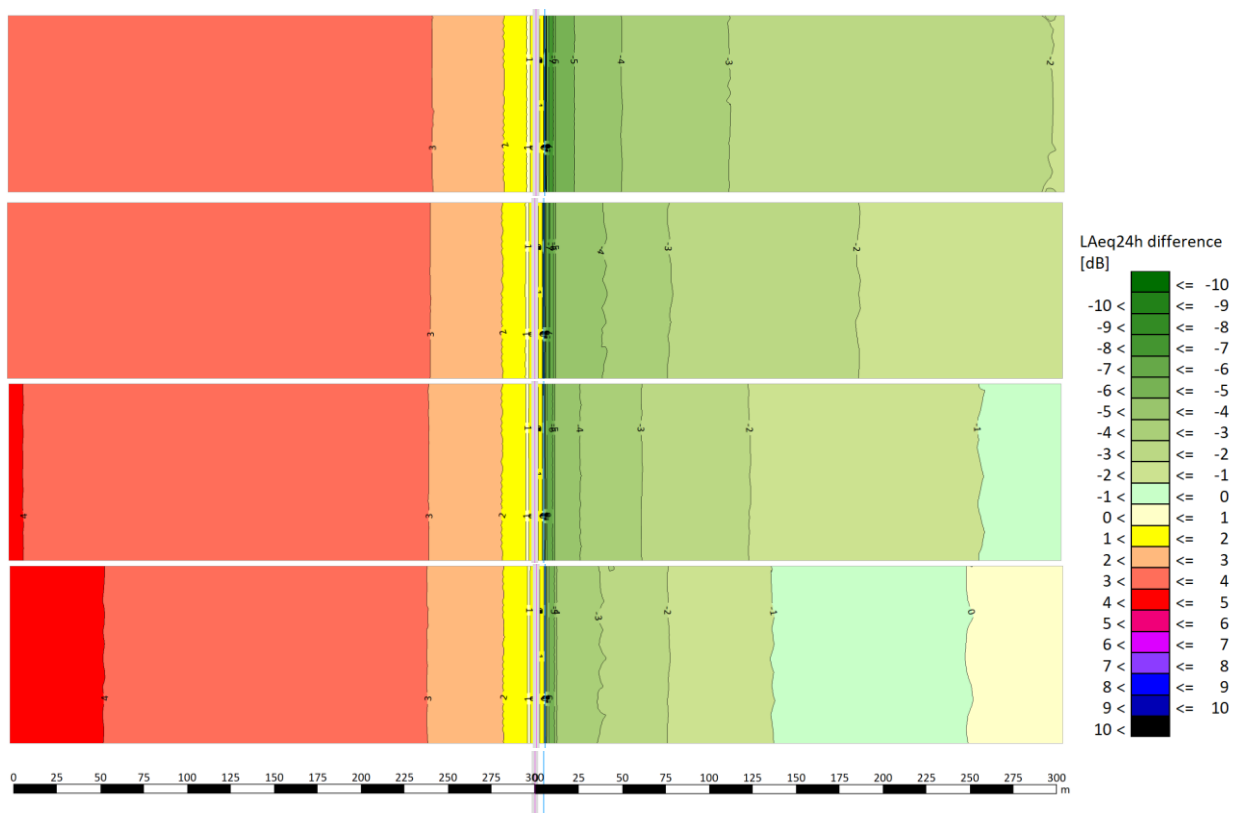
Figur 9. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m, höjd banvall = 0 m, hård mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



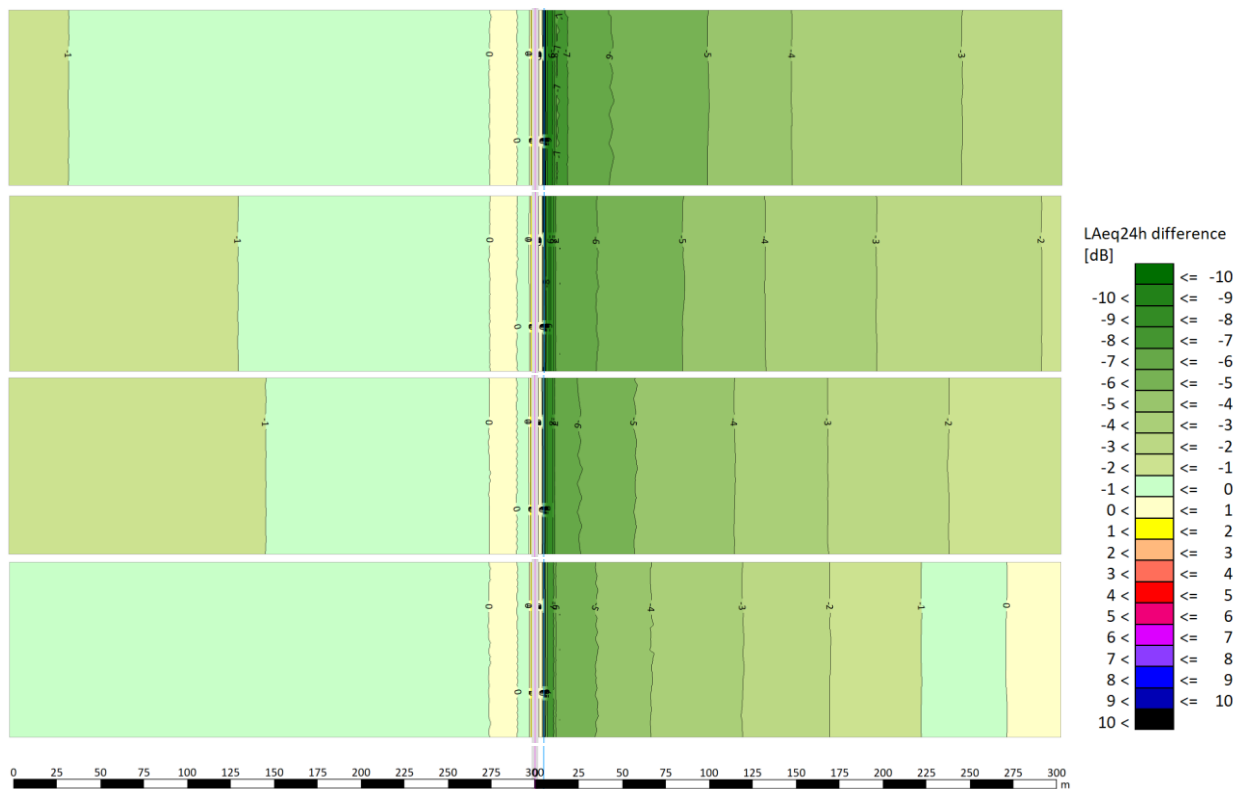
Figur 10. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m, höjd banvall = 0,5 m, mjuk mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



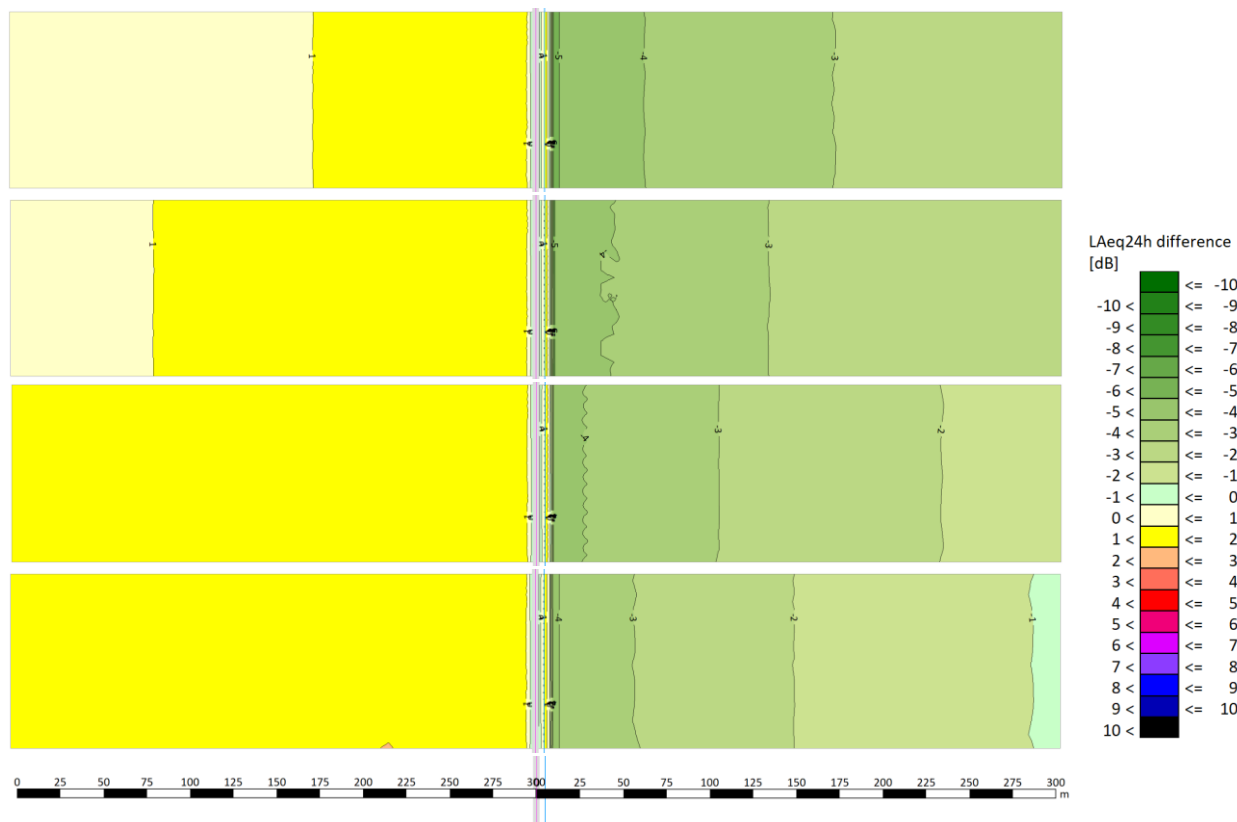
Figur 11. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m, höjd banvall = 0,5 m, hård mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



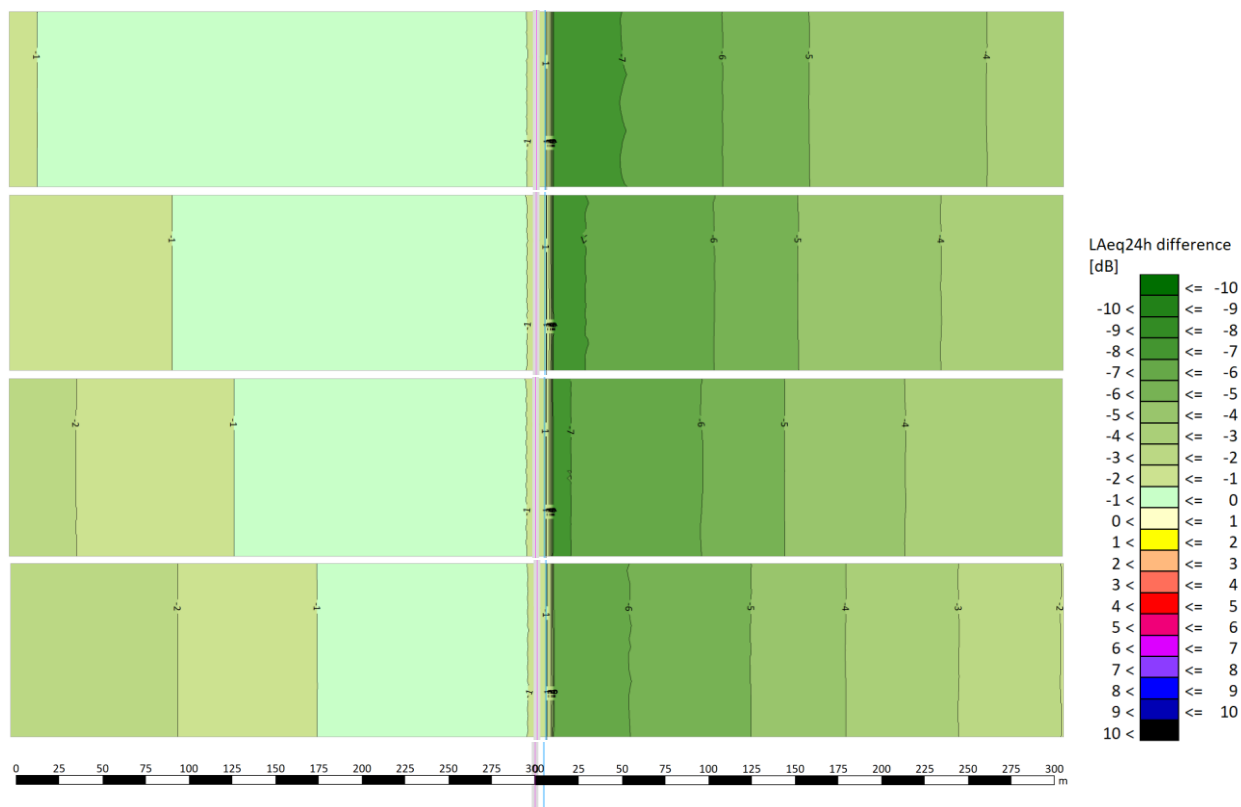
Figur 12. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m, höjd banvall = 2 m, mjuk mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



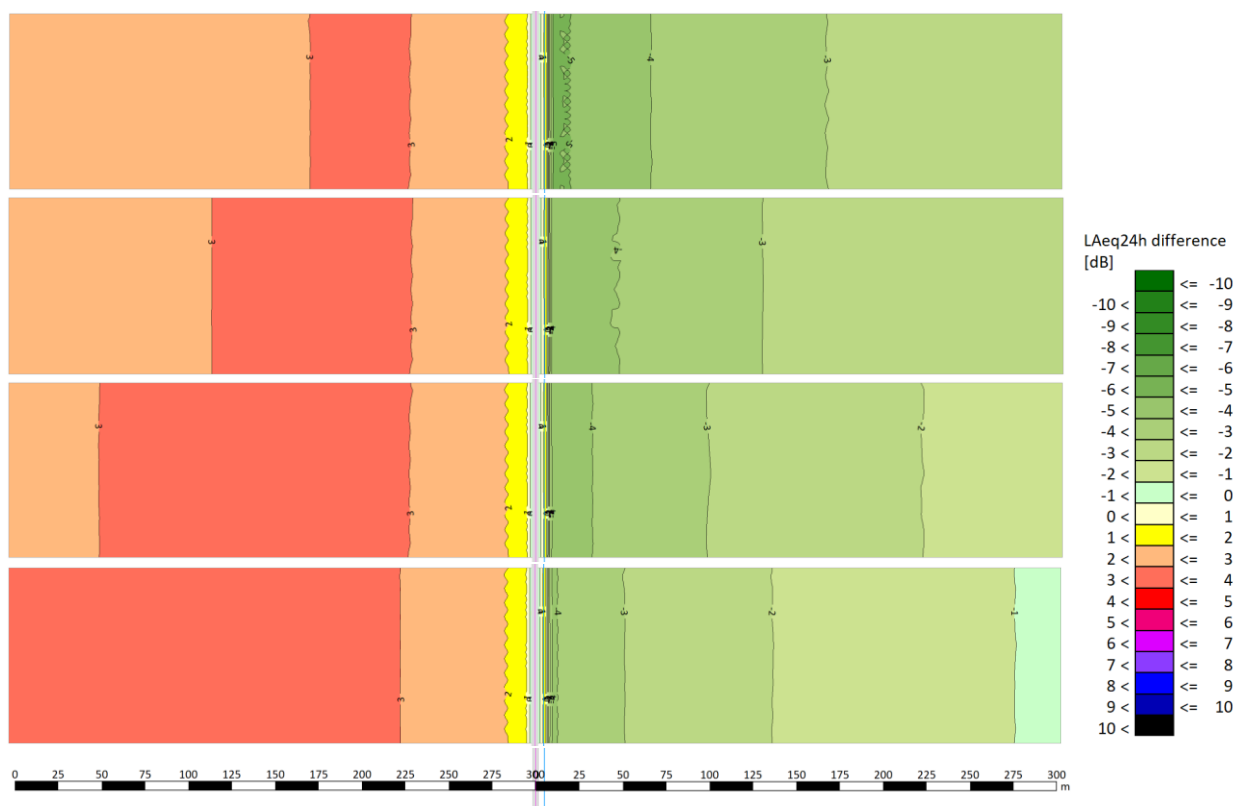
Figur 13. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m, höjd banvall = 2 m, hård mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



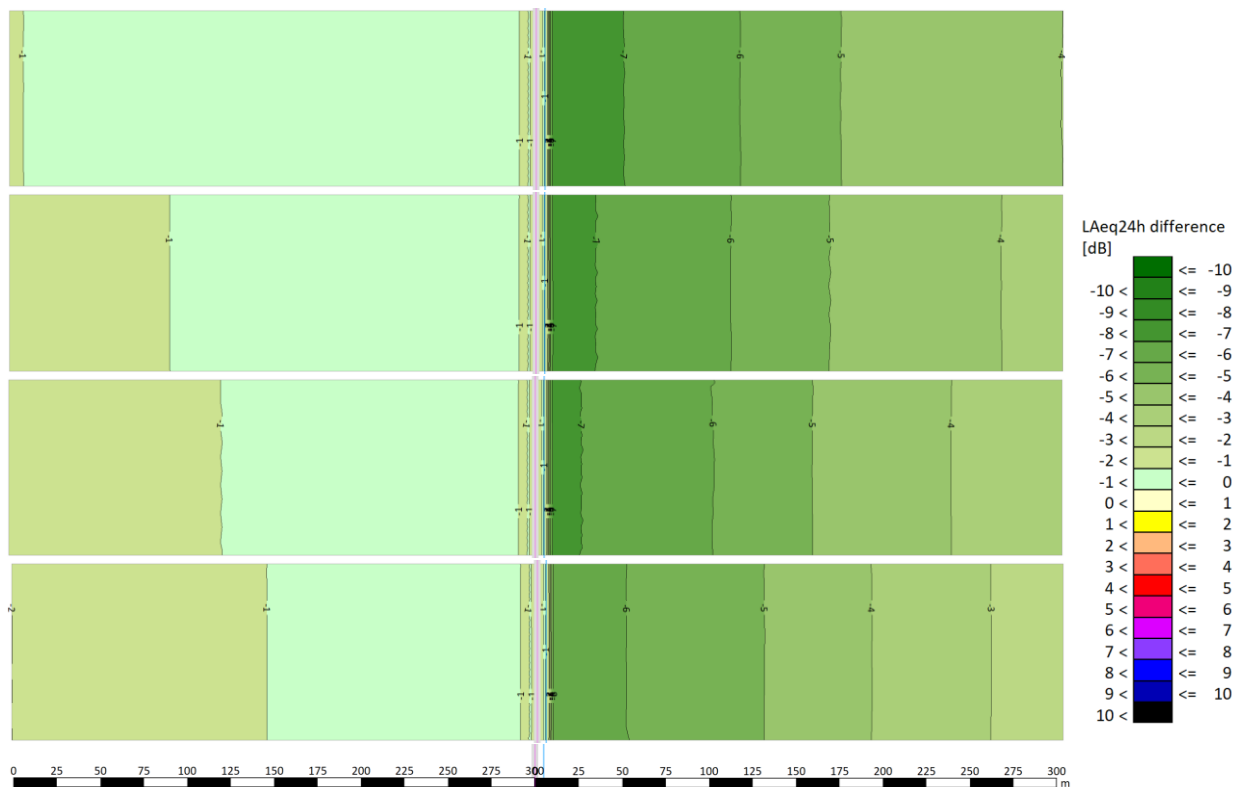
Figur 14. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m, höjd banvall = 0 m, mjuk mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



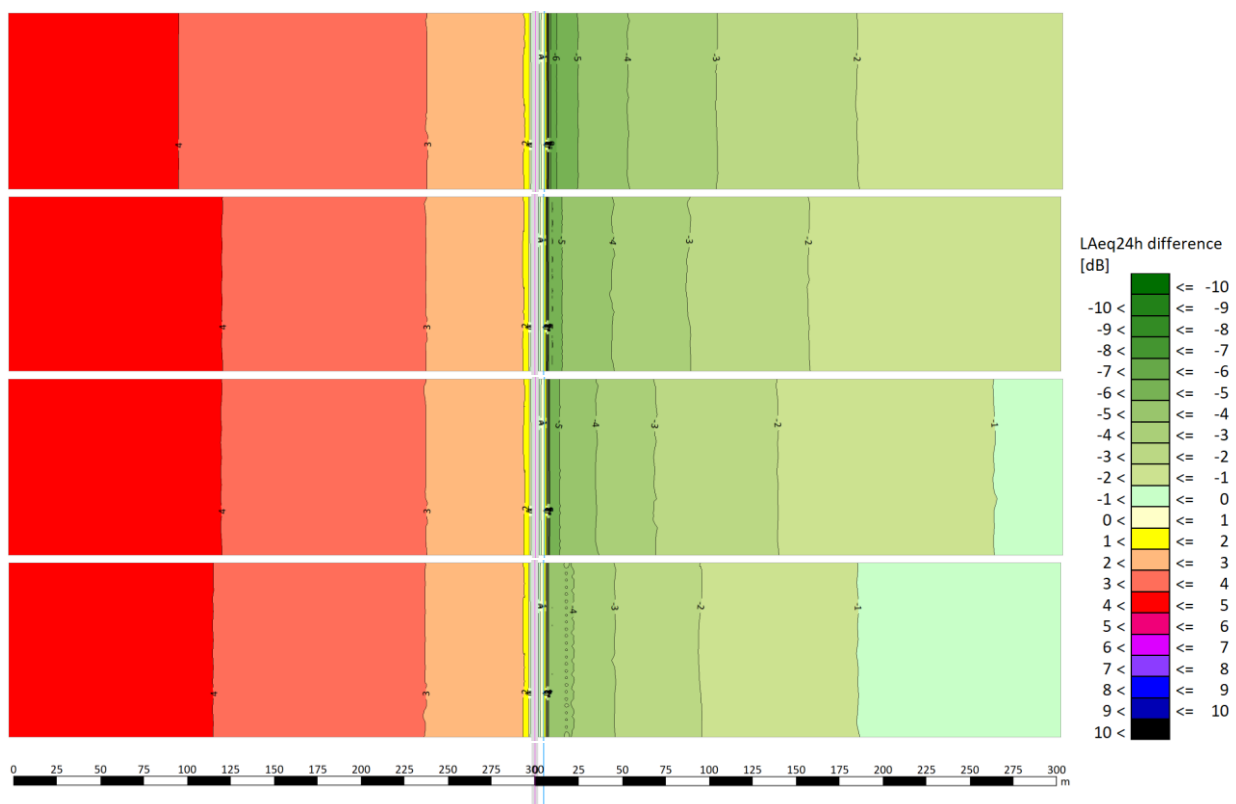
Figur 15. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd =5 m, höjd banvall = 0 m, hård mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



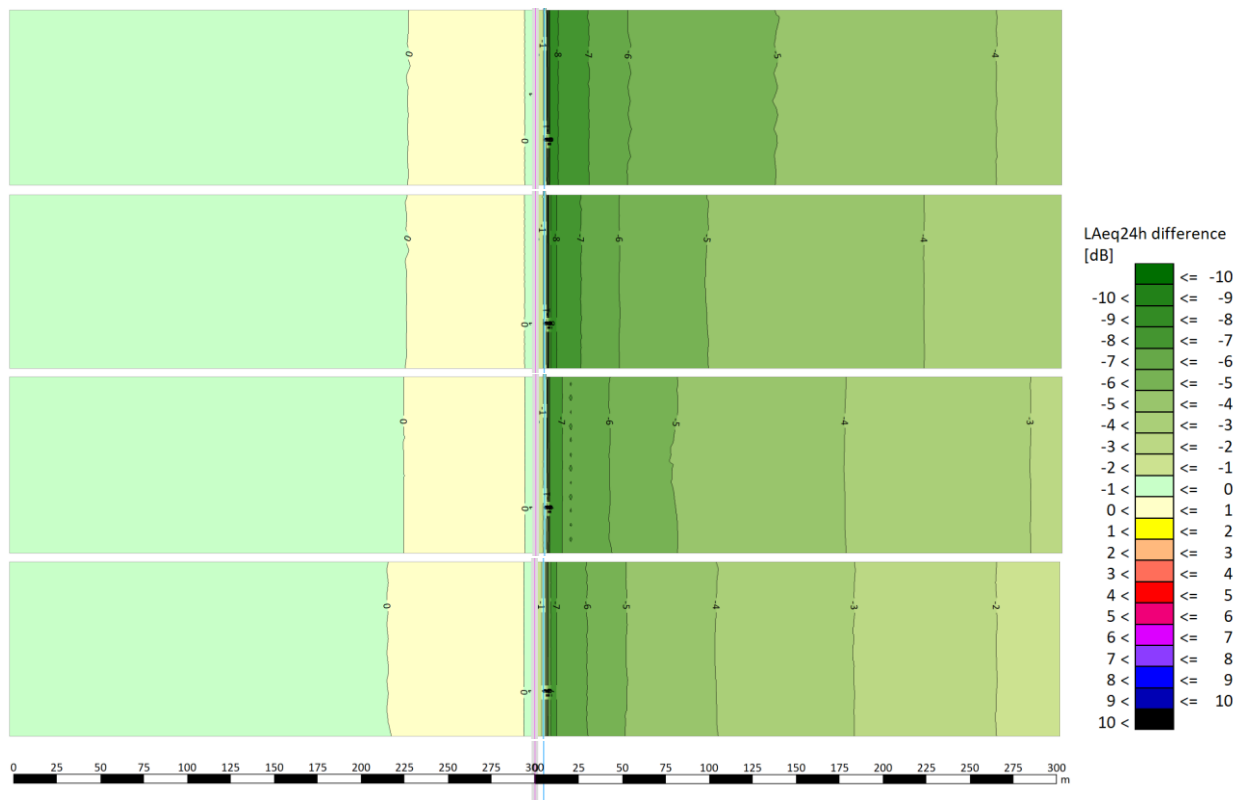
Figur 16. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd =5 m, höjd banvall = 0,5 m, mjuk mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



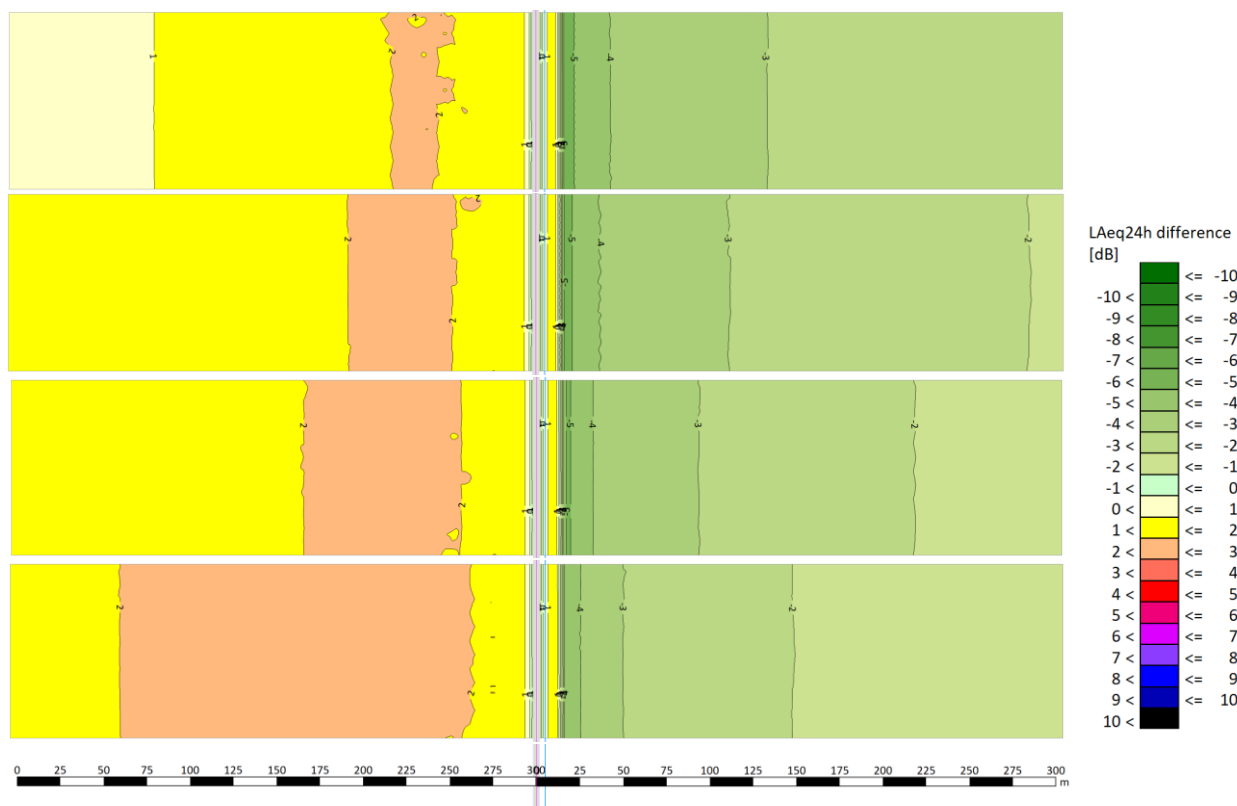
Figur 17. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m, höjd banvall = 0,5 m, hård mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



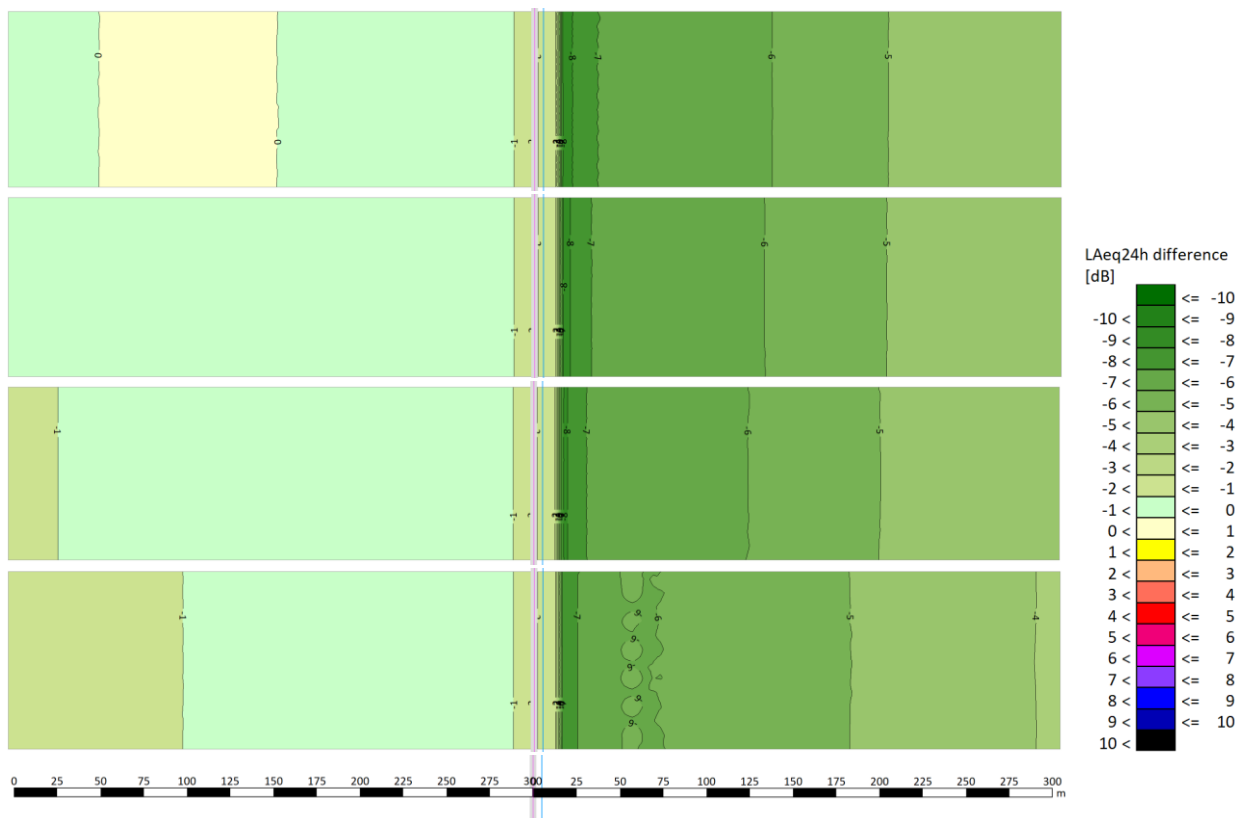
Figur 18. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m, höjd banvall = 2 m, mjuk mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



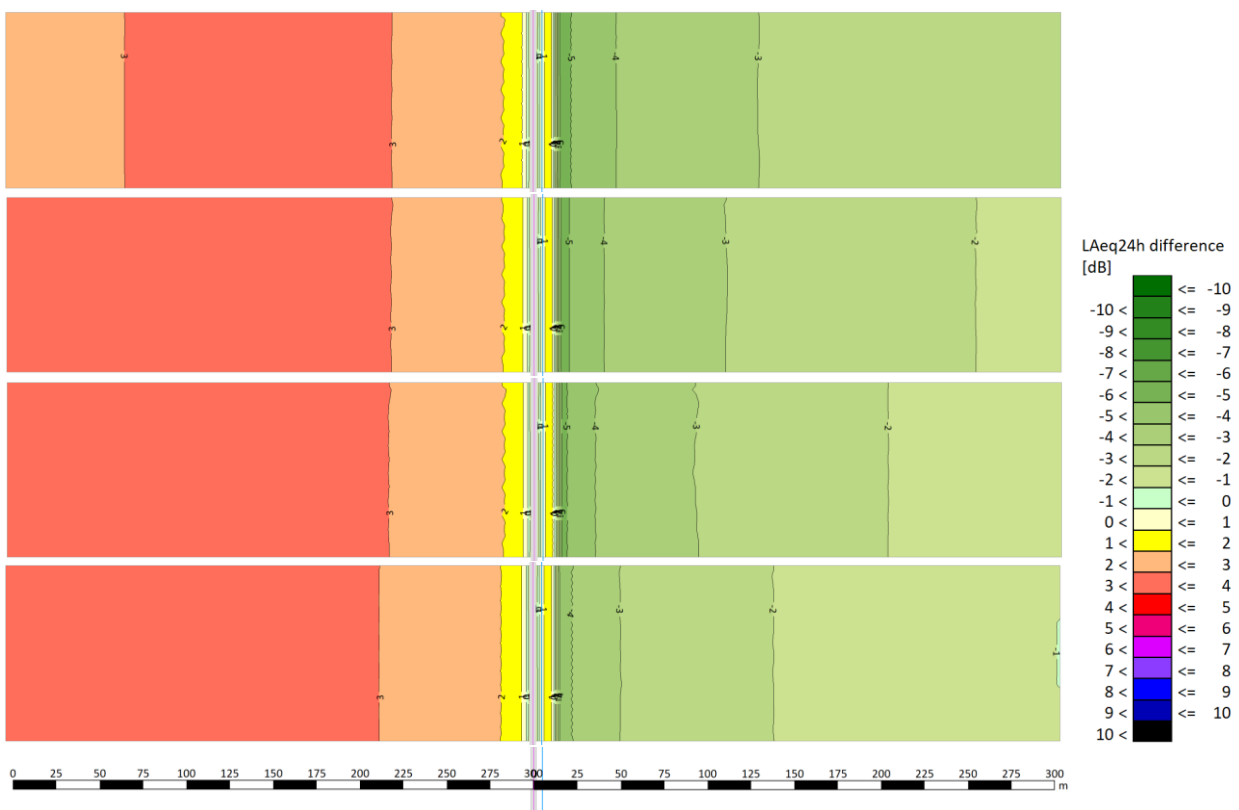
Figur 19. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd =5 m, höjd banvall = 2 m, hård mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



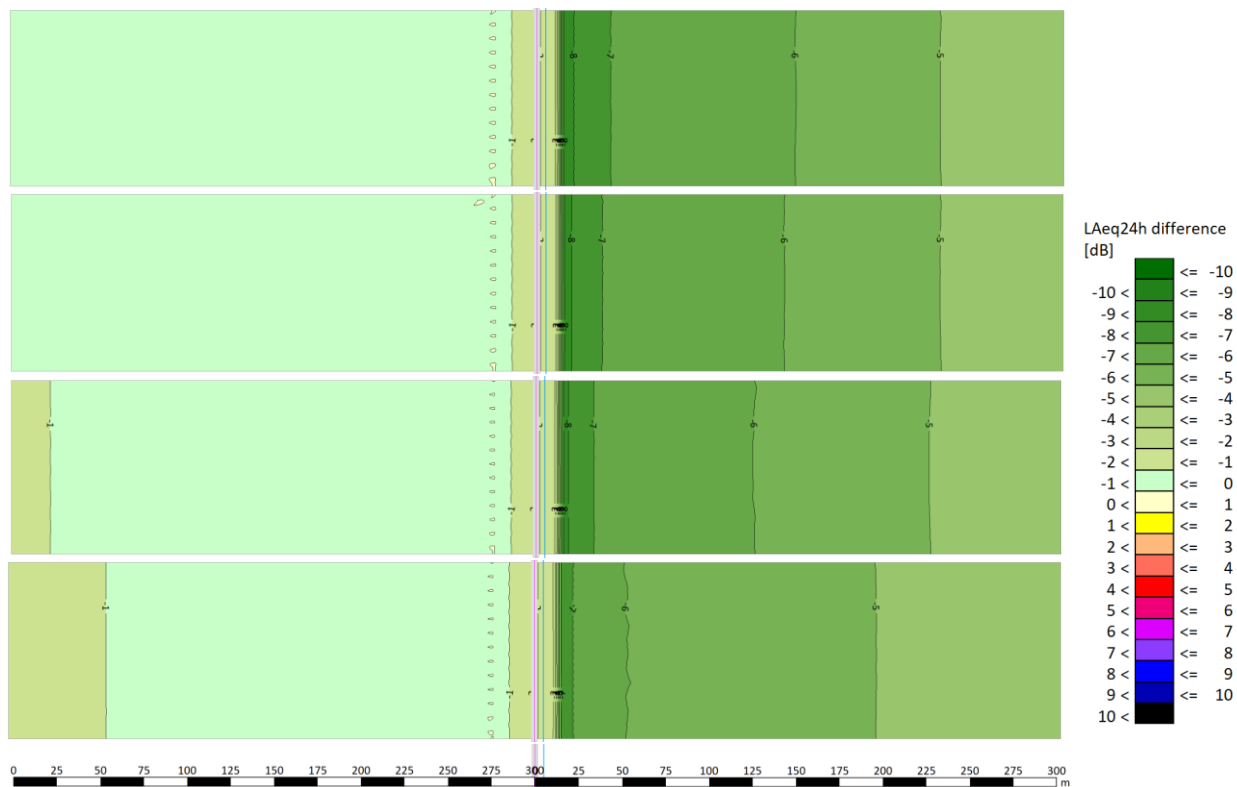
Figur 20. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd =8 m, höjd banvall = 0 m, mjuk mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



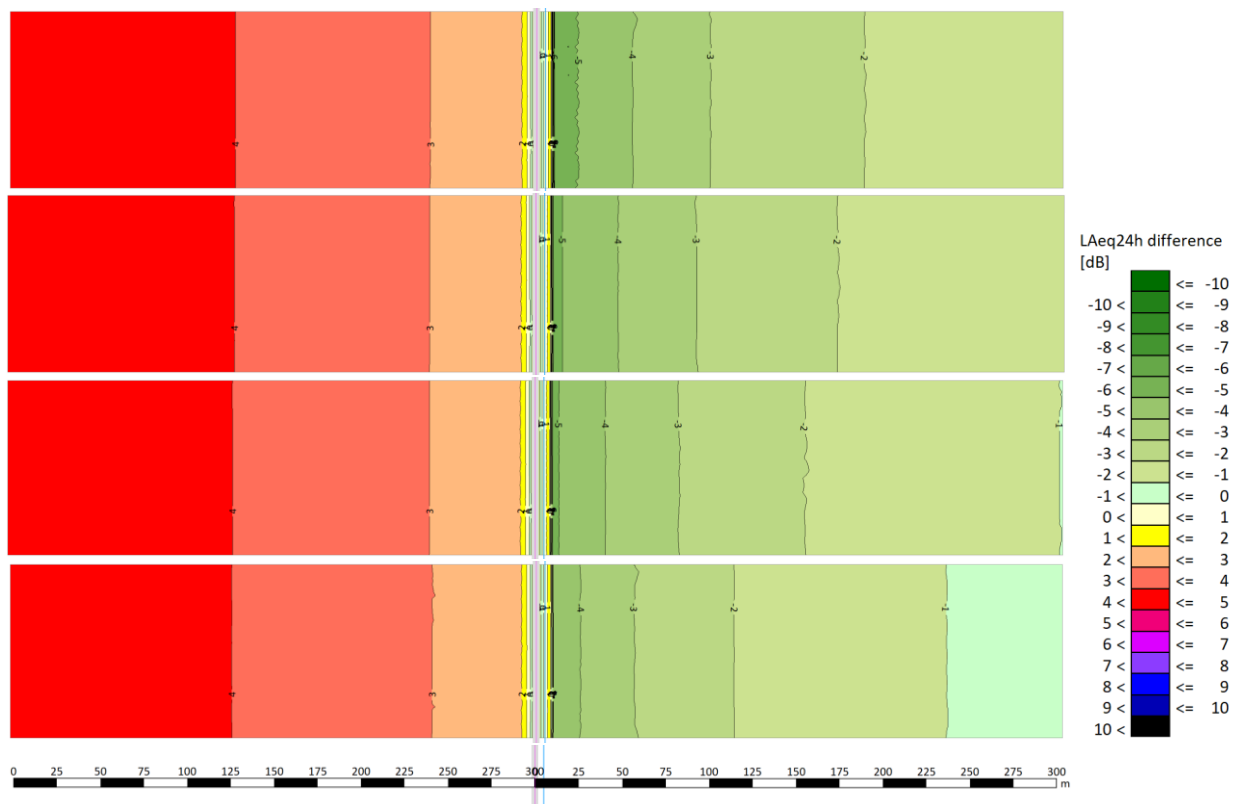
Figur 21. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd =8 m, höjd banvall = 0 m, hård mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



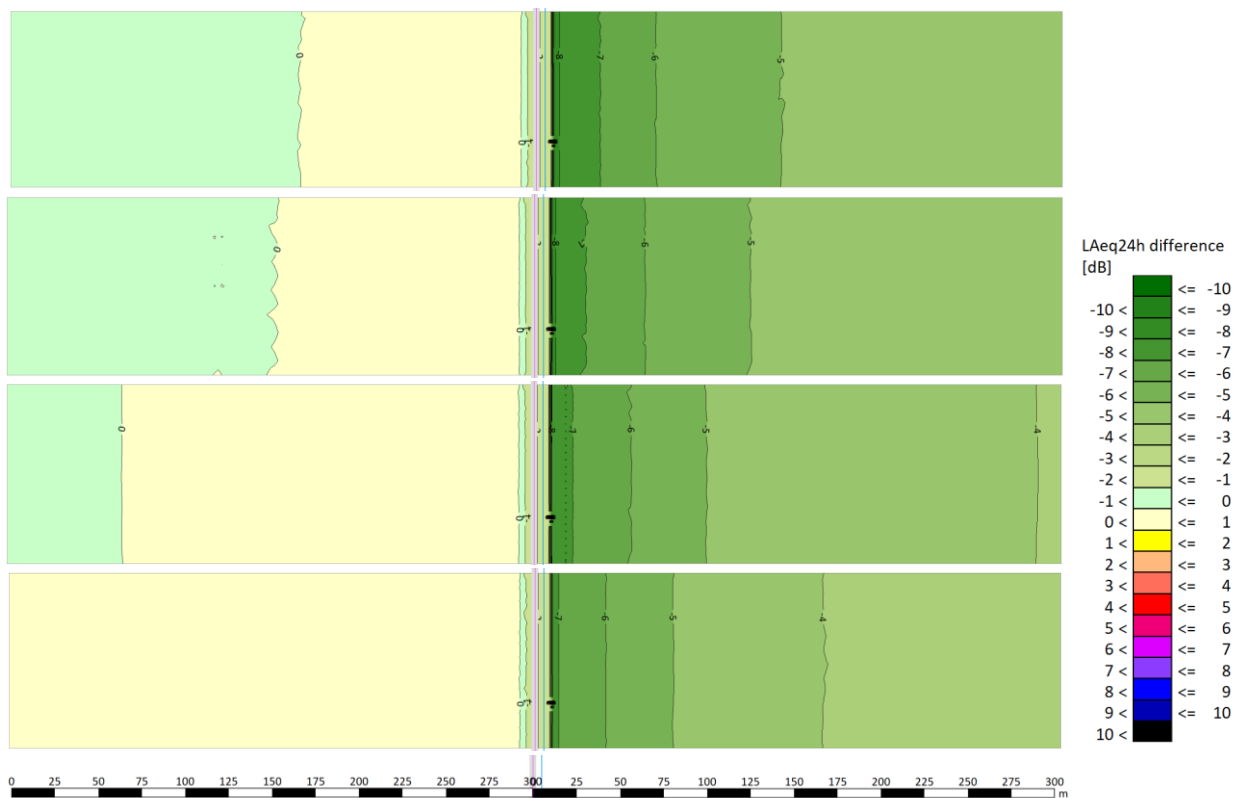
Figur 22. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd =8 m, höjd banvall = 0,5 m, mjuk mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



Figur 23. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd =8 m, höjd banvall = 0,5 m, hård mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



Figur 24. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd =8 m, höjd banvall = 2 m, mjuk mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

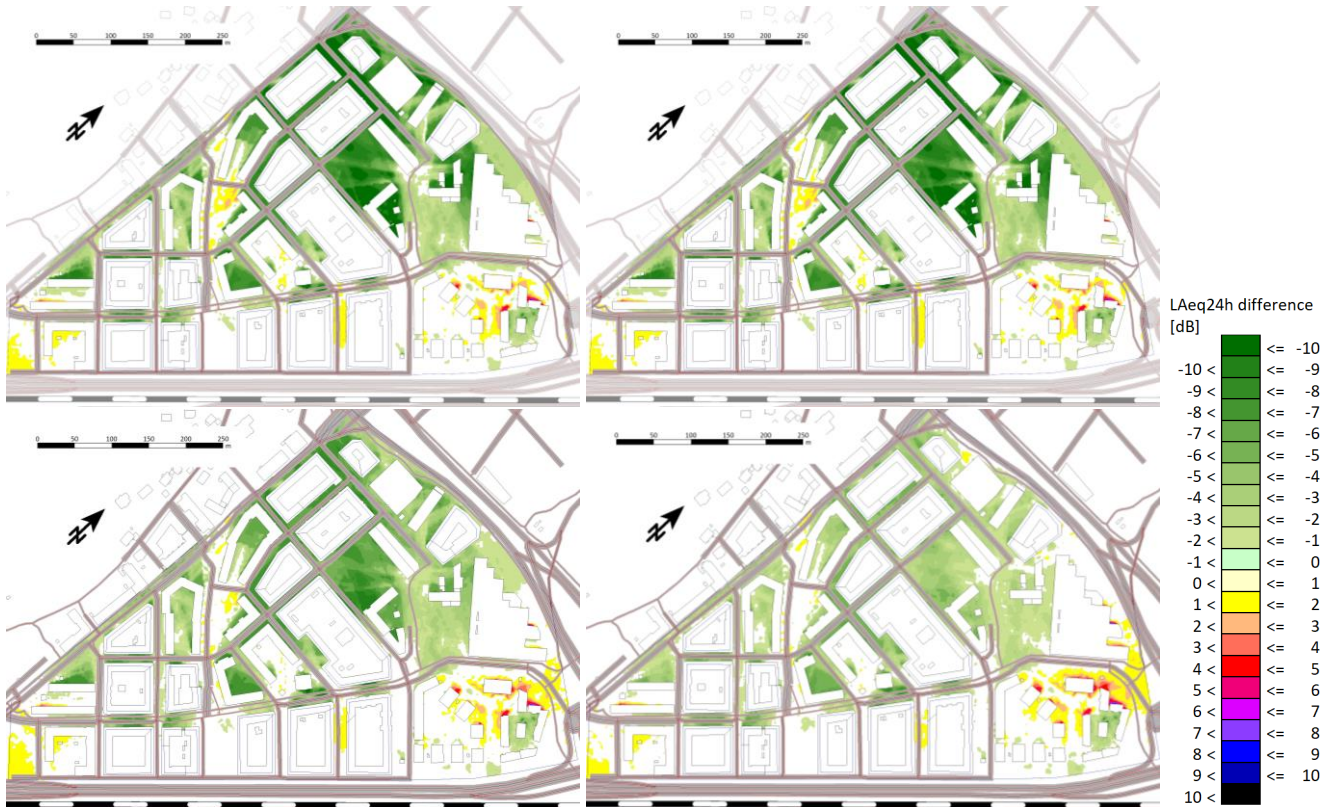


Figur 25. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 8 m, höjd banvall = 2 m, hård mark. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

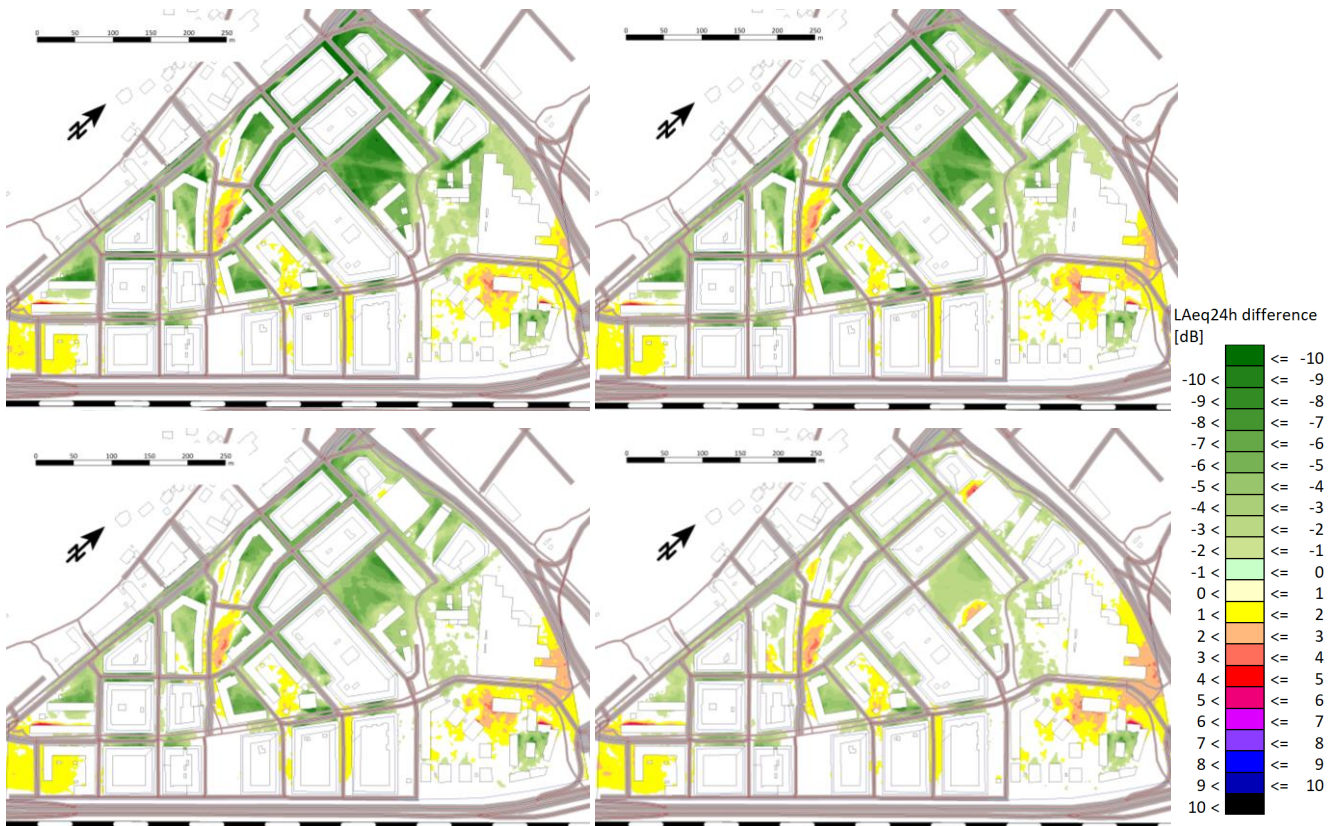
B1.2. Brämaregården, ekvivalentnivå



Figur 26. Brämaregården, skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m. Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.



Figur 27. Brämaregården, skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m. Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

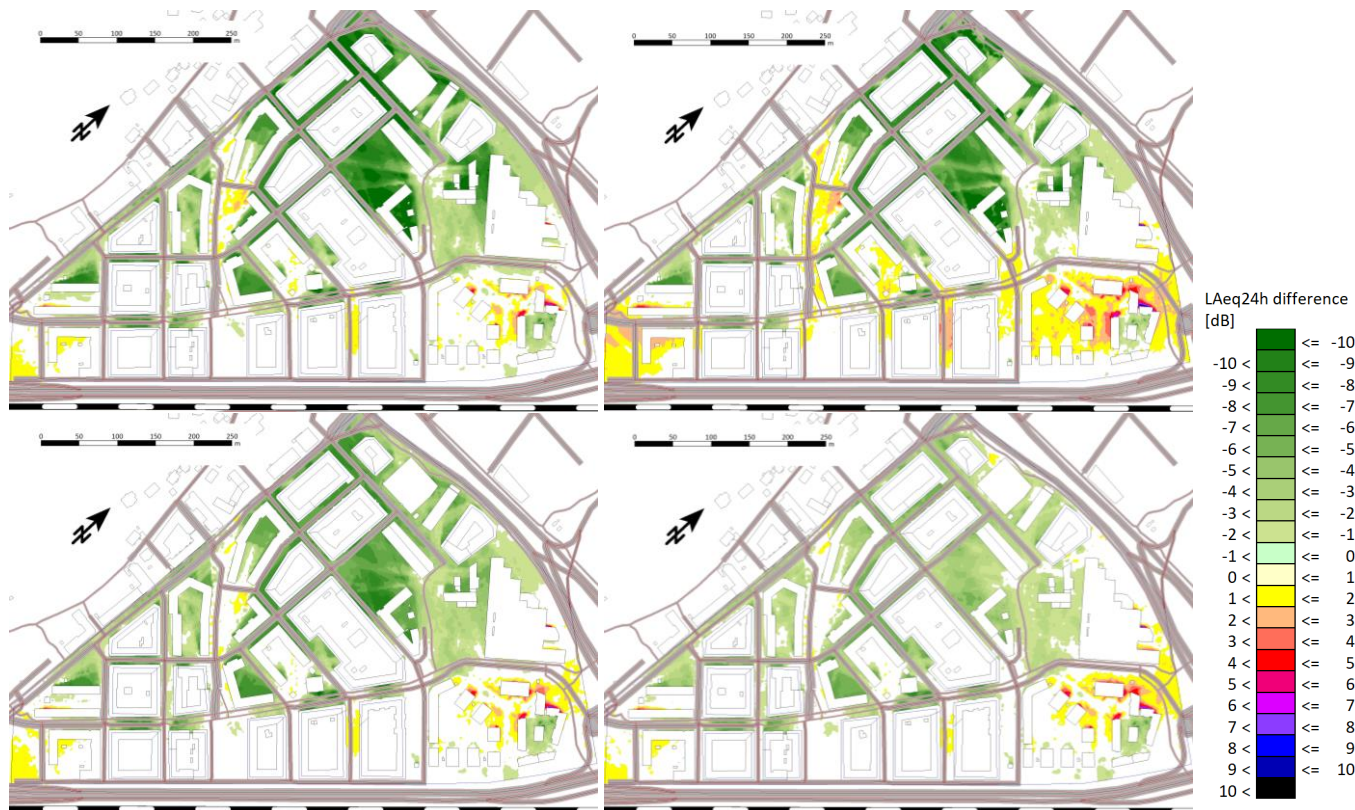


Figur 28. Brämaregården, skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 8 m. Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

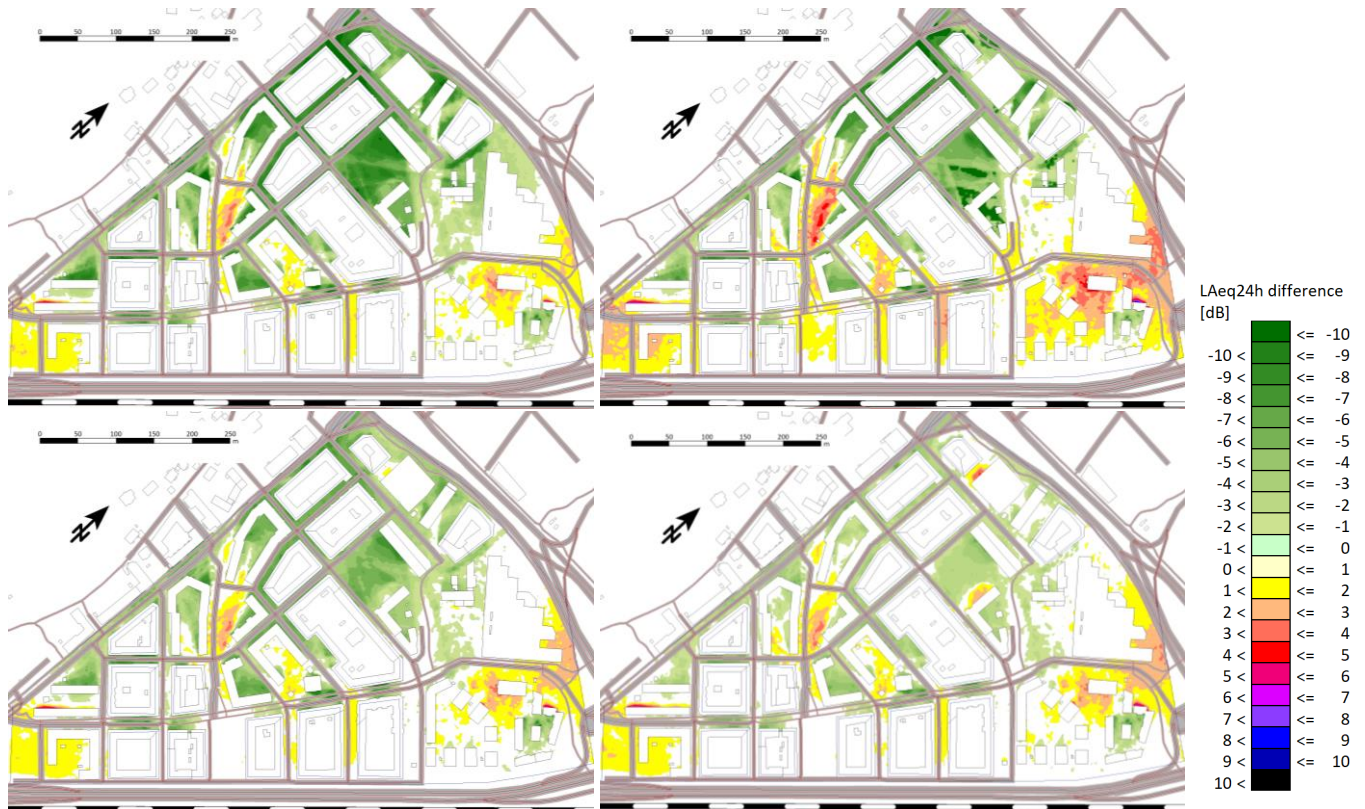
B1.3. Brämregården, maximalnivå



Figur 29. Brämregården, skillnadsplottar ($L_{A_{fmax}}$) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m. Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

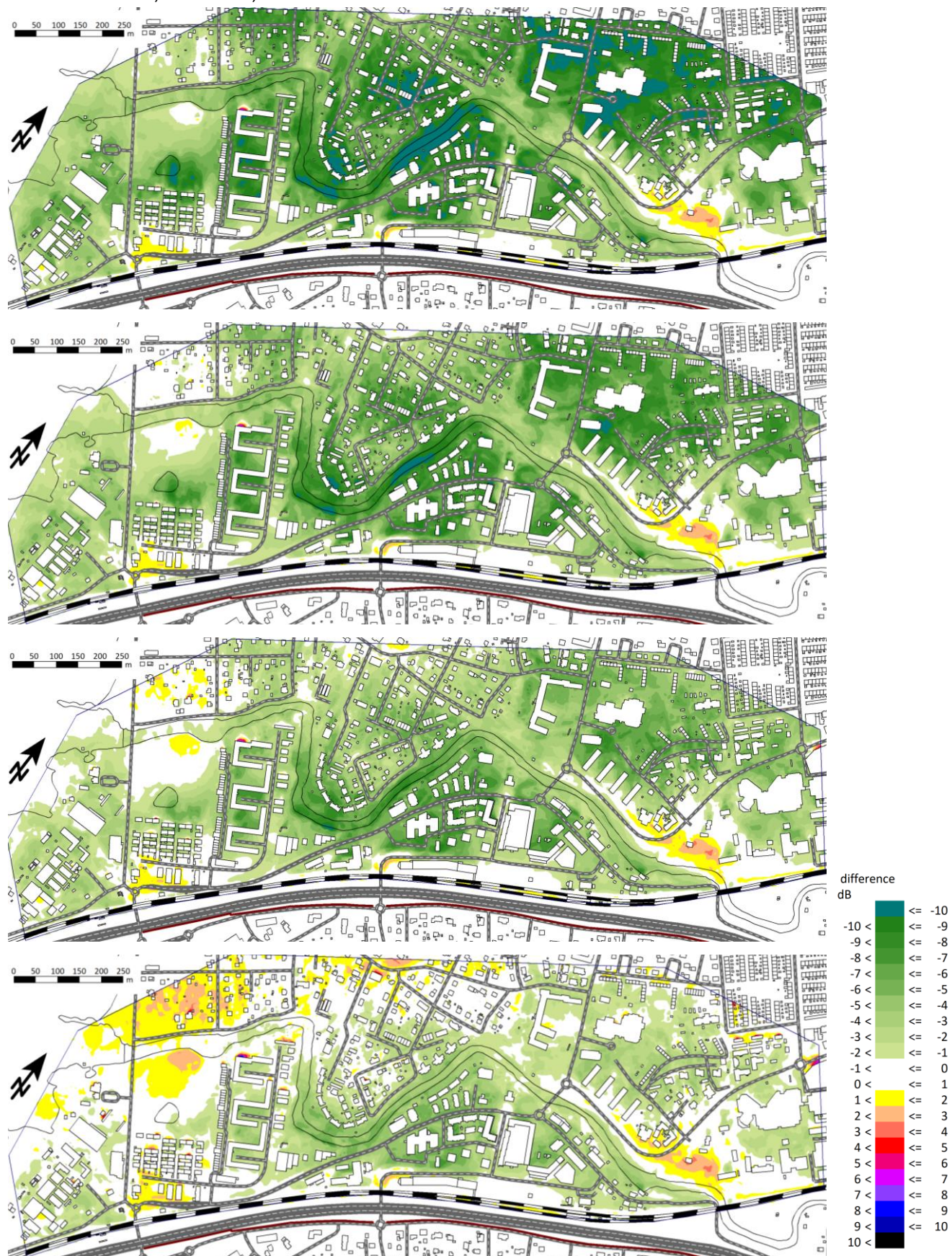


Figur 30. Brämregården, skillnadsplottar ($L_{A_{fmax}}$) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m. Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

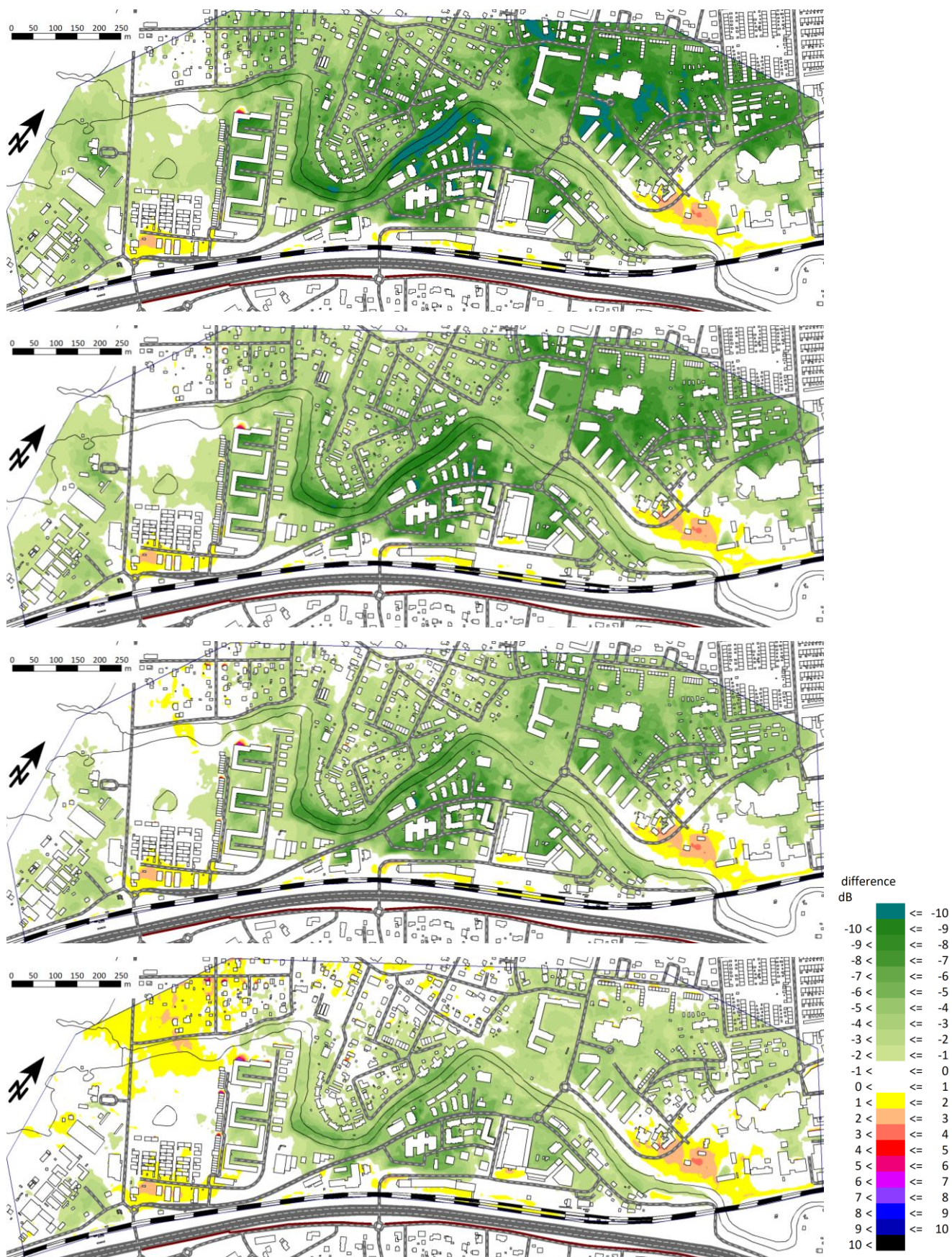


Figur 31. Brämregården, skillnadsplottar ($L_{A_{Fmax}}$) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 8 m. Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

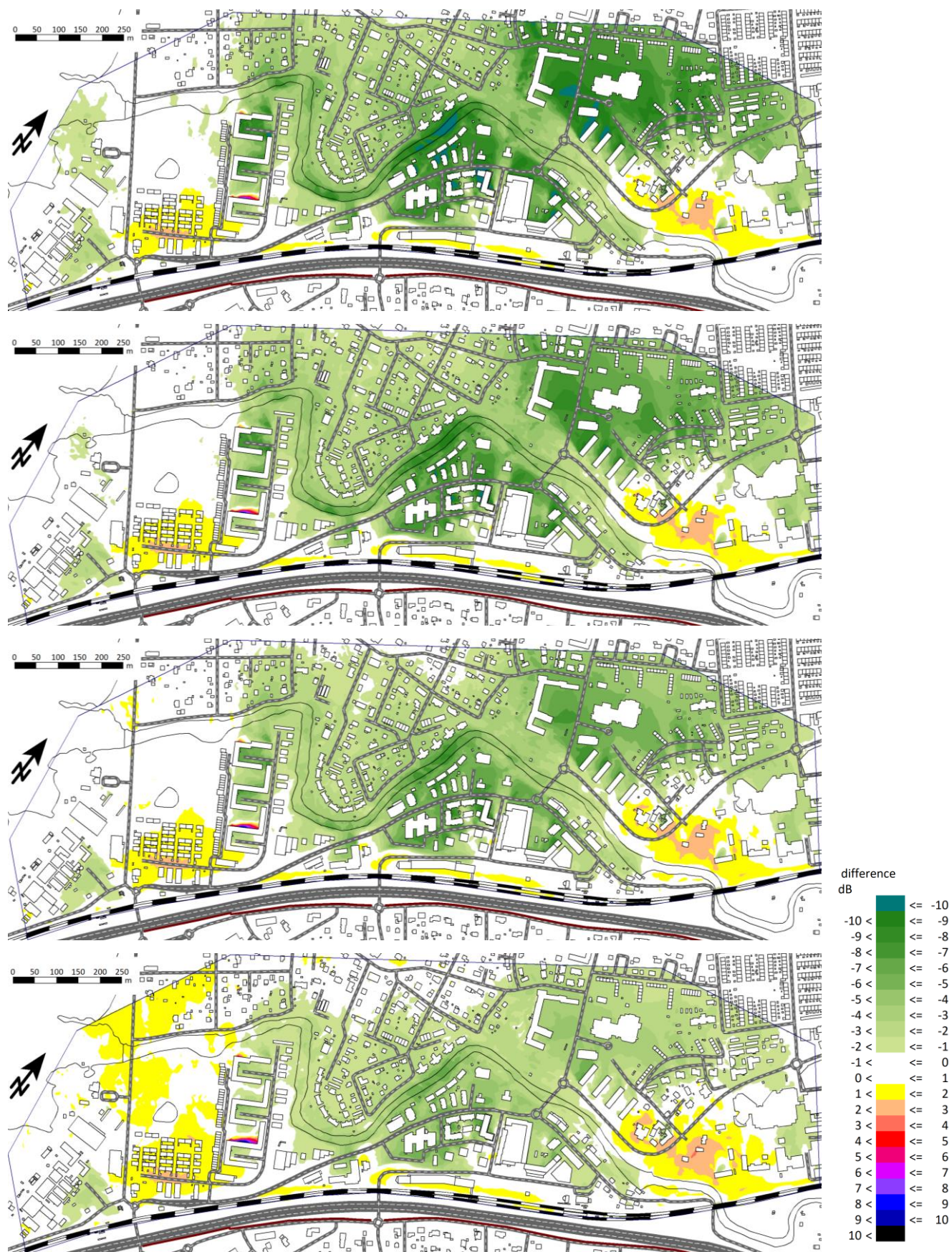
B1.4. Lerum, centrum, ekvivalentnivå



Figur 32. Lerum, centrum, skillnadsplostrar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

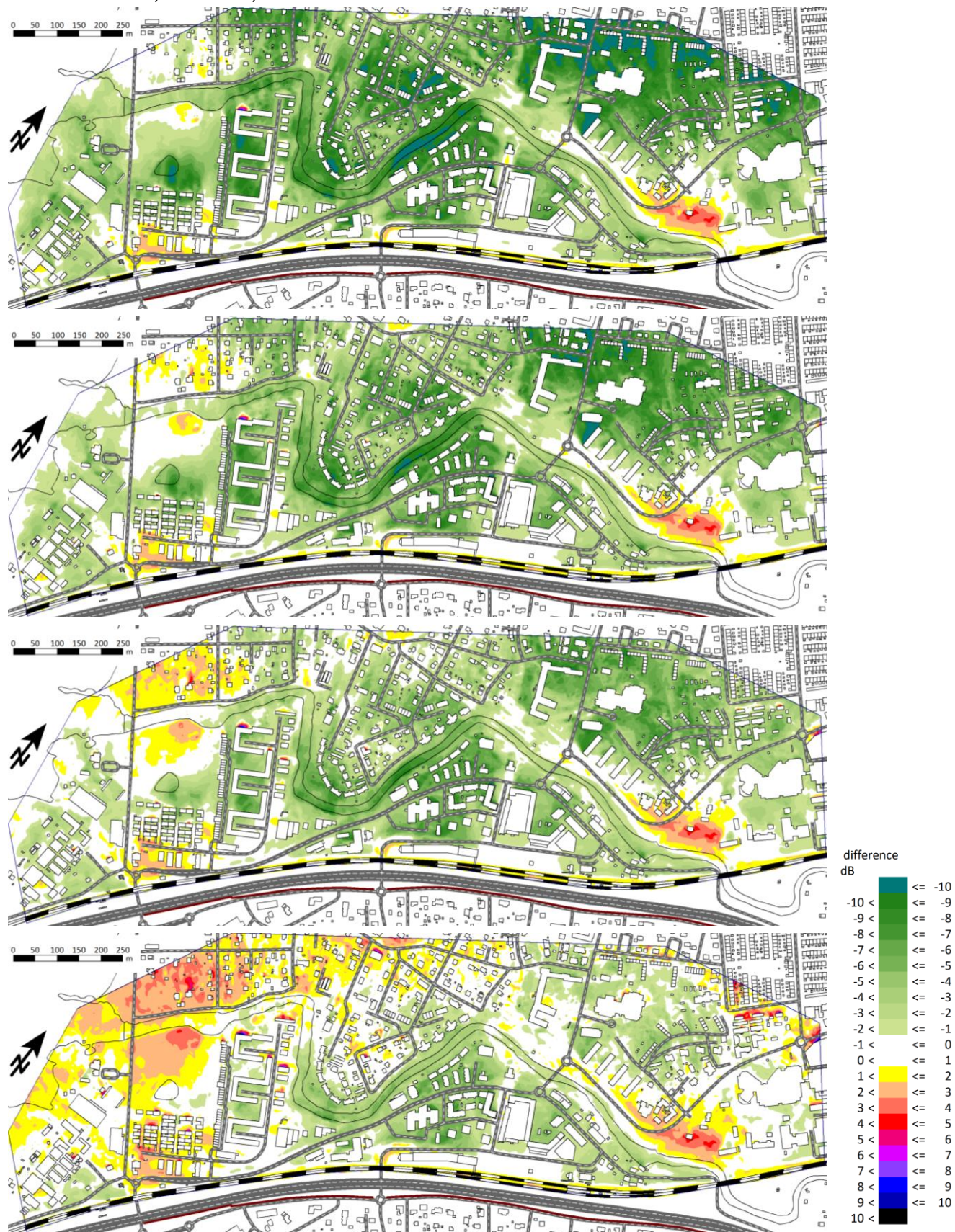


Figur 33. Lerum, centrum, skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m.
Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

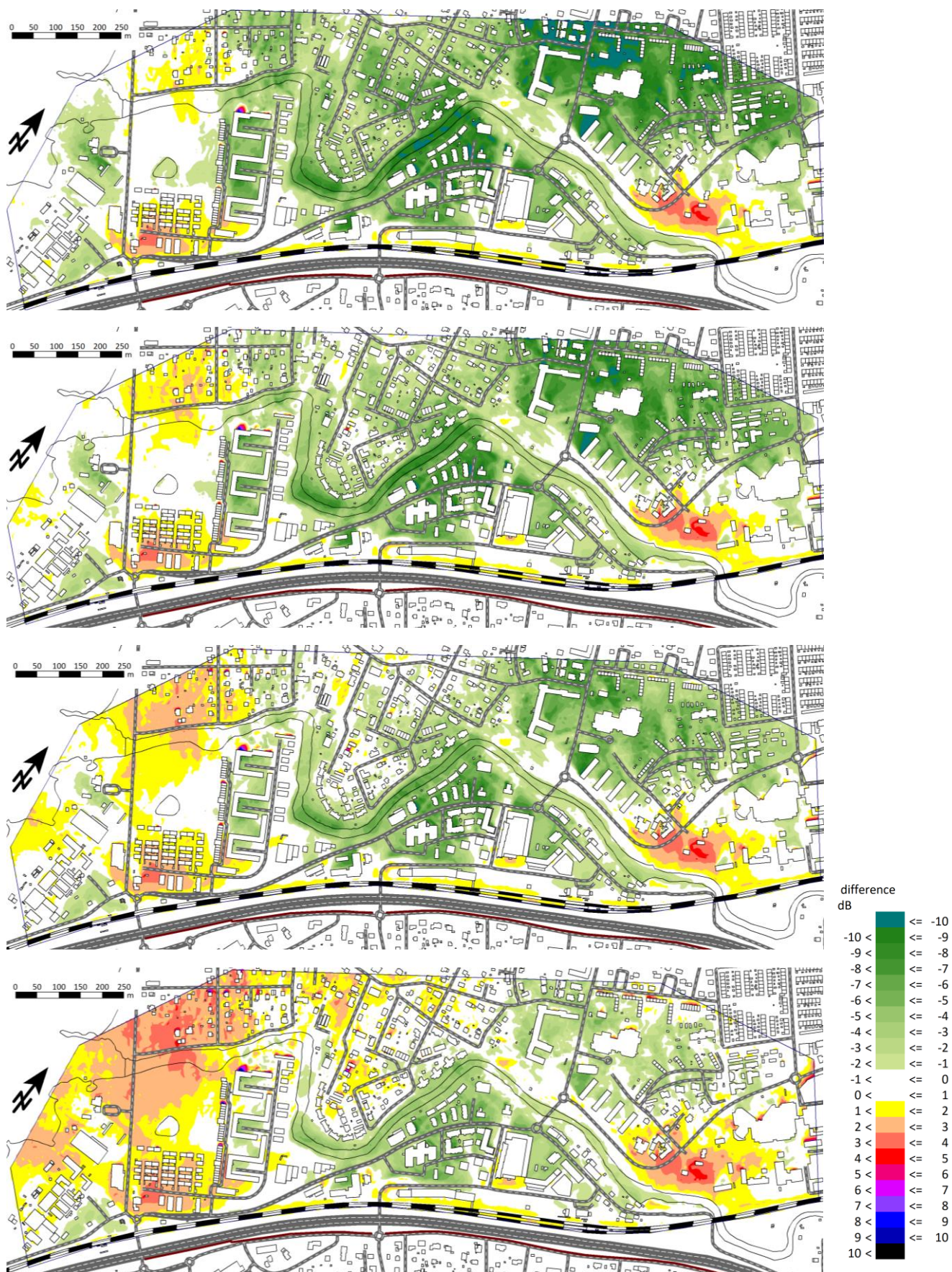


Figur 34. Lerum, centrum, skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 8 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

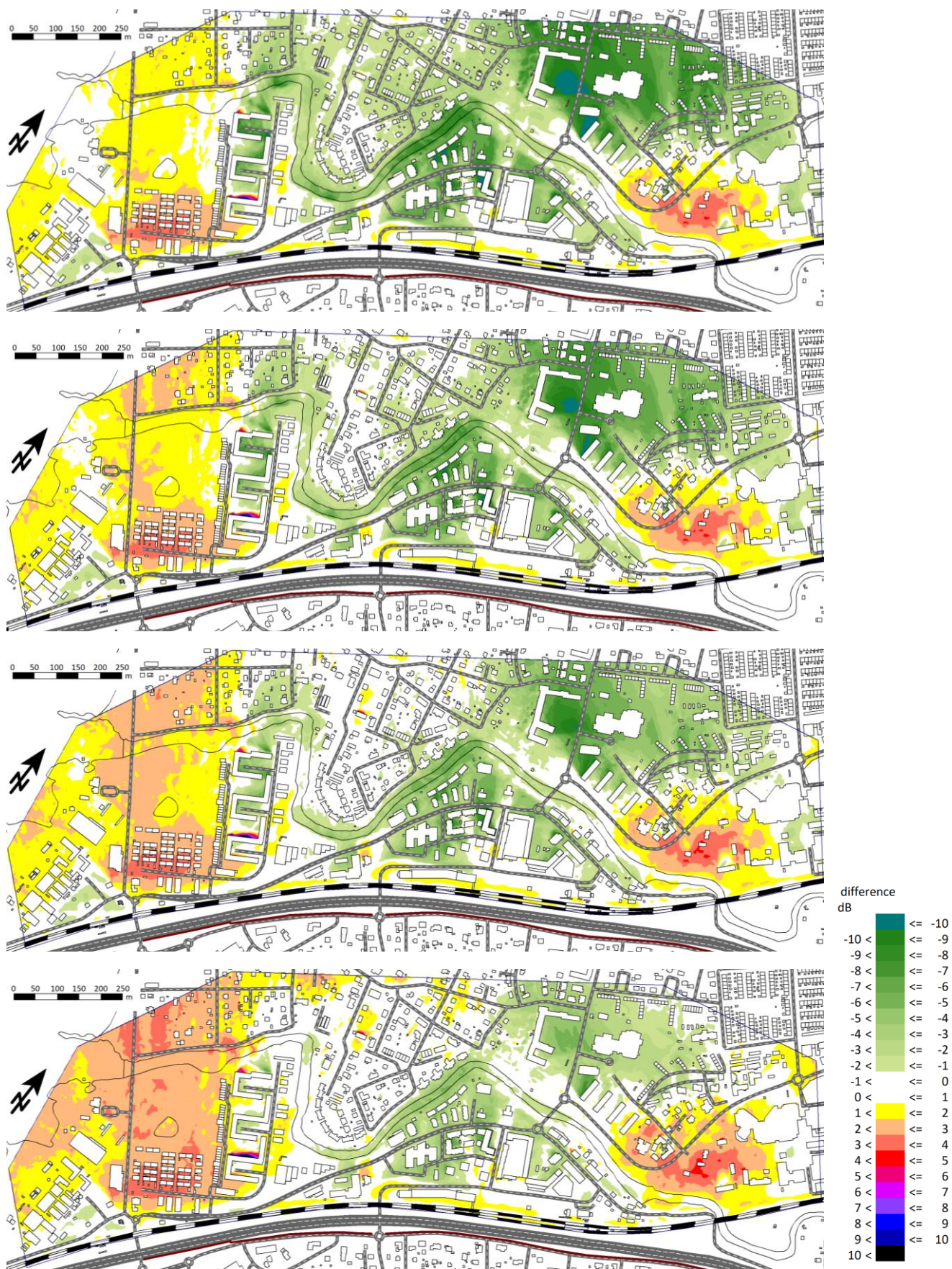
B1.5. Lerum, centrum, maximalnivå



Figur 35. Lerum, centrum, skillnadsplottar (L_{AFmax}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

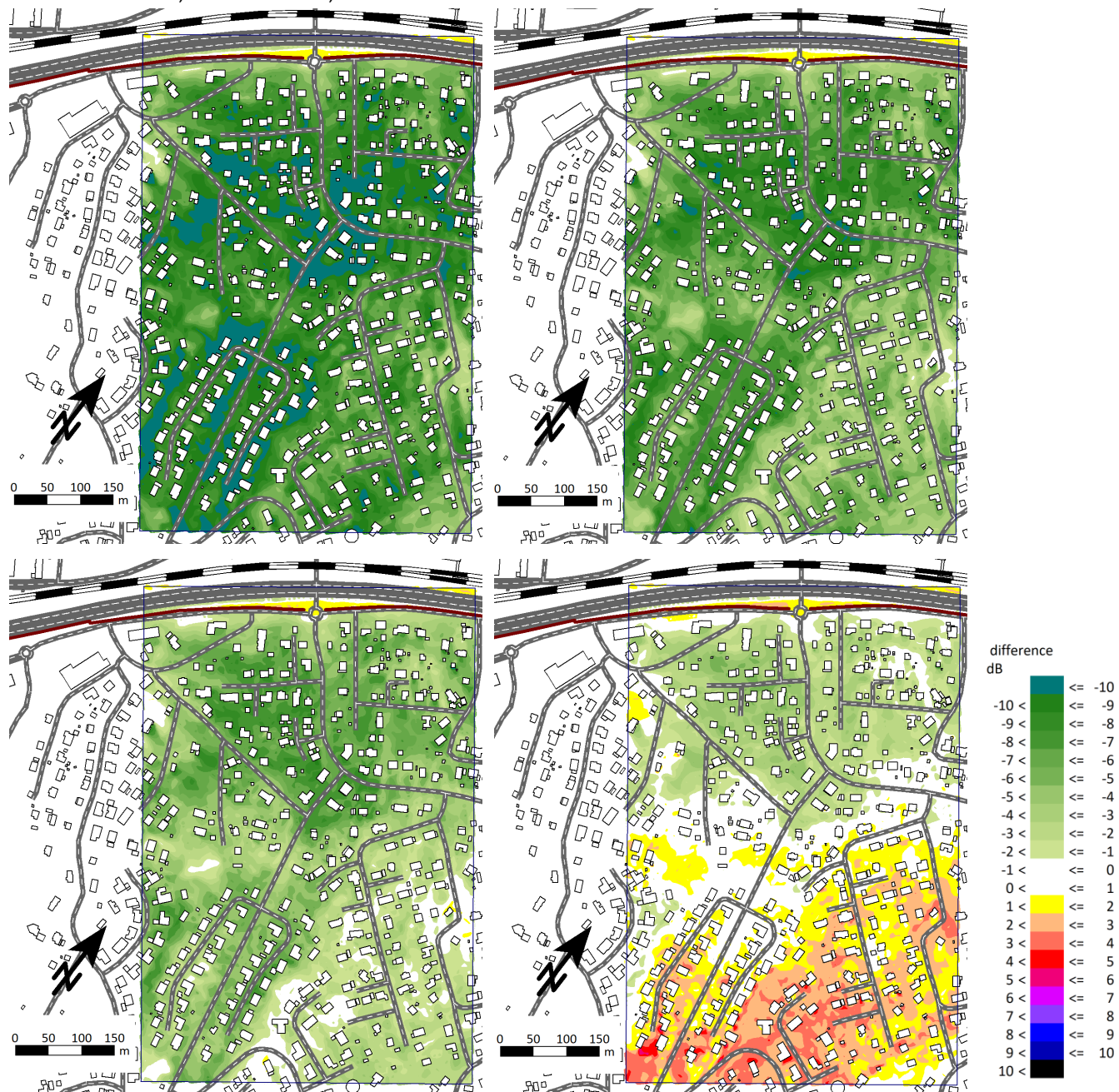


Figur 36. Lerum, centrum, skillnadsplottar (L_{AFmax}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

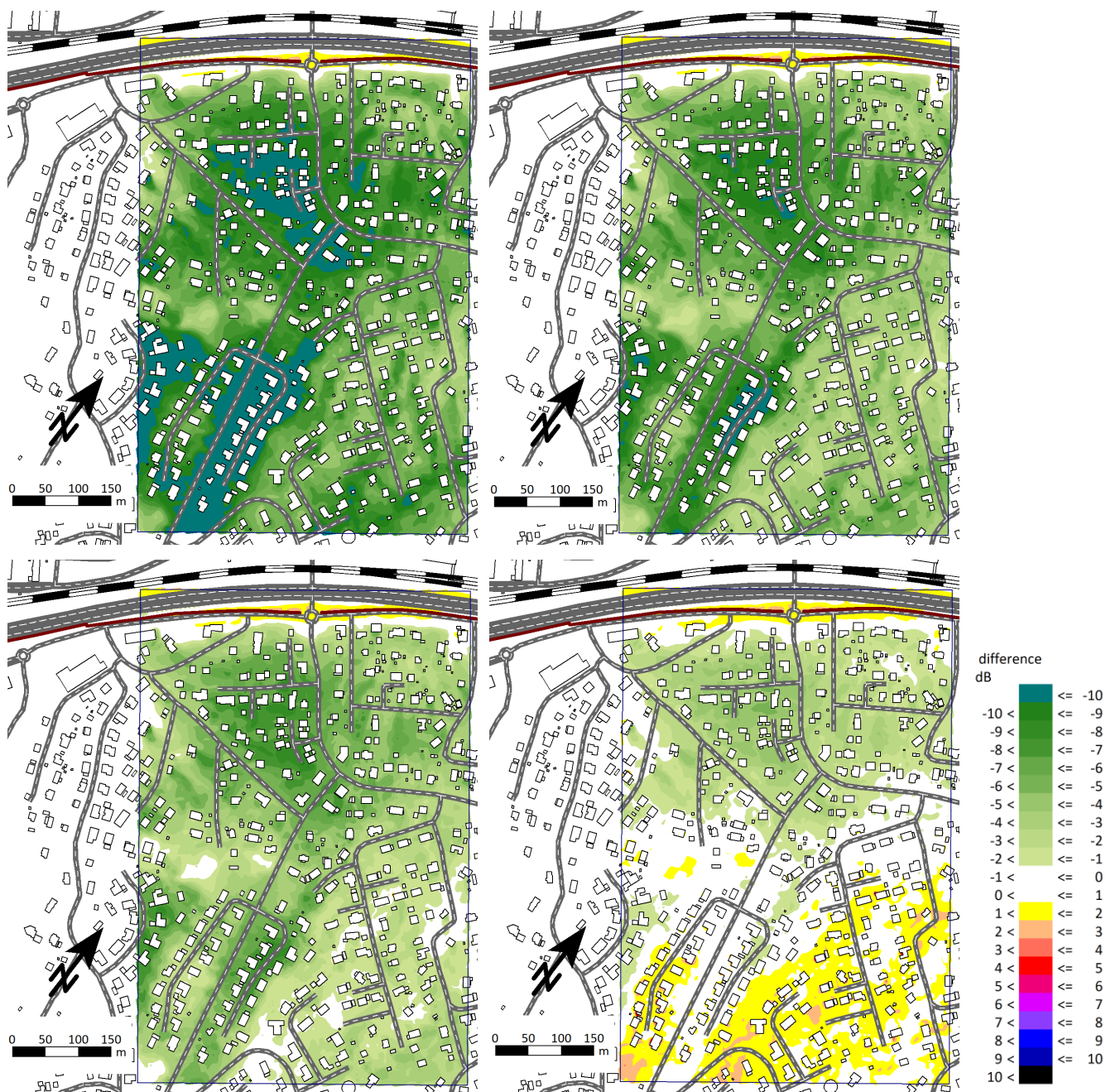


Figur 37. Lerum, centrum, skillnadsplottar (L_{AFmax}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 8 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

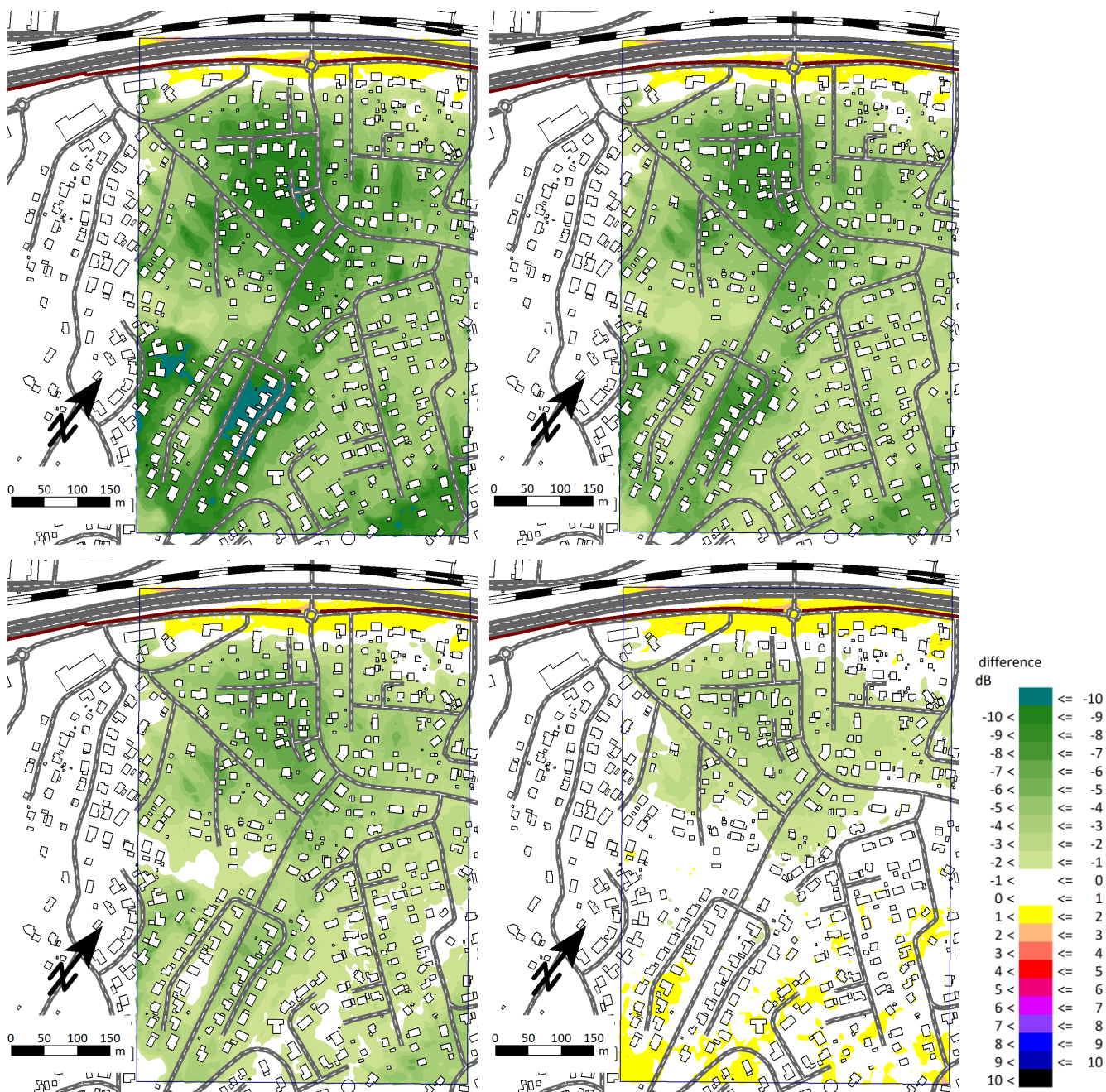
B1.6. Lerum, villaområde, ekvivalentnivå



Figur 38. Lerum, villaområde, skillnadsploster (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m.
 Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

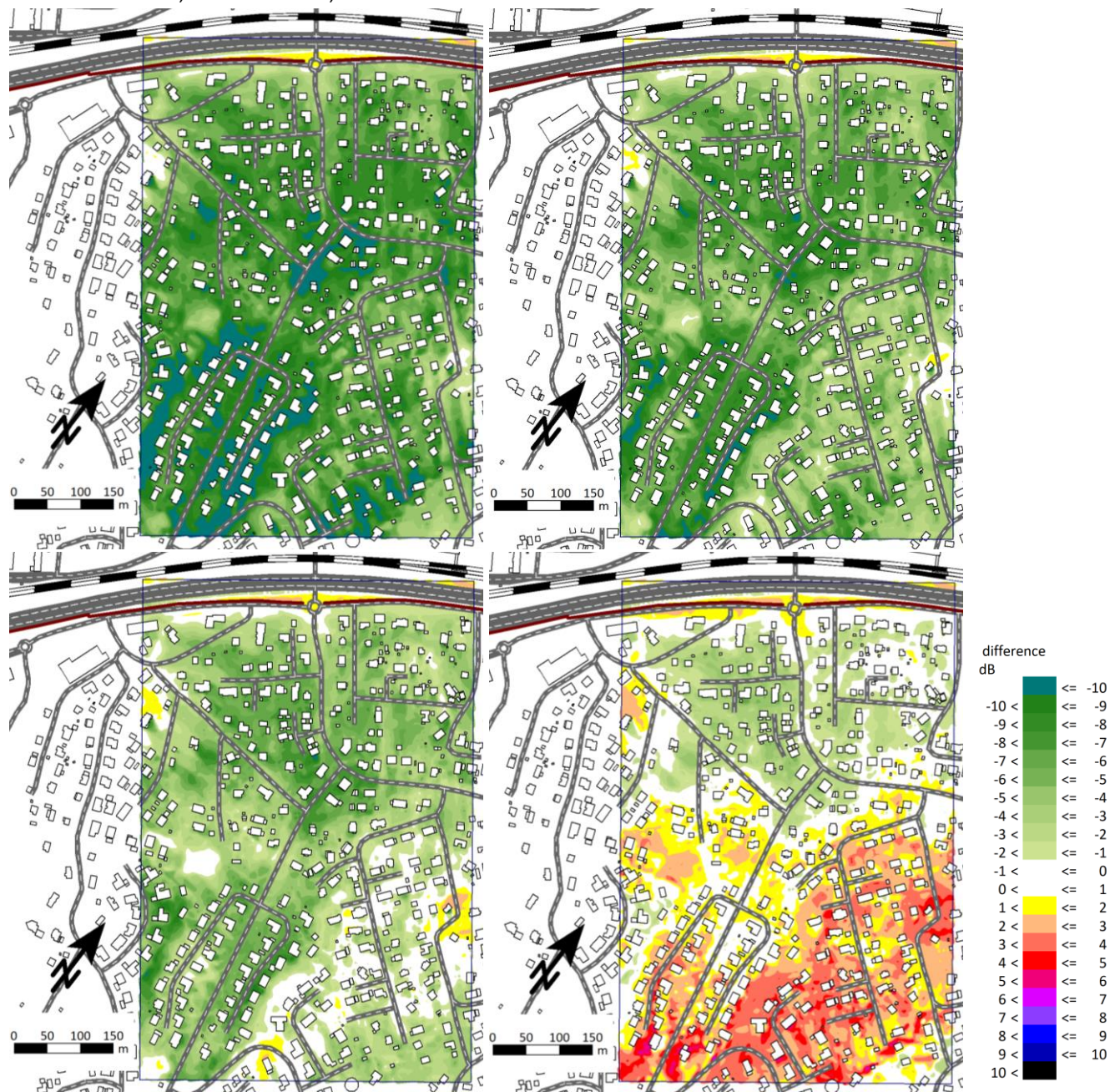


Figur 39. Lerum, villaområde, skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m.
Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

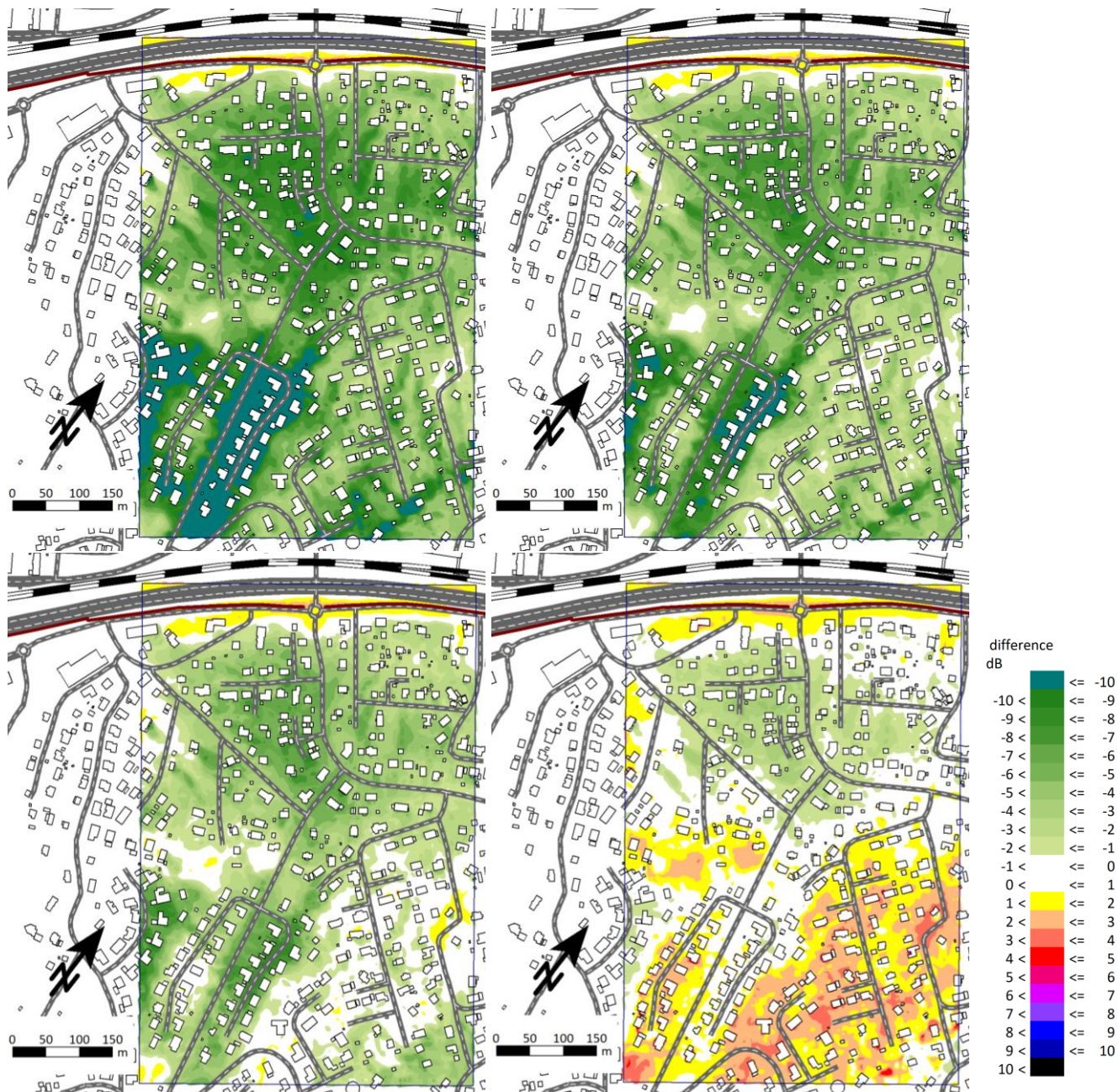


Figur 40. Lerum, villaområde, skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 8 m.
Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

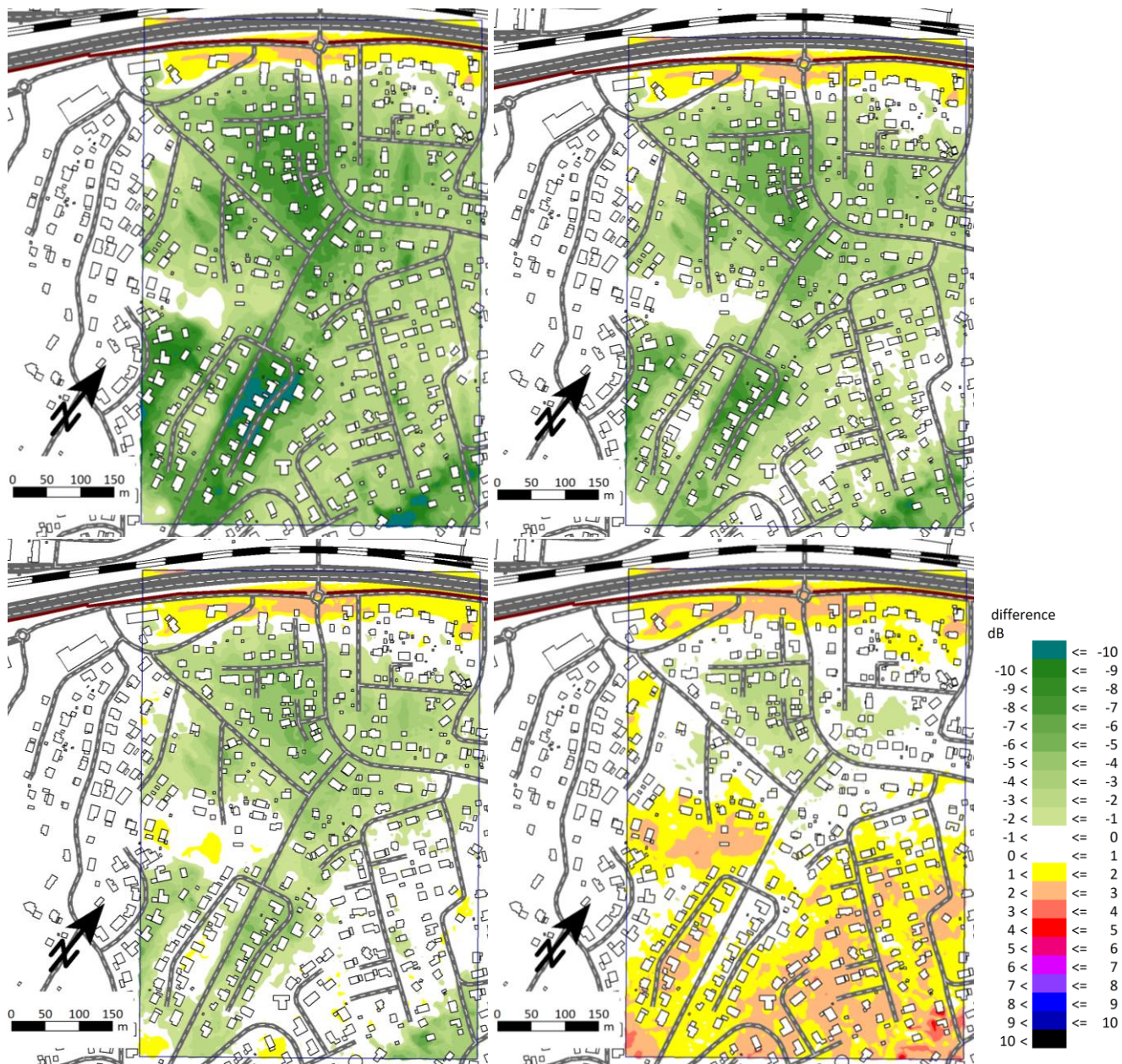
B1.7. Lerum, villaområde, maximalnivå



Figur 41. Lerum, villaområde, skillnadsplottar (L_{AFmax}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m.
 Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

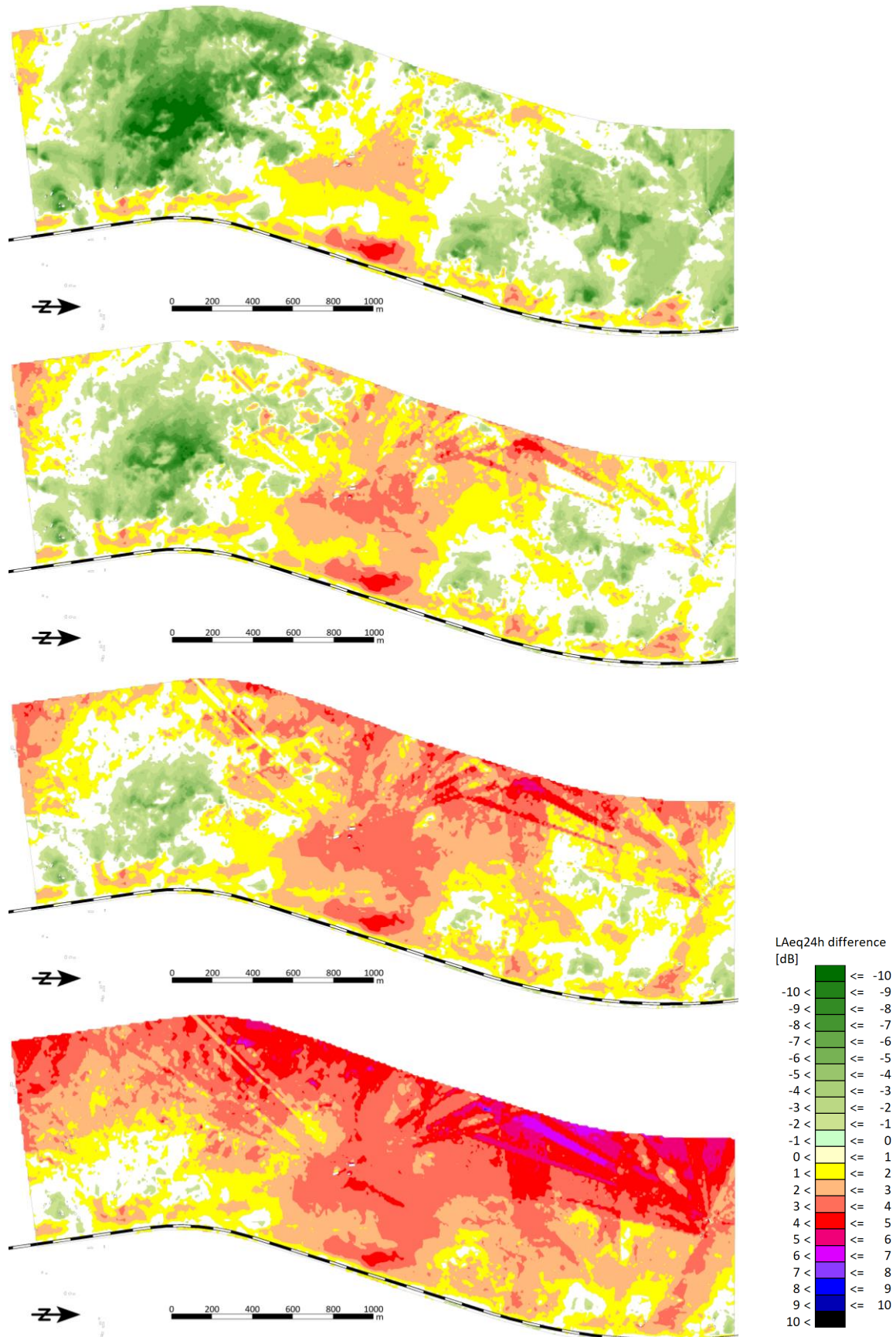


Figur 42. Lerum, villaområde, skillnadsplottar (L_{AFmax}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m.
Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

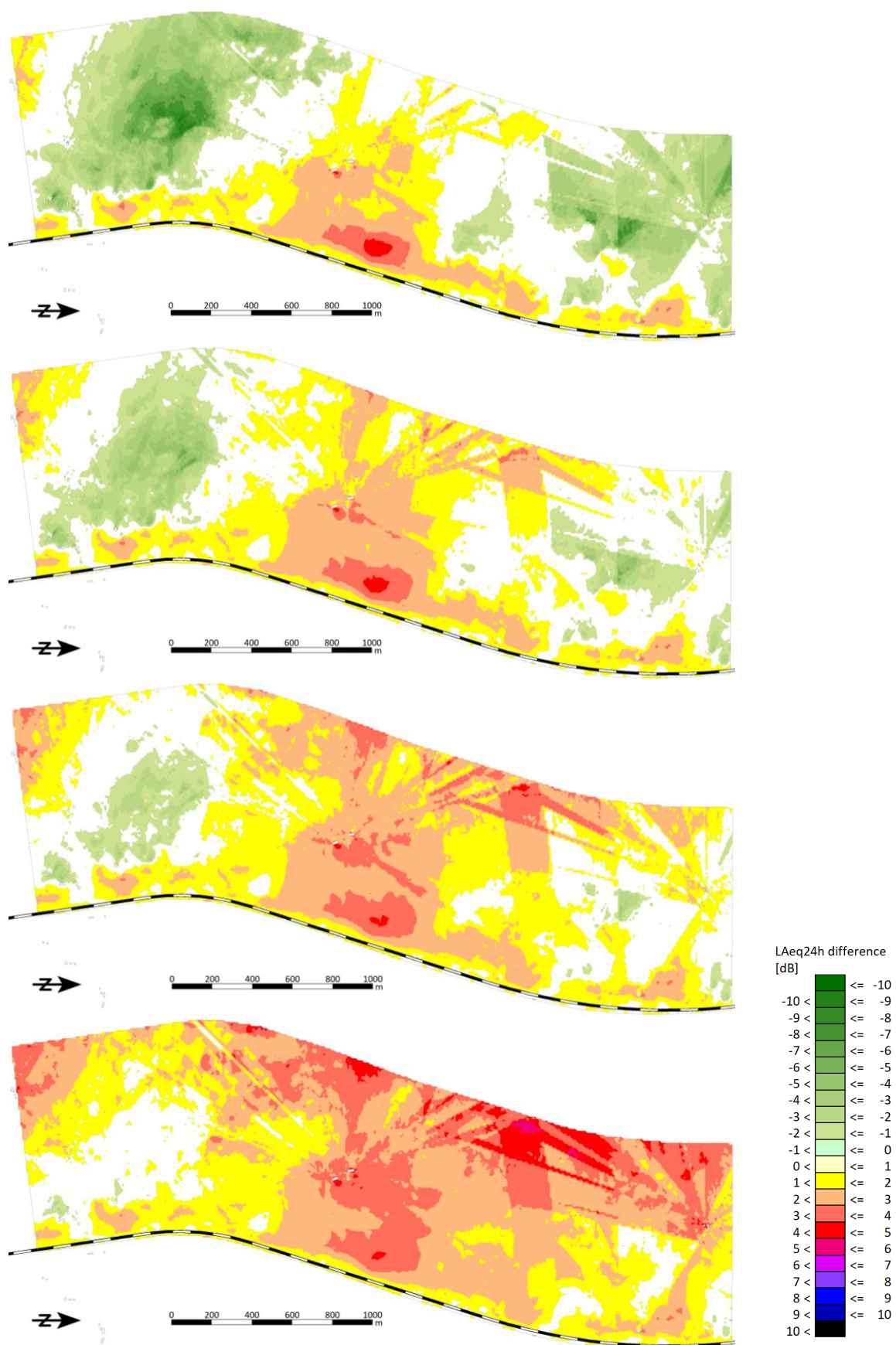


Figur 43. Lerum, villaområde, skillnadsplottar (L_{AFmax}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 8 m.
Vindhastigheter: övre vänster 1 m/s, övre höger 1,5 m/s, nedre vänster 2 m/s och nedre höger 3 m/s.

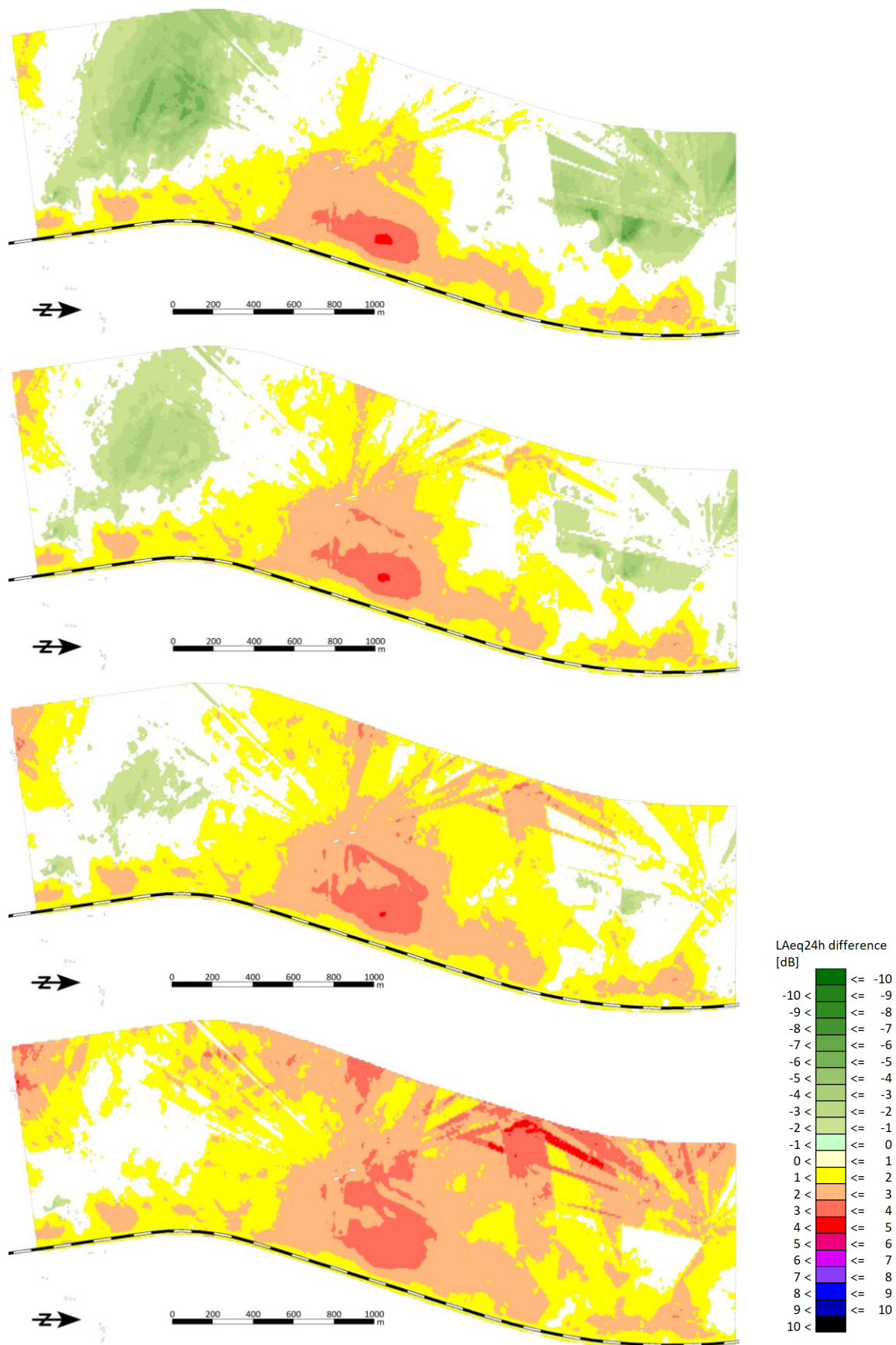
B1.8. Västerås, ekvivalentnivå



Figur 44. Västerås, skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

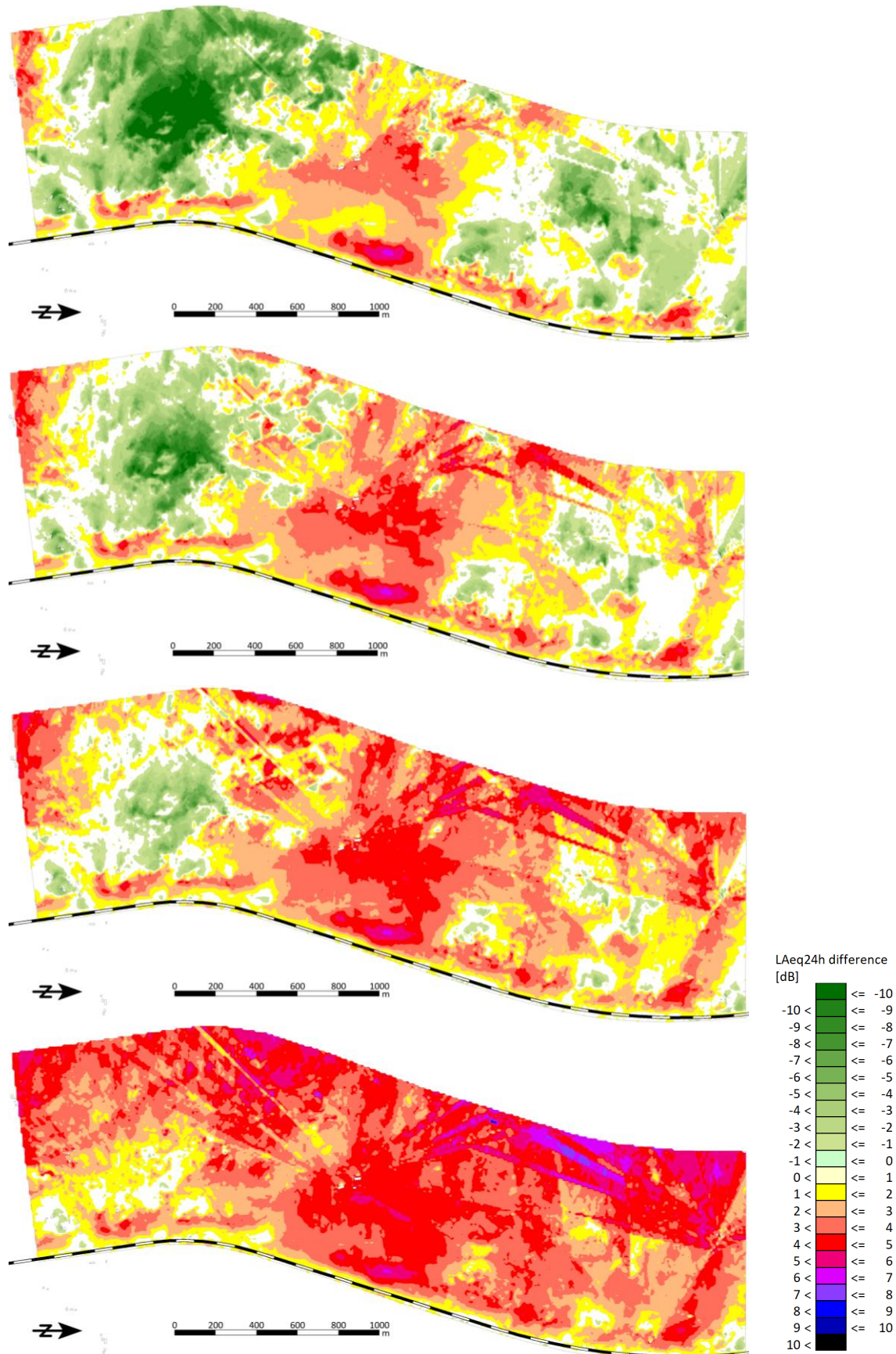


Figur 45. Västerås, skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

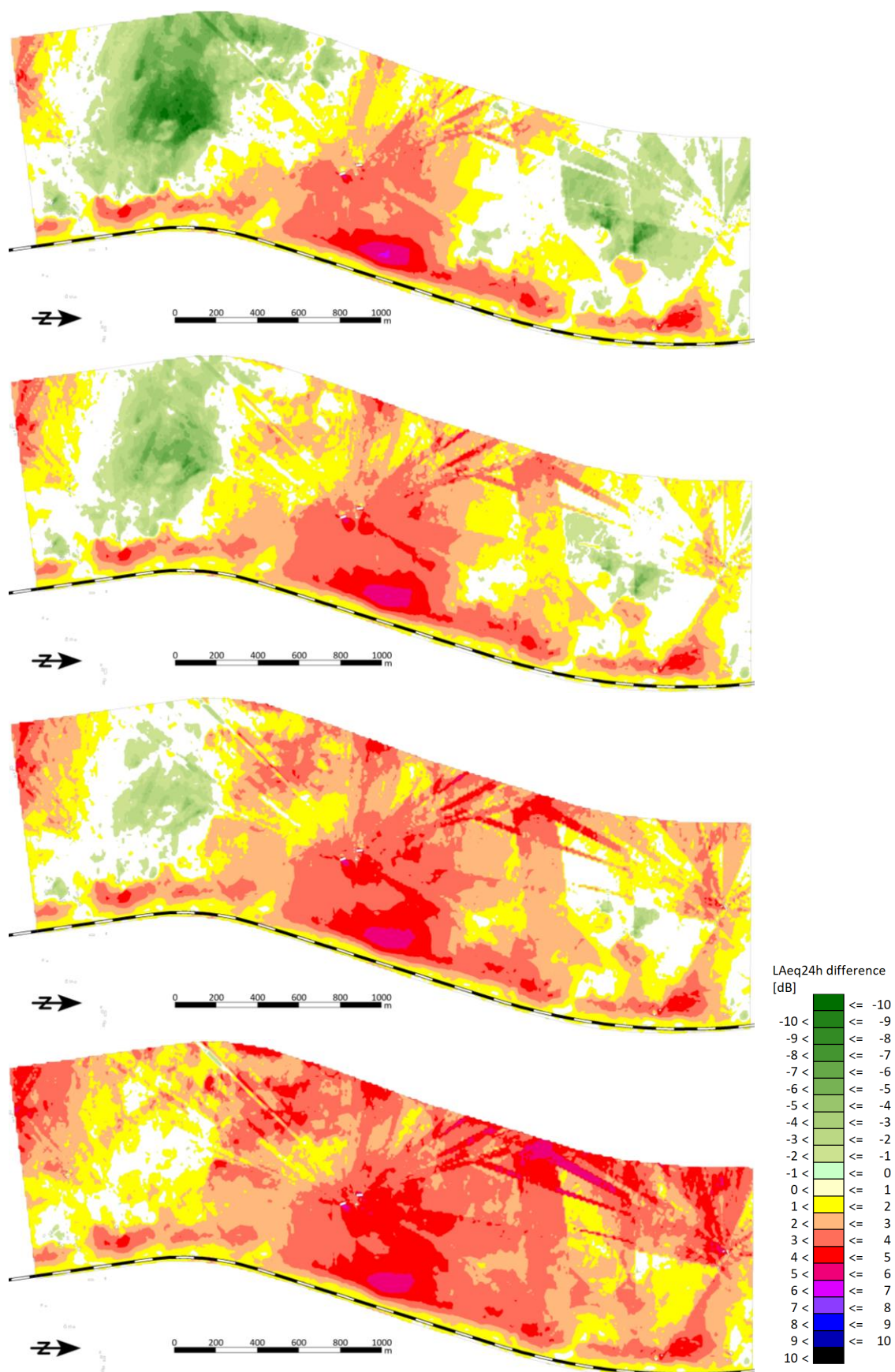


Figur 46. Västerås, skillnadsploster (L_{Aeq24h}) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 8 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

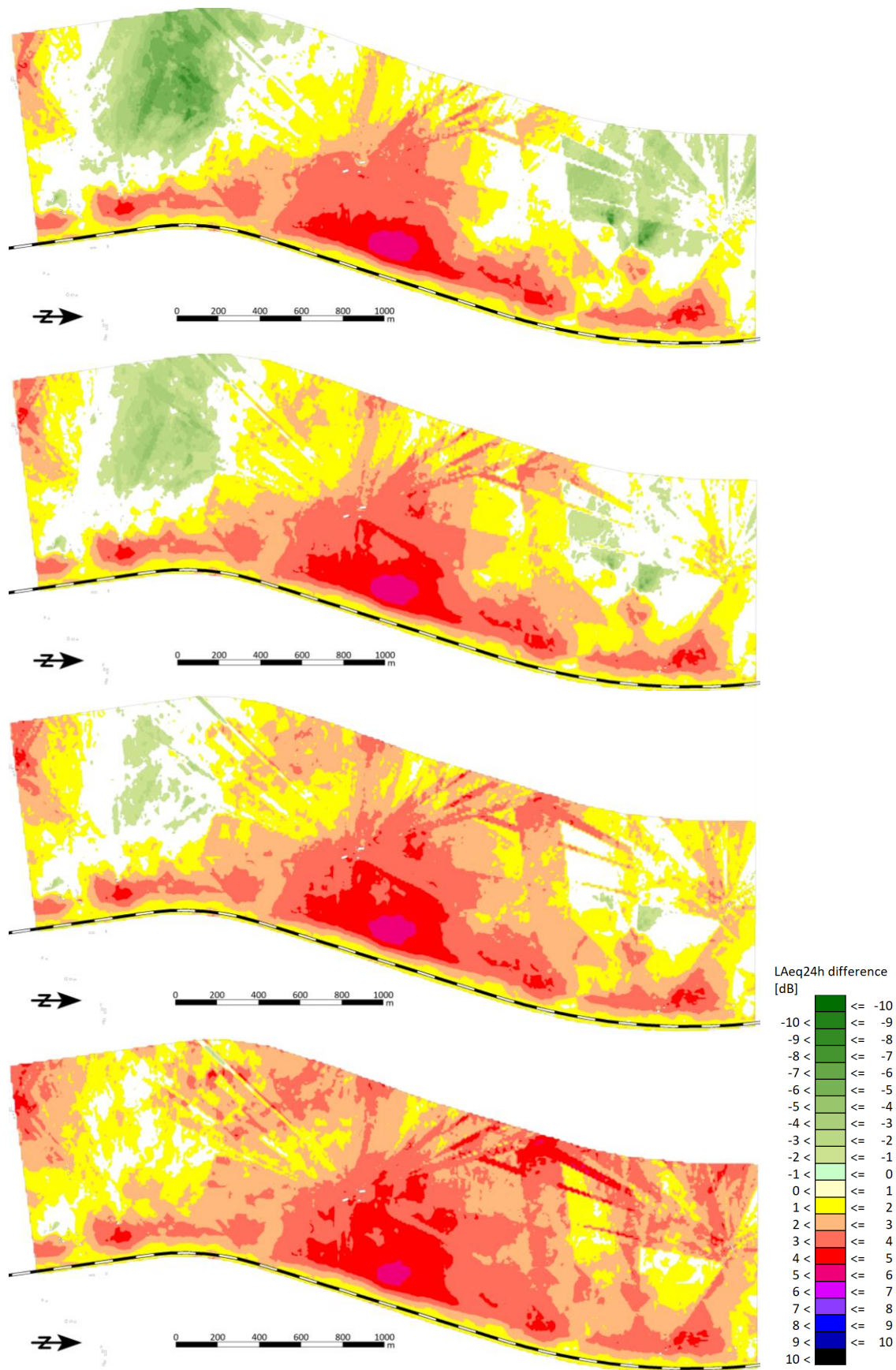
B1.9. Västerås, maximalnivå



Figur 47. Västerås, skillnadsplottar ($L_{A_{Fmax}}$) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 2 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



Figur 48. Västerås, skillnadsplottar ($L_{A_{max}}$) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 5 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.



Figur 49. Västerås, skillnadsplottar ($L_{A_{max}}$) Nord2000 – Nord96, beräkningshöjd = 8 m. Vindhastighet uppifrån: 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s och 3 m/s.

B1.10. Jämförelse källmodeller



Figur 50. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) för områdena Lerum S, M och N. Plottarna visar skillnaden mellan en beräkning gjord med Nord2000:s vanliga spårmodell, minus en beräkning gjord med Nord2000:s utbredningsmodell i kombination med en simulering av källmodellen i Nord96. Beräkningshöjd = 2 m, vindhastighet 1,5 m/s.



Figur 51. Skillnadsplottar (L_{Aeq24h}) för områdena Lerum S, M och N. Plottarna visar skillnaden mellan en beräkning gjord med Nord2000:s vanliga spårmodell, minus en beräkning gjord med Nord2000:s utbredningsmodell i kombination med en simulering av källmodellen i Nord96. Beräkningshöjd =2 m, vindhastighet 3 m/s.