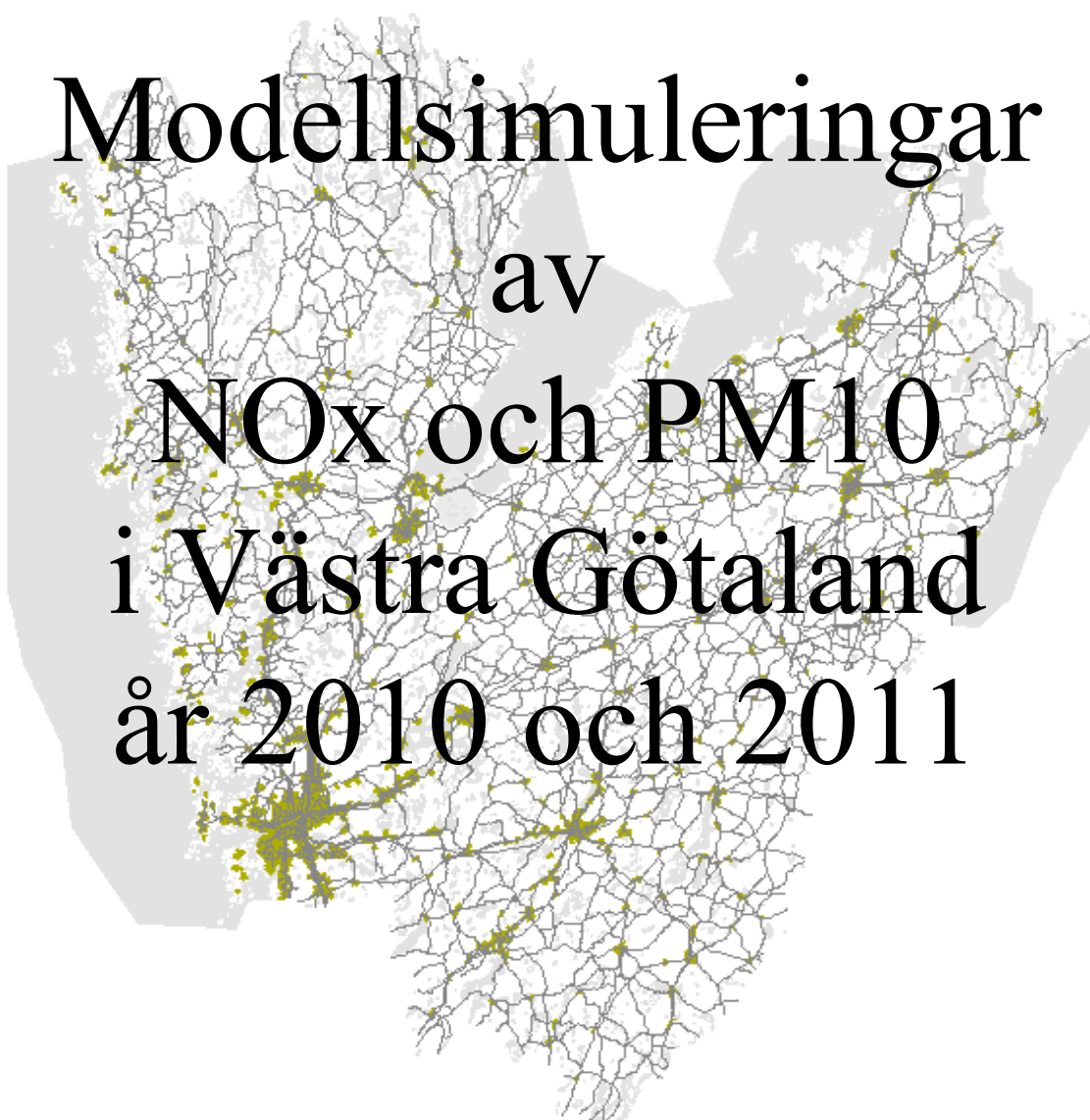


Enger KM-konsult AB



Modellsimuleringar
av
NO_x och PM₁₀
i Västra Götaland
år 2010 och 2011

Uppsala 2014-02-10
Leif Enger
KM-konsult AB

Sammanfattning

Genom att jämföra spridningsberäkningar för olika ämnen med strategiskt utplacerade mätningar kan man bestämma vilka kompletteringar i emissionsdata som måste ske.

De nu pågående mätningarna, där mätplatserna valts med utgångspunkt från emissionsdata-karteringen, utgör ett bra underlag för den fortsatta kartläggningen. Här finns det också möjlighet att komplettera kartläggningen genom att analysera insamlingsfiltren för PM₁₀ på andra ämnen.

De utförda spridningsberäkningarna visar på ett mycket överskådligt sätt spridningsbilden för olika ämnen. Här får kommunerna en god uppfattning om sin situation när det gäller föroreningsläget. I takt med att nya emissionsdata tas fram kommer spridningsbilderna att bli allt säkrare.

Redan nu kan konstateras, att med en fortsatt samverkan genom luftvårdsförbundet, kommer kommunerna att inom de närmaste åren att erhålla en mycket god bild av sin föroreningssituation, vilket ligger helt i linje med de krav som ställs i förordningen om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft.

Bakgrund

Varje kommun ska kontrollera att miljö kvalitetsnormerna uppfylls inom kommunen. Kontrollen kan ske genom mätning, beräkning eller annan objektiv bedömning. Mätning ska utföras i kommuner med fler än 250 000 invånare samt i områden där det kan antas att MKN kan komma att överskridas. Utvärderingströsklar har införts där den övre utvärderingströskeln (ÖUT) indikerar om man behöver övervaka luftkvaliteten genom att mäta (halter > övre utvärderingströskeln), se Figur 1. Om halterna ligger mellan övre och nedre utvärderingströskeln (NUT) räcker det med en kombination av mätningar och modellberäkningar. För kommuner som uppvisar halter under den nedre utvärderingströskeln är det tillåtet att enbart använda modellberäkningar. I tätorter med färre än 50 000 invånare behöver inte kontroll ske av timmedelvärden, förutsatt att ÖUT ej överskrids

Spridningsberäkningar

Dynamiken i atmosfärens gränsskikt beror på komplex växelverkan av olika inflytande: lokal topografi, vegetation, moln, storskaliga synoptiska krafter (t.ex låg och högtryck), olika uppvärmning av jordytan och andra processer. Turbulenta flödet i atmosfären är extremt komplext och övergriper så många storlekar av virvlar att det i praktiken är helt omöjligt att i detalj simulera all virvlar. Studier av det turbulenta flödet fokuseras därför på att beskriva dess statistiska egenskaper. Modellen som används löser ekvationerna för medelflödena, dvs för vinden, temperaturen och fuktigheten, men också ekvationer för turbulensen i atmosfären. Modellen har utvecklats vid Meteorologiska institutionen, Uppsala universitet, Uppsala under de senaste 25 åren. Den datamaskinstid som fordras för den här typen av modell är ofta av samma storleksordning som den simulerade tiden, och är alltså alltför datamaskins-krävande för att utnyttjas vid säsong- eller årsberäkningar. Istället för att förenkla modellstrukturen, som skulle kunna introducera felaktiga resultat i komplex terräng, initierade Enger KM-konsult AB ett annorlunda tillvägagångssätt. Ett stort bibliotek med simulerade vind-, temperatur-, specifik fuktighets-, och turbulensfält skapades genom att göra simuleringar med den meteorologiska modellen för ett stort antal vädersituationer – en så kallad meteorologisk databas. Denna databas innehåller meteorologiska data för flera tusen vädersituationer för det aktuella området.

Ett atmosfäriskt modellsystem (ALARM-systemet) har implementerats i hela Västra Götalands län. Det har redan använts operationellt i ca 20 år för delar av området – före detta Älvsborgs län -- såväl för beräkning av föroreningsituationen vid enskilt tillfälle som för beräkning av medelvärden av koncentrationerna. Alla beräkningar utförs med hjälp av meteorologiska databasen samt genom att använda lokala meteorologiska mätningar. När man använder den meteorologiska databasen för spridningsberäkningar måste man veta vilket av dessa flera tusen vind- och turbulens-fält som skall användas för en viss tidpunkt. Genom att använda mätningar av vind från ett sodarinstrument på någon plats i området och mätningar av en temperatur-profil och vind från en mast i området, kan modellen jämföra mätdata med simulerade data och leta fram den situation i databasen som ger den bästa överensstämmelsen mellan mätning och simulering på de aktuella mätplatserna. Den situation som ger bästa överensstämmelse används för spridningsberäkningarna.

Beräkningar av vilket fall i den meteorologiska databasen som överensstämmer bäst mot mätningar i området utförs för varje enskild timme under året. Dessa vind- och turbulensfält används sedan för spridningsberäkningarna. I den här aktuella studien har spridningsberäkningar utförts för hela Västra Götaland genom att använda de beräknade emissionerna från de olika ämnena i kombination med den meteorologiska databasen. Emissionerna har angetts i 1x1 km rutor och spridningsberäkningar av koncentrationen har beräknas för var 10:e sekund under året – detta pga rent numeriska orsaker. Resultat av beräkningarna har sparats för varje enskild timme under åren 2010 och 2011. Dessa resultat har sedan använts till att beräkna medelvärden av NO_x och PM₁₀ för hela Västra Götalands län.

Vid jämförelse mot mätningar i de olika kommunerna under 2010 och 2011 har ALARM-systemet använts. ALARM-systemet är det modell system som är implementerat i Luft i Västs datorer. Här anges emissionerna från skorstenar som punktkällor, trafiken (vägar) som linjekällor, diffust utsläpp från byggnader som byggnader och emissioner från ytor som areakällor. Beräkning av koncentrationen för hela Västra Götaland kan inte göras med ALARM-systemet då det blir allför många källor, vilket påverkar både utrymme i datorn och tidsåtgång för beräkningarna.

Emisioner från arbetsmaskiner uttryckt som areakällor (beräknat av IVL)



Emissionen av NO_x och PM₁₀ har beräknats i 1x1 km rutor för hela Västra Götalands län av IVL år 2008. Samma emissioner har använts vid spridningssimuleringar för år 2010 och 2011. Den geografiska fördelningen av emissioner från arbetsmaskiner härrör från ett antal sektorer, vilka är baserade på årsvisa utsläpp per kommun. Här ingår utsläpp från arbetsfordon och arbetsredskap som används vid skogsbruk och jordbruk, inom industrin och i hushåll samt småskalig uppvärmning.

Emissioner från linjekällor (vägar):

Från Vägverket har erhållits vägar och trafikintensitet uppdelat på personbilar, lätta och tunga lastbilar för hela området. Databasen har kontrollerats och uppenbara fel har korrigerats. Från Vägverkets publikation: "Nybyggnad och förbättring. Effektkatalog" från 2001 har emissioner enligt den s.k. EVA-modellen utnyttjats för beräkning av emissionerna av NO_x, HC, CO₂ och partiklar. Dessa emissioner har införts i ALARM-systemets emissionsdatabas.

Vägverkets utsläppsmodell i EVA 2.31 utgår från att vägnätet delas in i länkar och noder och att dessa kan effektbedömas oberoende av varandra. EVA-modellen ger utsläppsmängder för bl.a. NO_x, HC, CO₂ och partiklar för aktuellt beräkningsår för de tre fordonstyperna.

Emissionsberäkningen sker efter följande principer för en väglänk:

- Årsmedelhastighet för personbilar, lastbilar utan och med släp för aktuellt år
- Körförlopp, dvs typisk hastighetsvariation kring medelhastigheten, vilket ger grundvärde för de olika utsläppen per fordonskategori
- Grundtillägg för kallstart och avdunstning
- Skattning av medelreselängd för bestämning av kallstarts- och hot soak-tillägg för olika vägkategorier
- Försämringsfaktorer för grundeffekt och för kallstart för personbilar
- Beräkningsår, som ger trafikarbetsandelar, medelålder och total körlängd för respektive fordonskategori för beräkning av resulterande försämringsfaktorer och hopvågningar till medeleffekter för respektive fordonstyp
- Schablonkorrigerigering för lätta dieselfordon

Typ av fordon:



Fordon delas upp i personbilar, lastbilar utan släp och lastbilar med släp.

Personbilar delas upp
i ålder

B



A



C



D

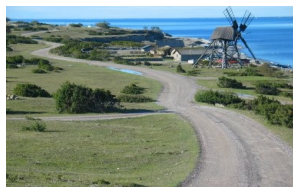
E



F

Personbilarna är uppdelade i 6 ålderskategorier eftersom äldre bilar släpper ut mer föroreningar

Typ av väg och hastighet:



Trafikintensitet på skilda delar av vägen Trafikintensiteten är en funktion av år. Antal bilar av olika ålder är en funktion av år.

Emissionen (g/km) är en funktion av: typ av fordon, bilålder, typ av väg, hastighet på vägen.

Man måste också ta hänsyn till emissioner vid kallstart och avdunstning efter körning, s.k. hot soak.

Kallstart:



Hot soak:



Emissioner från fartyg:

IVL har utfört arbeten för Naturvårdsverket där en anpassning av emissionsdata har gjorts till aktuellt trafikunderlag och fartygens bränsleförbrukning. Osäkerhet råder dock om vilka bränslekvaliteter som används av fartygstrafiken då detta inte registreras någonstans. Bränslekvaliteten påverkar i första hand utsläppen av svavel och partiklar, men även övriga utsläppsparametrar påverkas i viss mån. I denna utredning används beräkningar som utförts av MariTerm för internationell sjöfart i svenska vatten år 2000.

Fartygstrafikens storleksfördelningen har uppskattats utifrån diskussioner med representanter för hamnarna och egna erfarenheter från tidigare studier av trafikmönstren. Den detaljerade beräkningen samt geografiska fördelningen av fartygsemissioner har beräknats för alla större hamnar i länet samt transportsträckorna i Göta älv, i Vänerne och längs med Bohuskusten. Fartygstrafikens omfattning och storleksfördelning har erhållits från SCB:s hamnstatistik, och genom direktkontakt med de flesta hamnar i regionen. För färjetrafik har kompletterande information hämtats från ShipPax Statistics 2004. I beräkningen tas även hänsyn till att fartygen på vissa delsträckor (Göta Älv, inloppssträckor i hamnar) färdas med reducerad hastighet.

Emissionerna redovisas som linjeemissioner längs normala rutter för sjöfarten. Trafiken på öppet hav kan inte följas i detalj utan emissioner från trafik i Kattegatt och Skagerack läggs ut på en enda linjesträckning som följer den svenska kusten. (På grund av djupförhållanden m.m. går huvuddelen av den passerande trafiken närmare Sverige än Danmark.) Detta bedöms tillräckligt för att skapa en bakgrundsnivå. För trafiken från hamnarna görs förenklingen att trafiken går kortaste vägen ut till öppet hav

Fartyg med bruttotonnage under GT 300 ingår inte i statistiken, dvs bland annat fritidsbåtar, fiskefartyg, små passagerarfartyg och arbetsfartyg.



Tabell 1 visar emissionerna från areakällor, linjekällor (trafik) och fartyg.

Tabell 1. *Emissioner i Västra Götaland (ton/år).*

	NOx	PM10
Areakälla	8030	700
Linjekälla	8180	1020
Fartyg Linje+Hamn	18060	770
Totalt	34270	2490

Mätningar

IVL har utfört mätningar av NO₂ och PM10 på olika platser i Västra Götaland åren 2010 och 2011. Resultat från dessa mätningar finns presenterade i två rapporter: Mätningar av luftföroreningar i Västra Götaland 2010 (U-3232) och Mätningar av luftföroreningar i Västra Götaland 2011 (U-3725). Dessa mätningar har använts för att testa modellsimuleringarna på vissa av dessa platser. Genom att göra modellberäkningar erhåller man också koncentrationerna av föroreningen på områden mellan mätningarna. Bör dock påpekas att det är av största vikt att emissionerna är inlagda för områdena.

Modellberäkningar

Variationer i vind och vindriktning kan variera väsentligt från månad till månad. Figur 1 visar vindriktningen vid Malöga för Februari och Juni 2010 som ett exempel. I Februari är det mer vind från NE (45 deg) och i Juni mer vind från SW (225 deg). Detta visar sig också i koncentrationsberäkningarna av NO_x för dessa månader, Figur 2a och Figur 2b. Vid beräkningar är enbart emissioner av NO_x inom Västra Götaland medtagna. Vi ser att spridningen av NO_x är mer utdraget mot ost under juni.

Även när man jämför medelkoncentrationen från år till år får man vissa differenser. Figurerna 3a och 3b visar NO_x-koncentrationerna för år 2010 respektive år 2011. Beräkningarna är gjorda för enbart källor inom Västra Götaland. Figurerna 4a och 4b visar vindrosor för dessa år vid Malöga respektive i Borås. Man kan notera att det är skillnader både gäller år och plats. Dessa skillnader i vindriktning ger också skillnader i spridningsmönstret. Förutom vindriktningen har vindhastigheten stor betydelse.

Figurerna 5a och 5b visar PM10-koncentrationerna i Västra Götaland för år 2010 respektive år 2011. Naturligtvis erhålls skillnader för de olika åren även om det är olika källor.

För att erhålla bakgrunde av PM10, dvs den del av PM10 som kommer från områden utanför Västra Götaland, har mätningar på platser på landsbygden som är mycket litet påverkat av lokala källor.

Bakgrunden för PM10 har beräknats genom att ta ett medelvärde mätningar på landsbygden på flera platser (Mariestad, Bengtsfors och Åmål) och under flera år. Dessa data är presenterade i Luft i Västs årsrapport 2013: Mätningar av luftföroreningar i Västra Götaland 2012 (U-4227) i Figur 7. Från dessa mätningar erhålls ett medelvärde på 9 µg/m³.

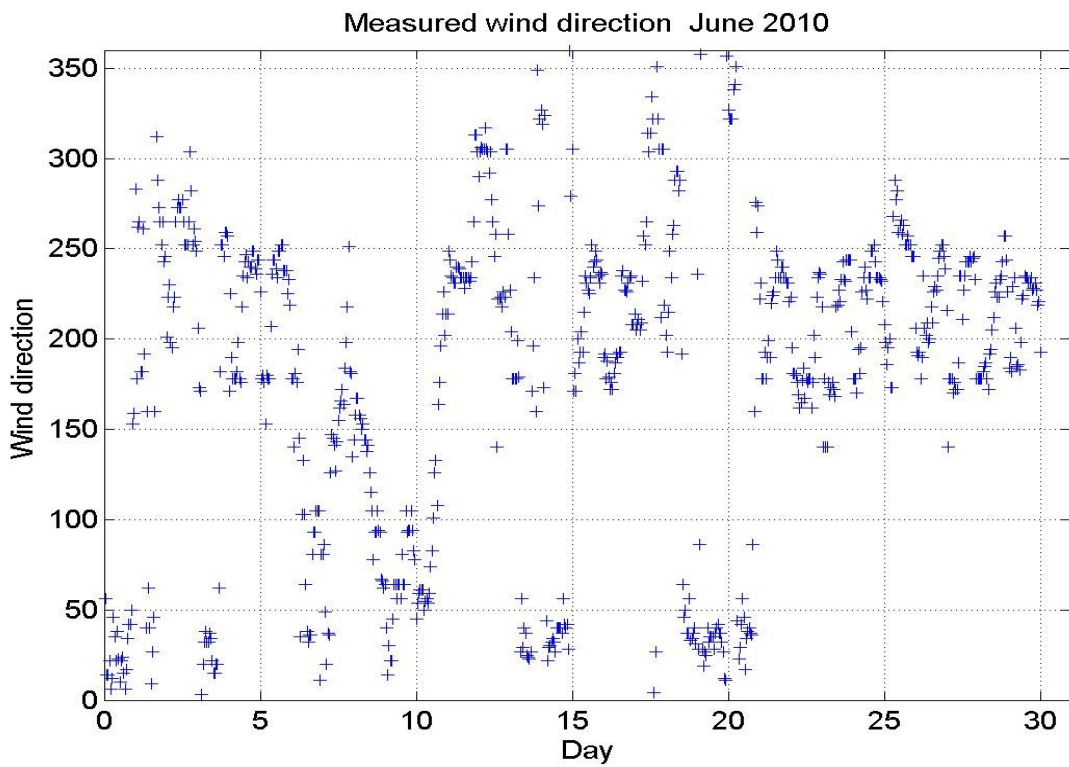
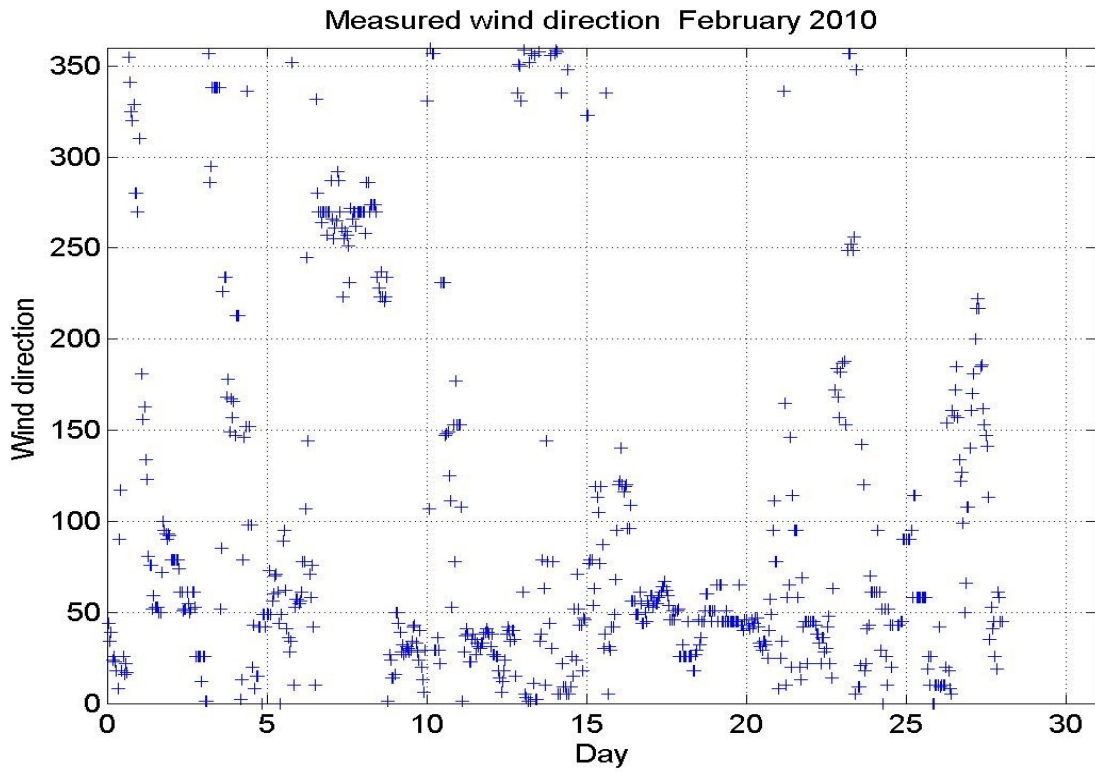
Enligt mätningar på Råö söder om Göteborg är bakgrunden av NO₂ cirka 4.5 µg/m³. Inporten från andra delar av Västra Götaland andtas var an ungefär samma storleksordning. Uttryckt i NO_x har vi antagit att bakgrundsvärdet är 7 µg/m³.

Figur 6a och 6b visar koncentrationen av NO_x i Västra Götaland med bakgrunde inkluderad för år 2010 respektive år 2011.

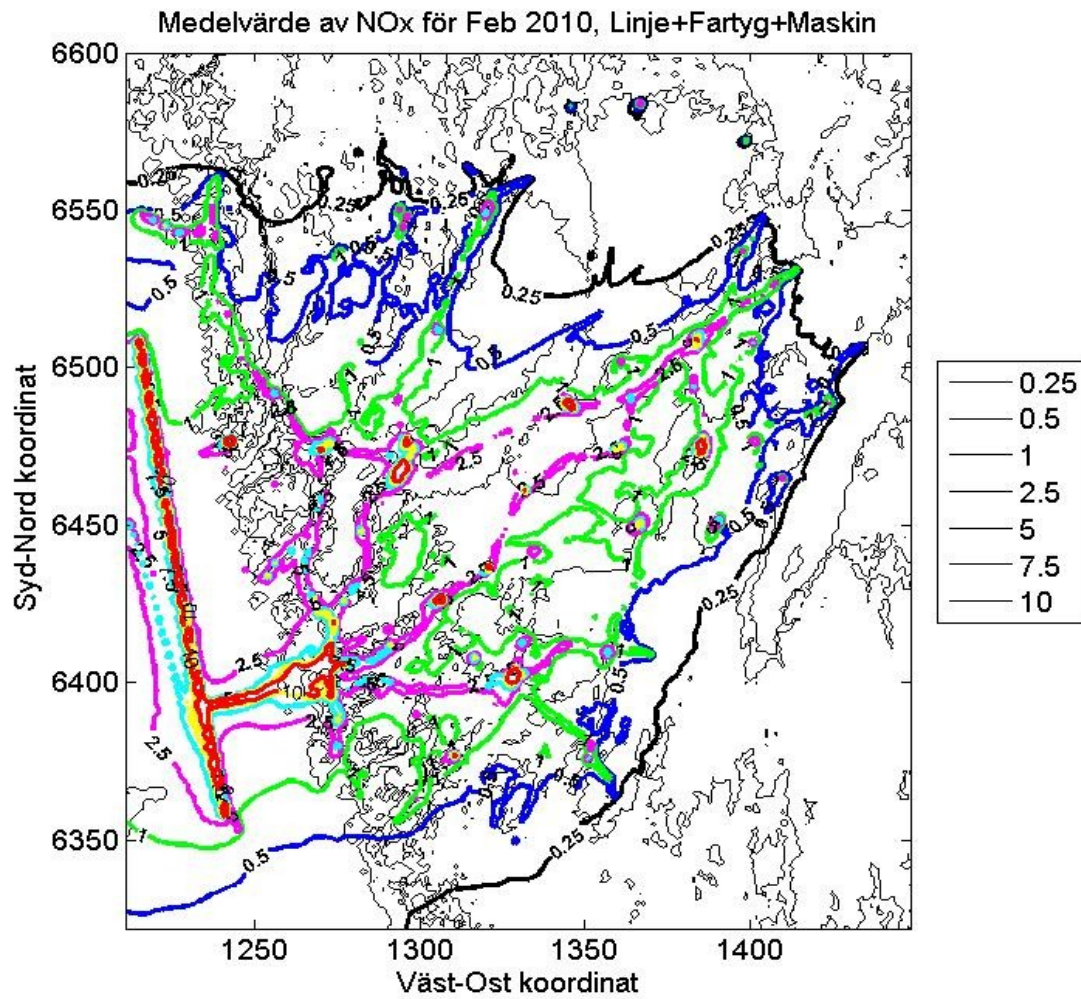
Figur 7a och 7b visar koncentrationen av PM10 i Västra Götaland med bakgrunde inkluderad för år 2010 respektive år 2011.

För att erhålla koncentrationerna inom kommunerna har ALARM-systemet använts för att få en bättre upplösning. Vid dessa beräkningar inkluderas bakgrund från utland och övriga Sverige samt från källor inom Västra Götaland utanför beräkningsområdet. Figur 8 visar som ett exempel koncentrationen av

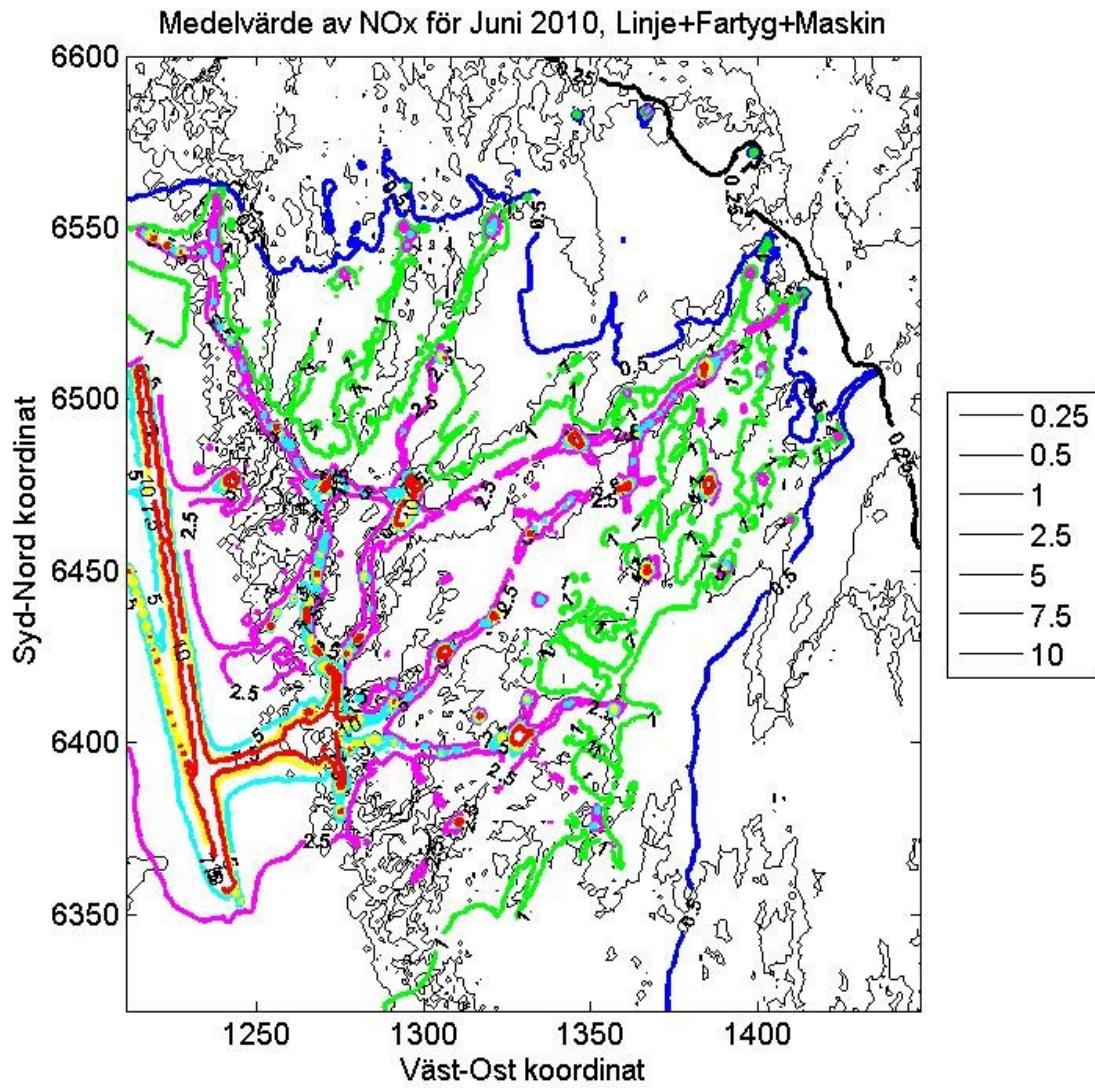
PM 10 i Alingsås. Tabell 2 visa beräknade och mätta PM10-koncentrationer på ett antal platser i Västra Götaland. Beräkningar och mätningar stämmer bra. Naturligtvis blir det vissa skillnader då både p.g.a. att källinventeringen inte är fullständig och att bakgrund från utlandet kan variera från år till år. NO_x koncentrationen i Vänersborg visas i Figur 9 som ett exempel. Vid jämförelse med mätningar av NO₂ i olika kommuner har antagits att $NO_2 = 0.4NO_x$. Omvandlingsfaktorn är osäker då det kan variera kraftigt under dygnet och om man är nära källan för utsläppet. Nära en källa är NO₂-halten högre än längre ifrån då kemiska omvandlingsprocesser har verkat. Tabell 3 visar mätt och beräknad NO₂ för ett antal stationer i Västra Götaland.



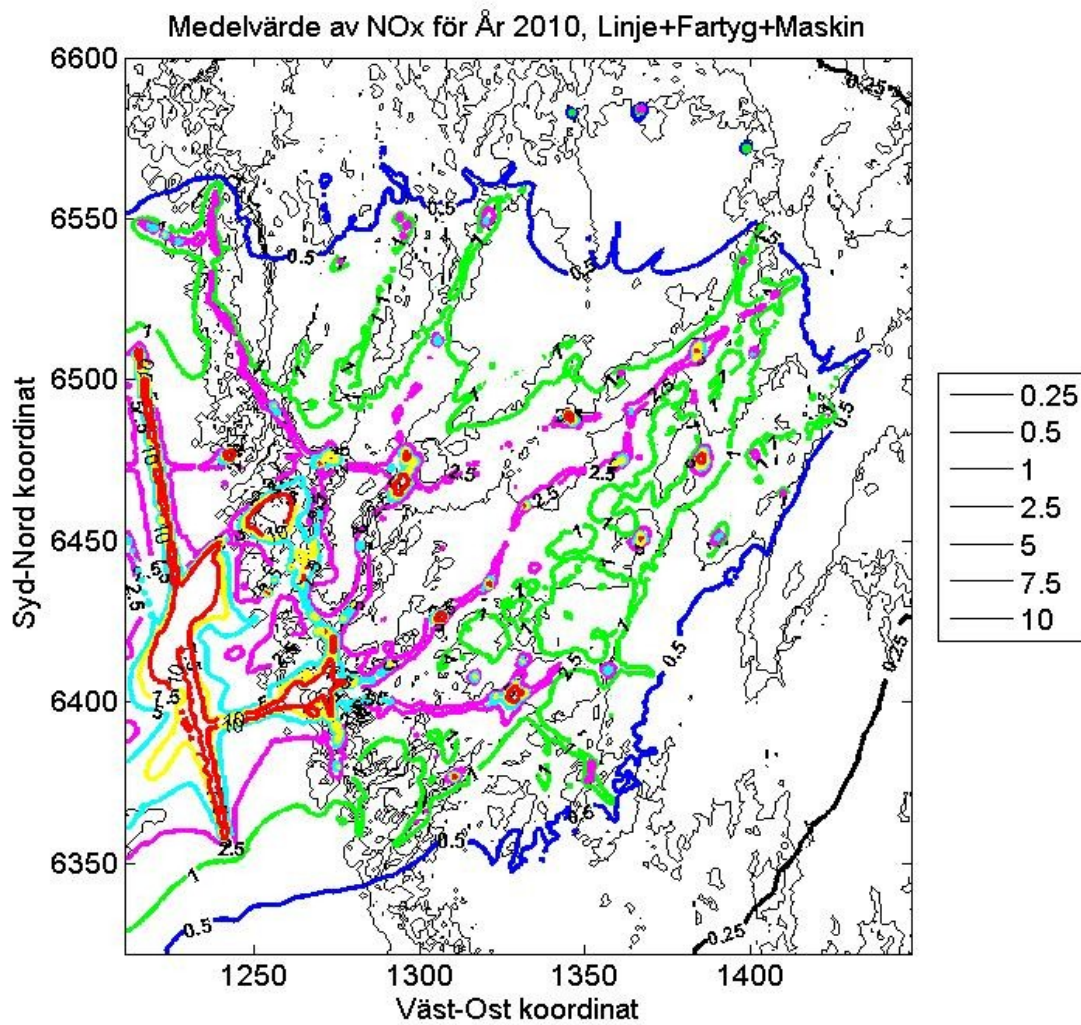
Figur 1. Vindriktning under Februari, 2010 (övre) och under Juni, 2010 (nedre).



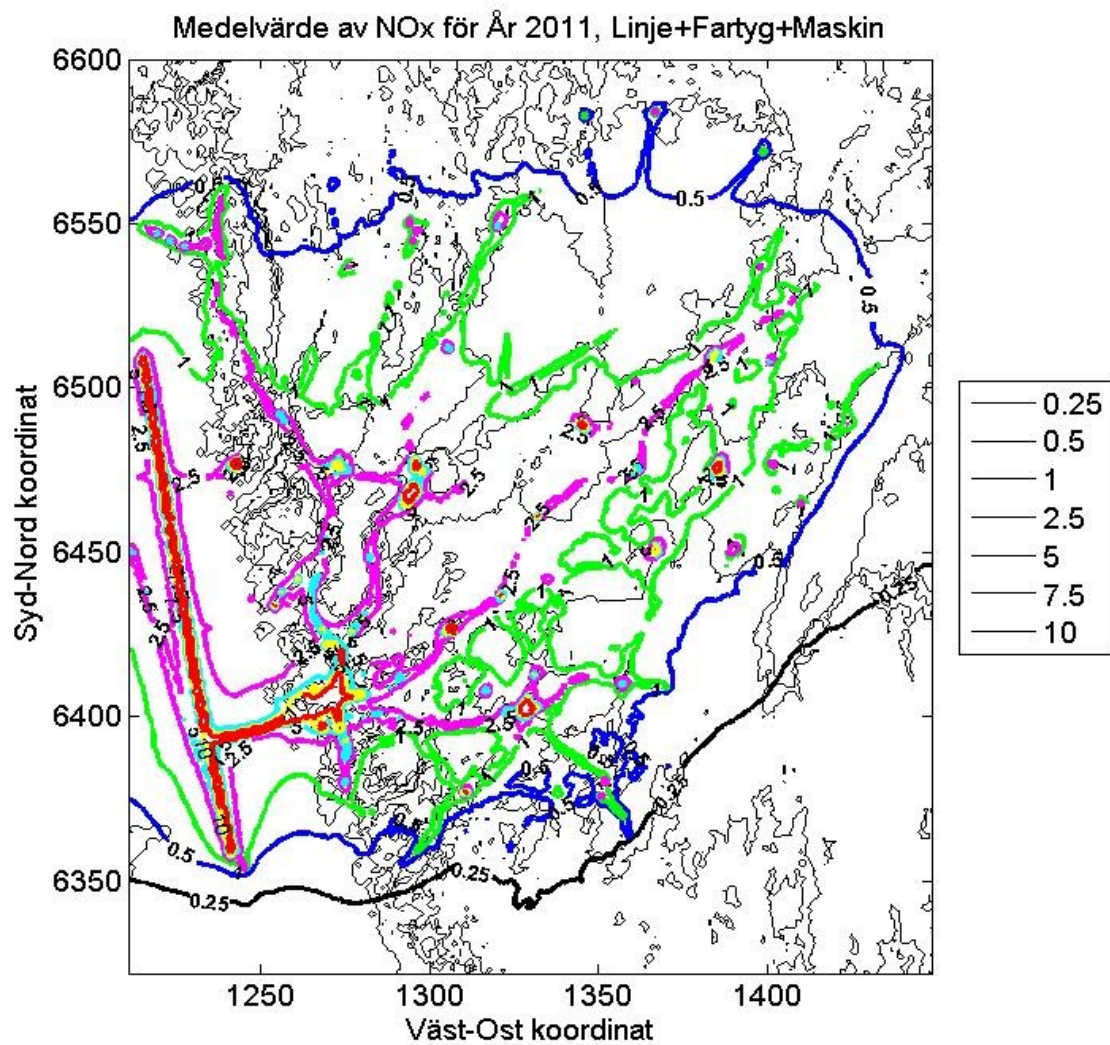
Figur 2a. Medelkoncentrationen av NO_x i Västra Götaland för februari 2010. Enbart källor inom Västra Götaland är inkluderade.



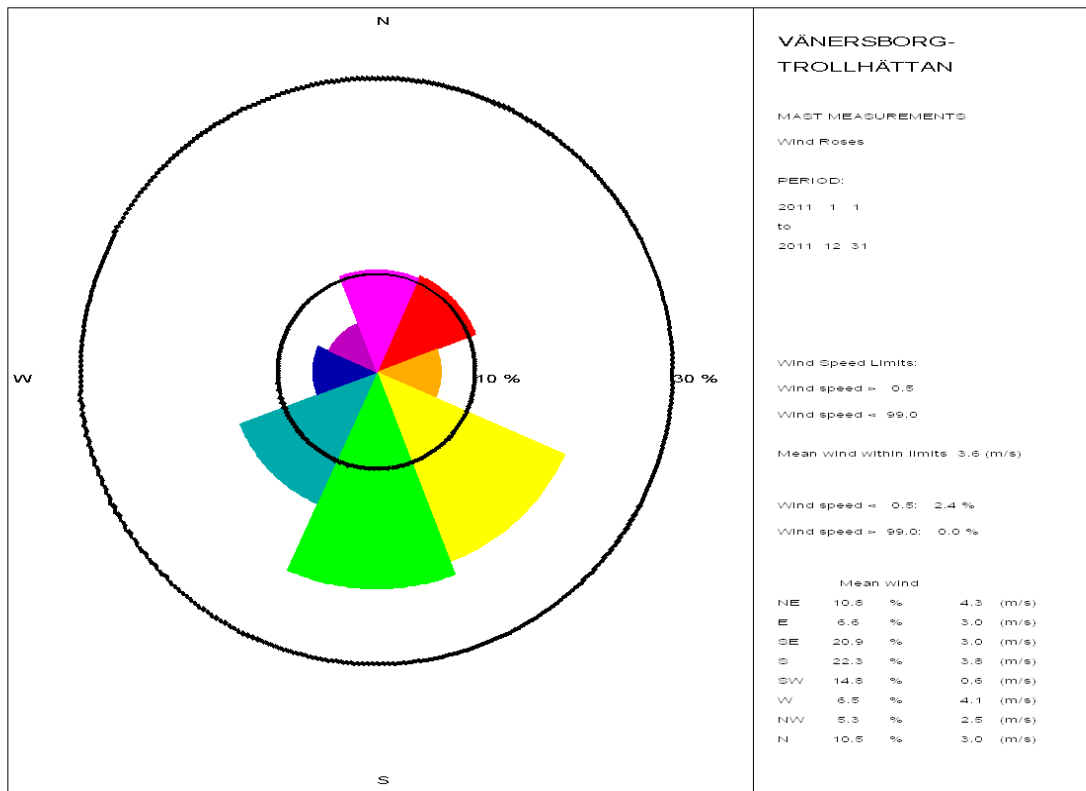
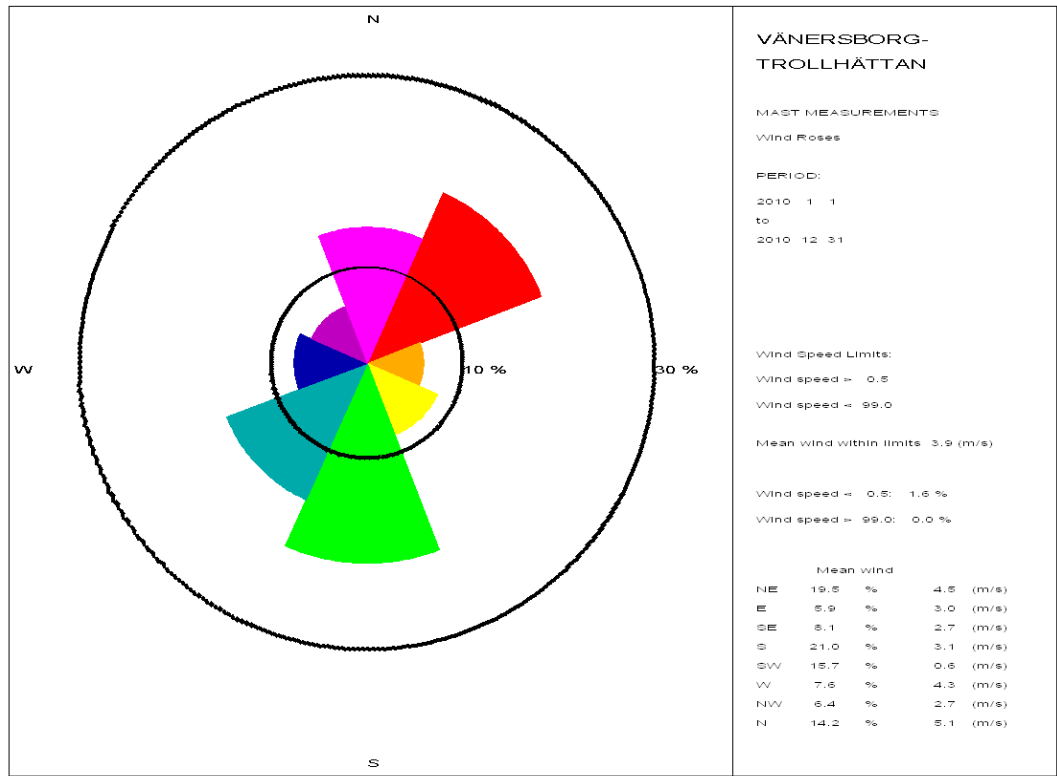
Figur 2b. Medelkoncentrationen av NO_x i Västra Götaland för juni 2010. Enbart källor inom Västra Götaland är inkluderade.



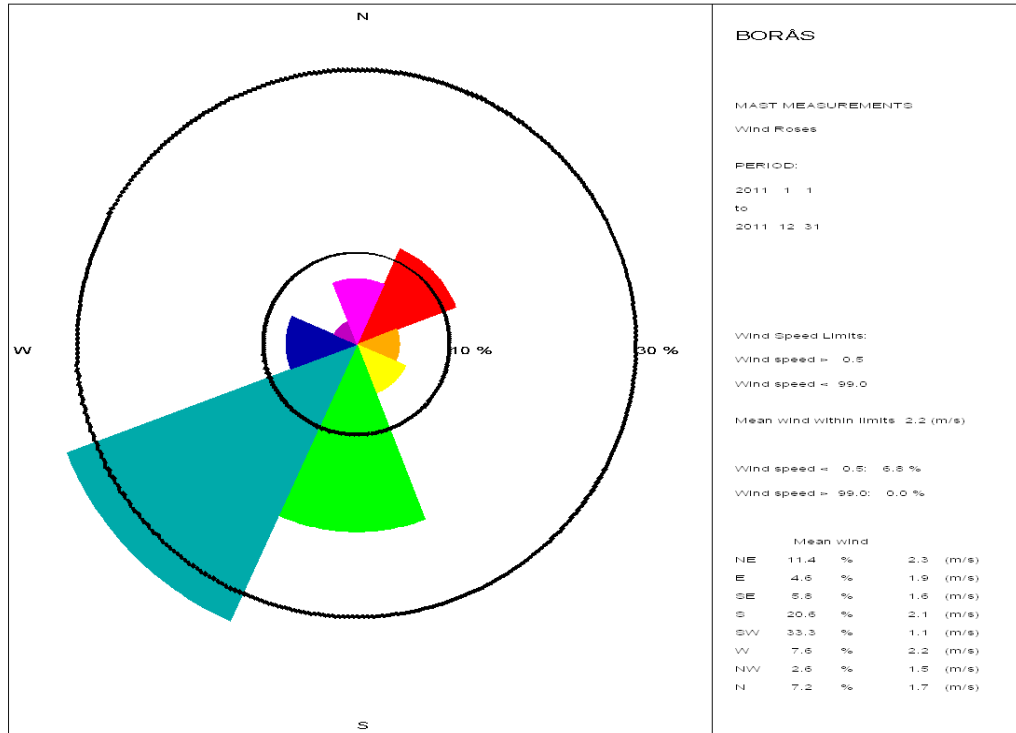
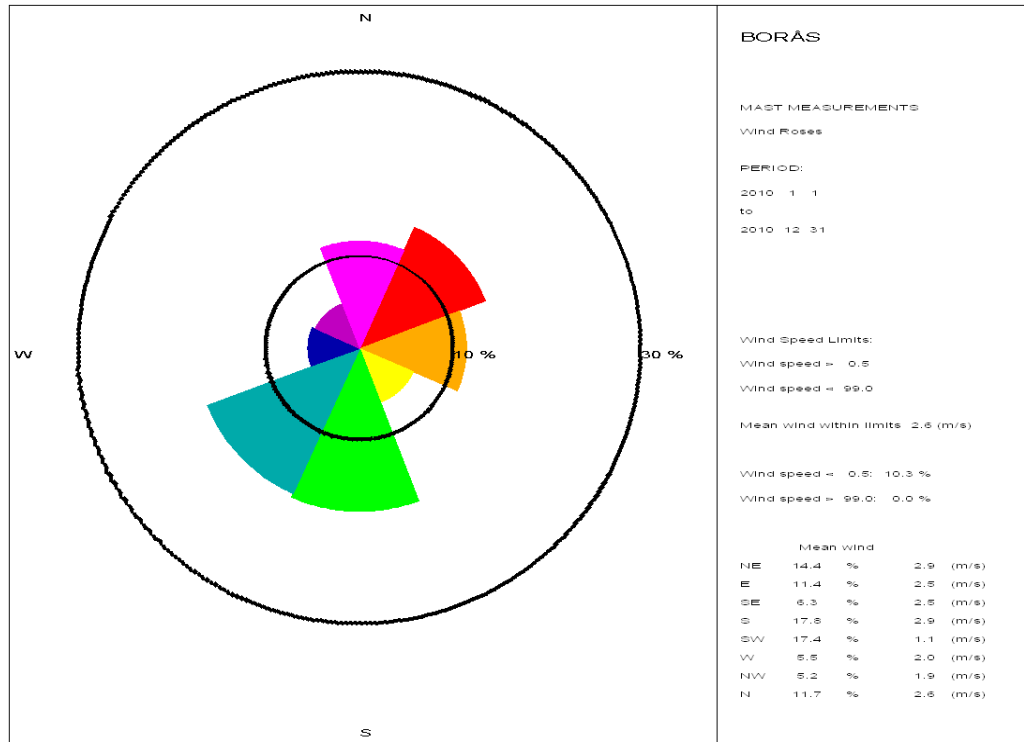
Figur 3a. Medelkoncentrationen av NOx i Västra Götaland för år 2010. Enbart källor inom Västra Götaland är inkluderade.



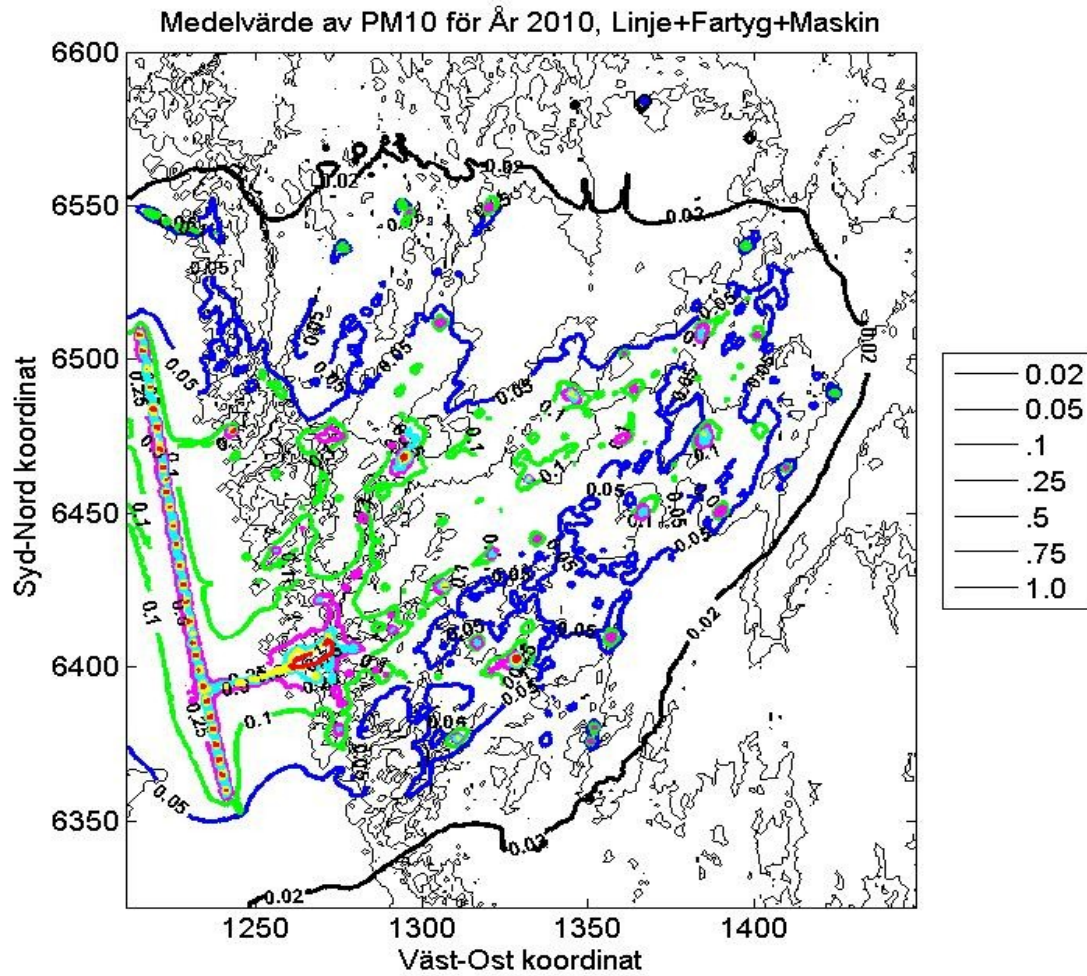
Figur 3b. Medelkoncentrationen av NO_x i Västra Götaland för år 2011. Enbart källor inom Västra Götaland är inkluderade.



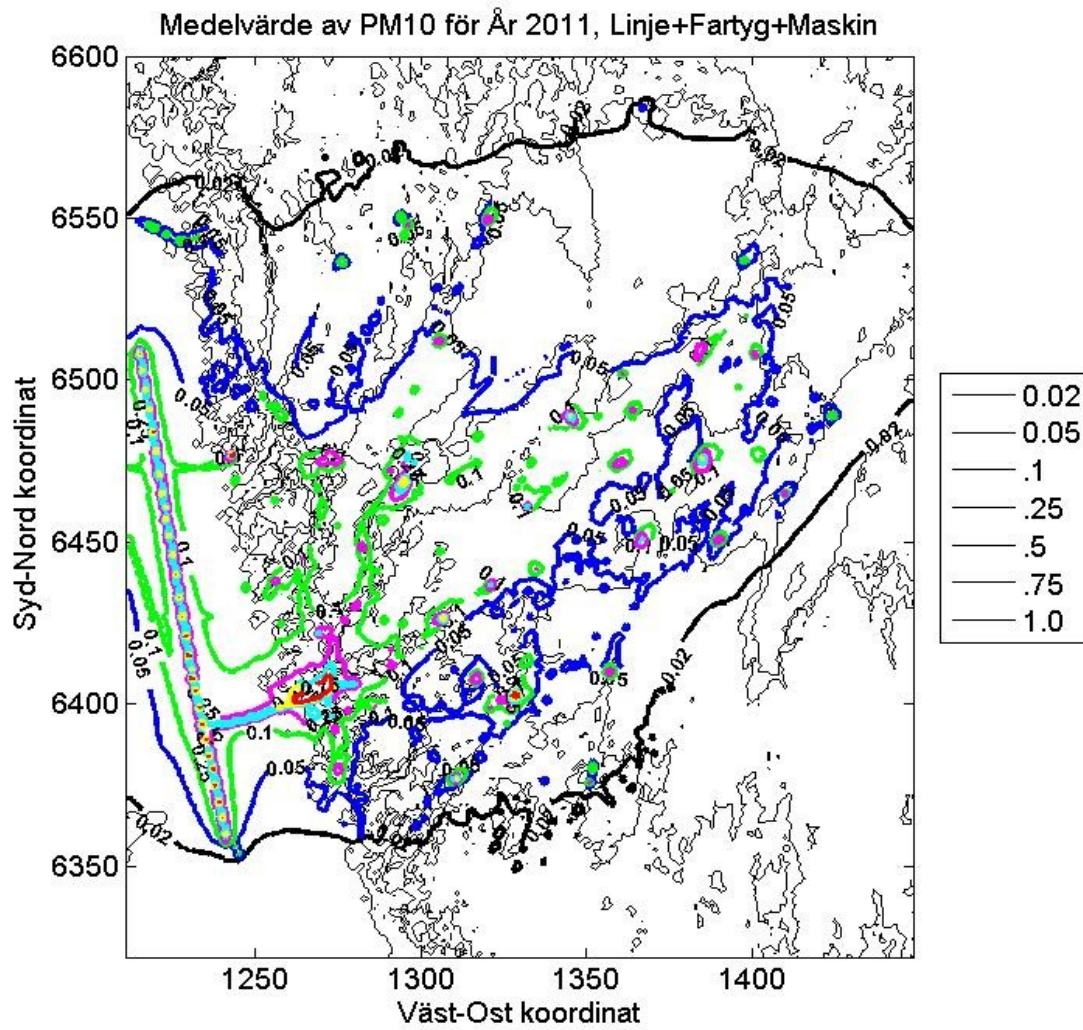
Figur 4a. Vindros vid Malöga år 2010 övre och år 2011 (nedre).



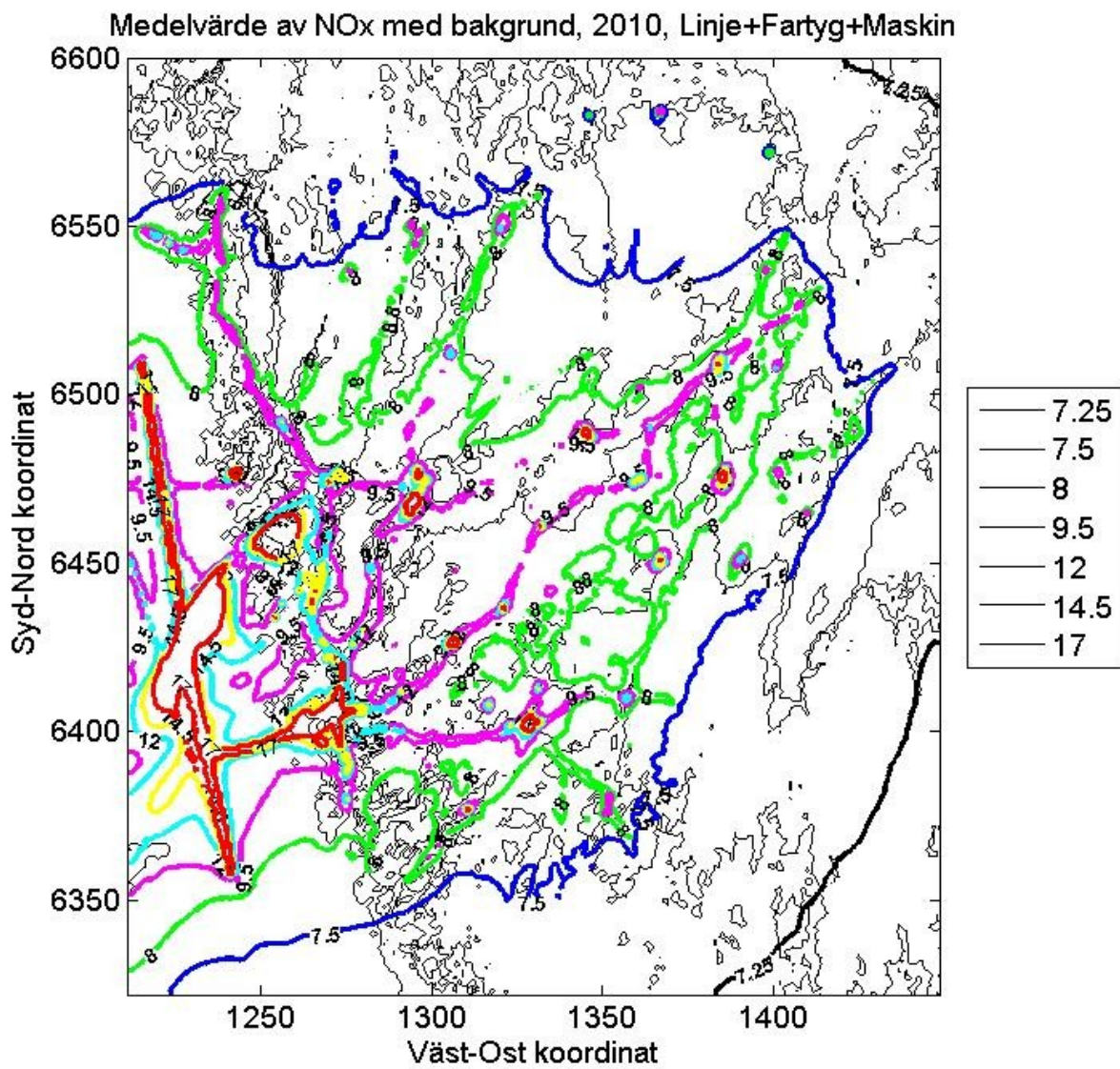
Figur 4b. Vindros i Borås år 2010 övre och år 2011 (nedre).



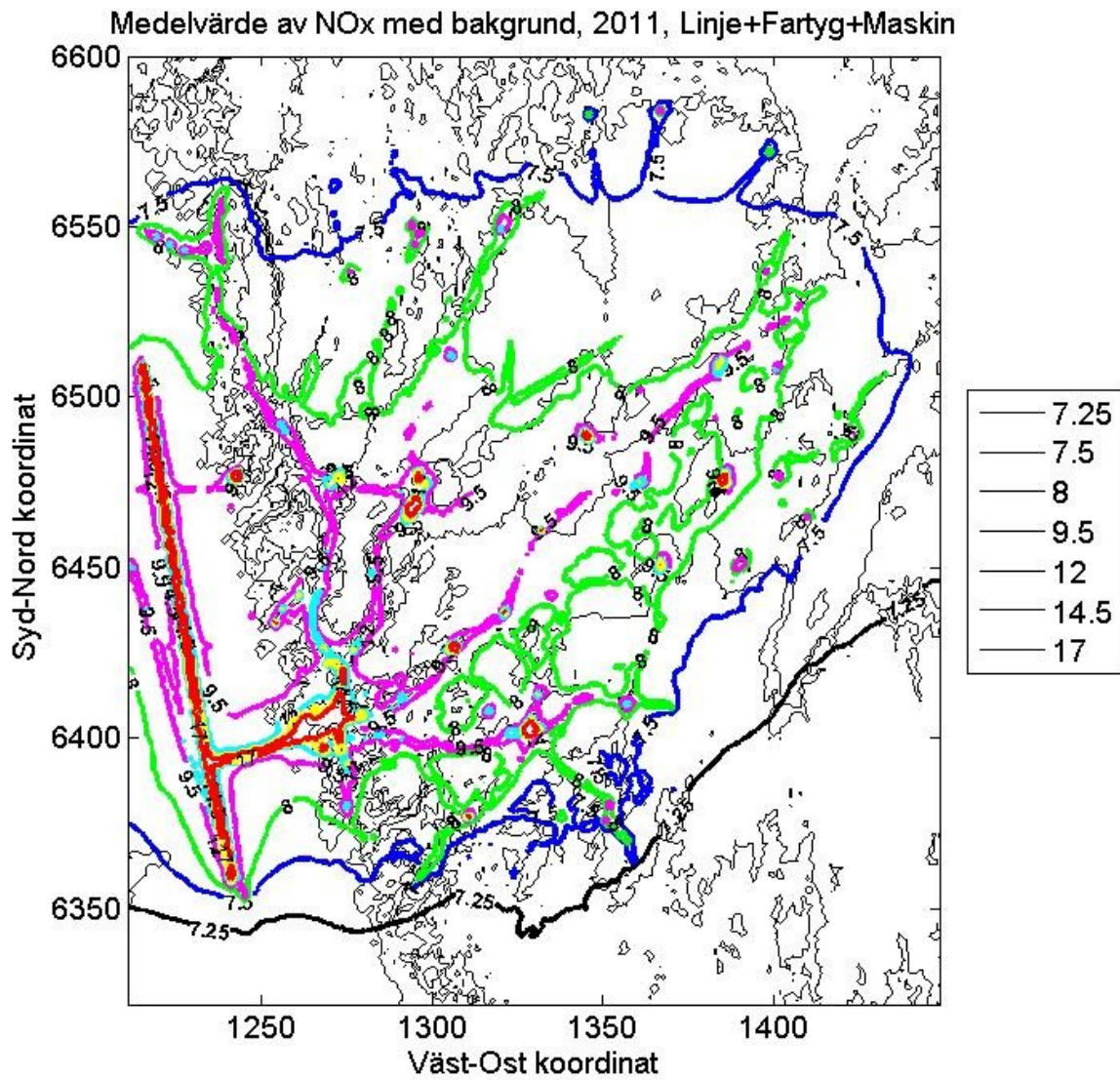
Figur 5a. PM10-koncentrationen i Västra Götaland år 2010. Endast källor inom Västra Götaland ingår i beräkningarna.



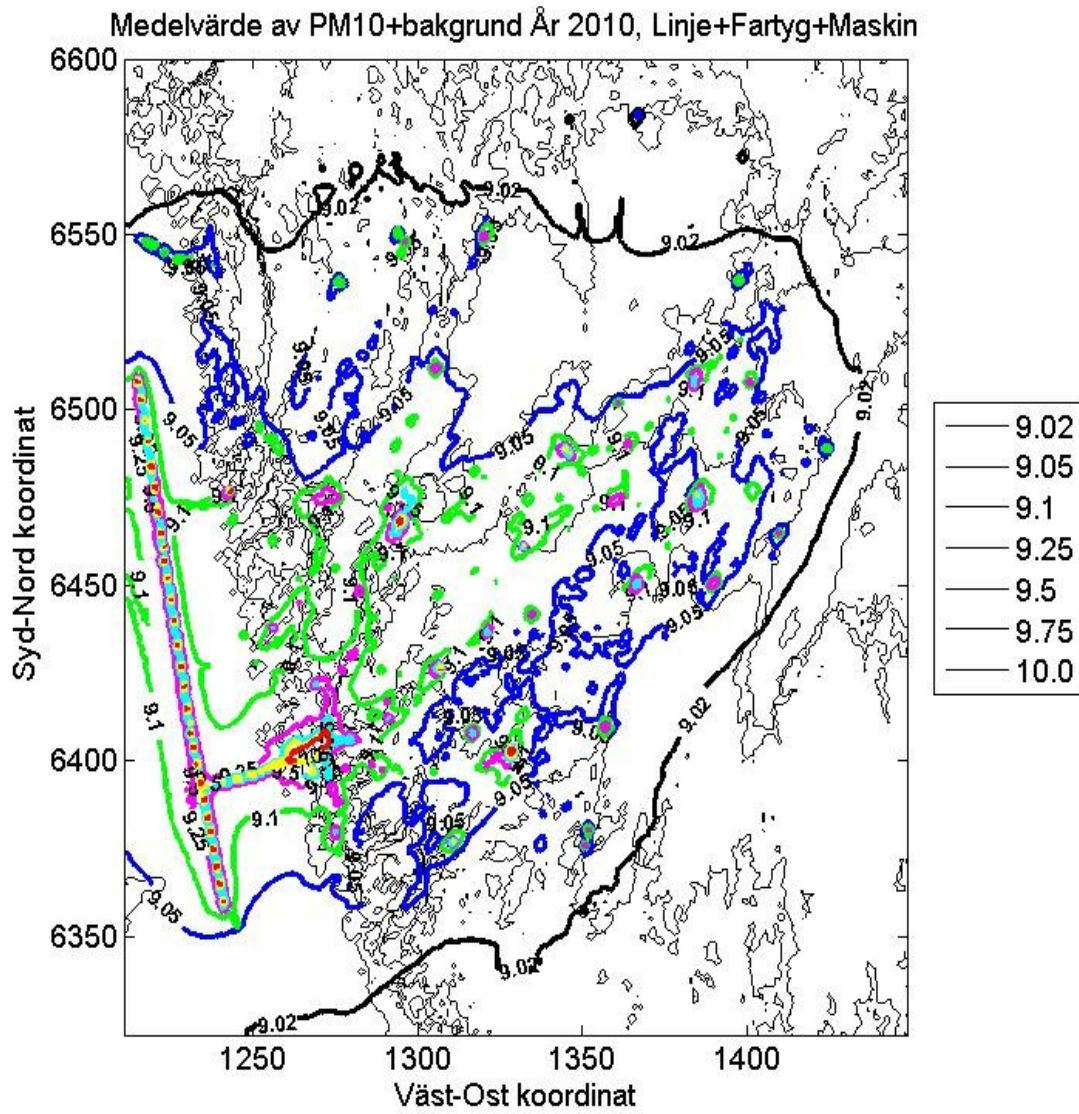
Figur 5b. PM10-koncentrationen i Västra Götaland år 2011. Endast källor inom Västra Götaland ingår i beräkningarna.



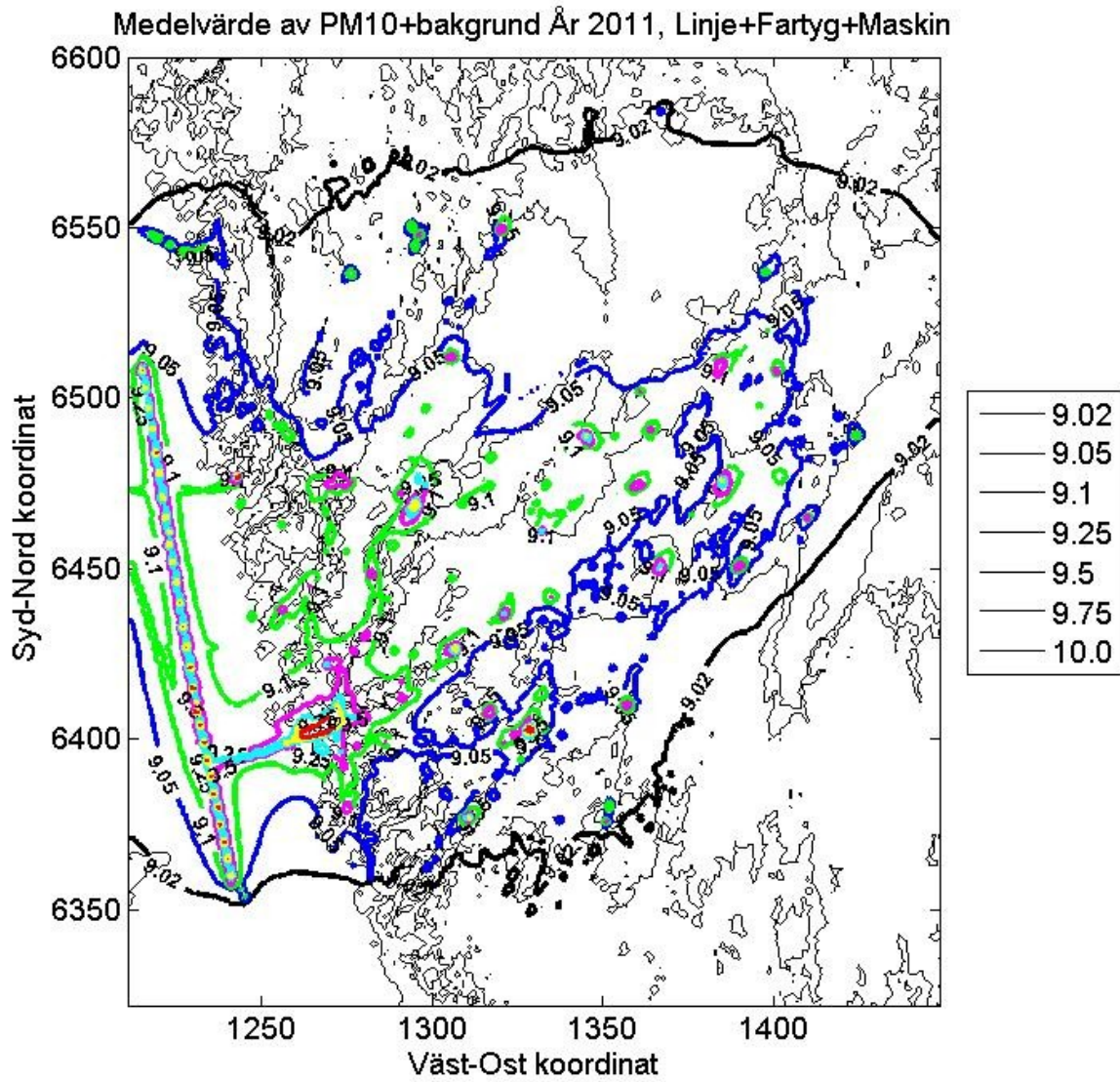
Figur 6a. Medelconcentrationen av NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bakgrunden inkluderad för år 2010.



Figur 6b. Medelconcentrationen av NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bakgrunden inkluderad för år 2011.



Figur 7a. Medelconcentrationen av PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bakgrunden inkludera för år 2010.



Figur 7b. Medelconcentrationen av PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bakgrunden inkludera för år 2011.

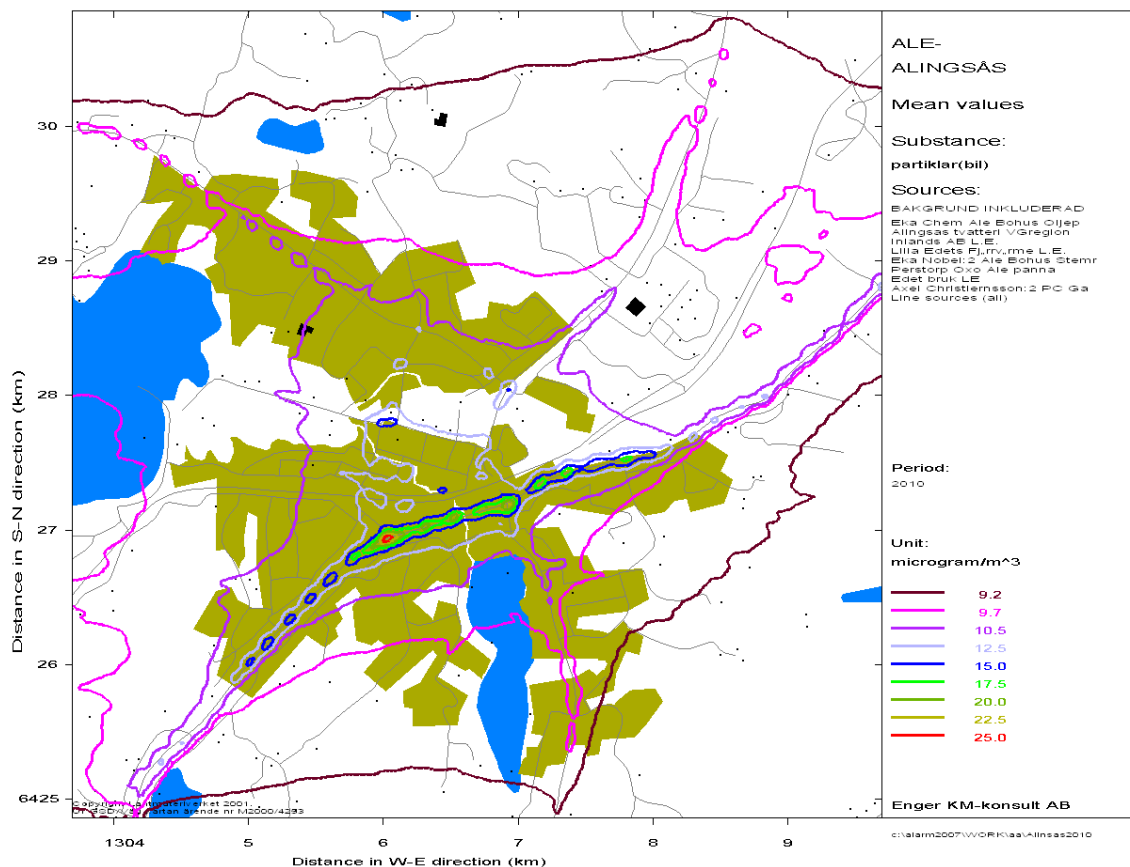


Figure 8. Årsmedelvärdet av PM10-koncentrationen med bakgrund i Alingsås år 2010

Tabell 2. Jämförelse av mätt och beräknad PM10 koncentration på ett antal platser i Västra Götaland.

Plats	Koordinat (RT90)		Period	Mätt PM10 (µg/m ³)	Modell PM10 (µg/m ³)
Mariestad	1380558, 6503644	bakgrund	2011	10	9
Mariestad	1385051, 6511420	urban bakgrund	2011	15.5	14.5
Alingsås	1305870, 6426875	gaturum	2010	17	18
Borås	1329580, 6404611	gaturum	2010	12	14.5
Borås	1329439, 6402979	gaturum	2011	14	18
Skövde	1385721, 6475713	gaturum	2010	14	13
Skara	1361520, 6475950	gaturum	2011	16	13

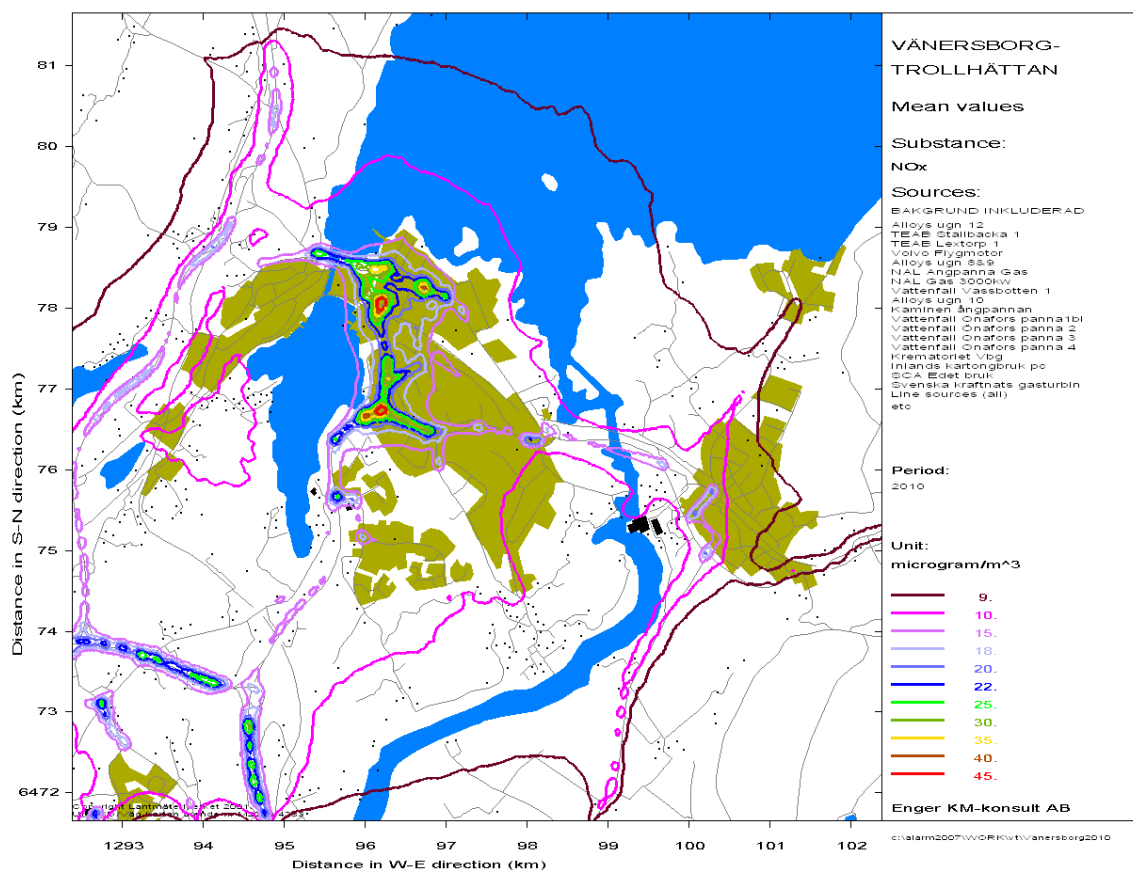


Figure 9. Årsmedelvärdet av NO_x-koncentrationen med bakgrund i Vänersborg år 2010

Tabell 3. Jämförelse av mätt och beräknad NO₂-koncentration på ett antal platser i Västra Götaland.

Plats	Koordinat (RT90)		Mätt NO ₂ (µg/m ³)	Modell NO _x (µg/m ³)	Modell NO ₂ (µg/m ³)
Alingsås	1306254, 6427597	gaturum	25.5	62	25
Borås	1329580, 6403120	gaturum	30	78	31
Mariestad	1385190, 6511463	gaturum	15	33	13
Skövde	1385721, 6475713	gaturum	17	38	15
Ulricehamn	1357913, 6410335	gaturum	13	26	10.5
Vänersborg	1296100, 6476670	gaturum	13	35	14
Vänersborg	1296206, 6477990	gaturum	18.5	47	19
Vänersborg	1296278, 6478467	gaturum	14	35	14
Vänersborg	1296306, 6477056	gaturum	13	31	12.5
Trollhättan	1293730, 6467556	gaturum	21	52	21
Åmål	1322104, 6551997	urban bakg	9.5	16	6.5