



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Svenska Luftvårdsföreningens möte i Stockholm 19 april 2018



Marie Haeger-Eugensson
(GU) och Sven Kindell (SMHI)

Modellering av
luftkvalitet i marknivå i
tätbebyggda områden
- jämförelse mellan
en CFD-modell och SIMAIR

Naturvetenskapliga
fakulteten

Institutionen för Geovetenskaper
Göteborgs universitet
Projektrapport
2018-04



Varför behövs denna typ av utredning?

- Stort behov av bostäder
- Våra tätortsområden växer både i Sverige och internationellt
- Exploatering i tidigare "omöjliga" områden
- Behovet av modellering i täta komplicerade urbana miljöer har ökat
- Kunskapen om denna typ av modeller relativt låg
- Behovet av rekommendationer stort



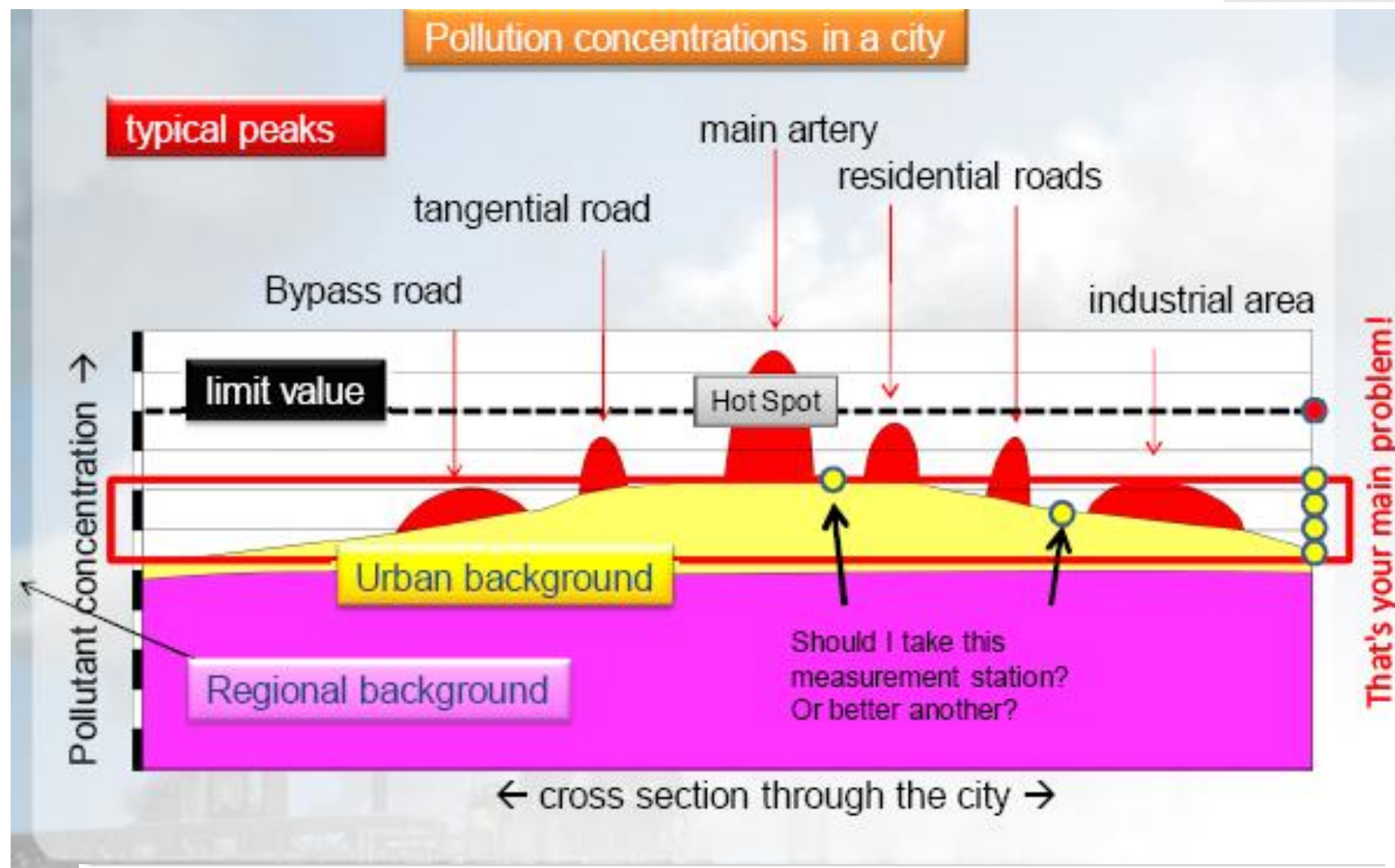
Vilken modelltyp ska man välja?

Det beror på syfte och förutsättningar!

Undersökning för Vägledning



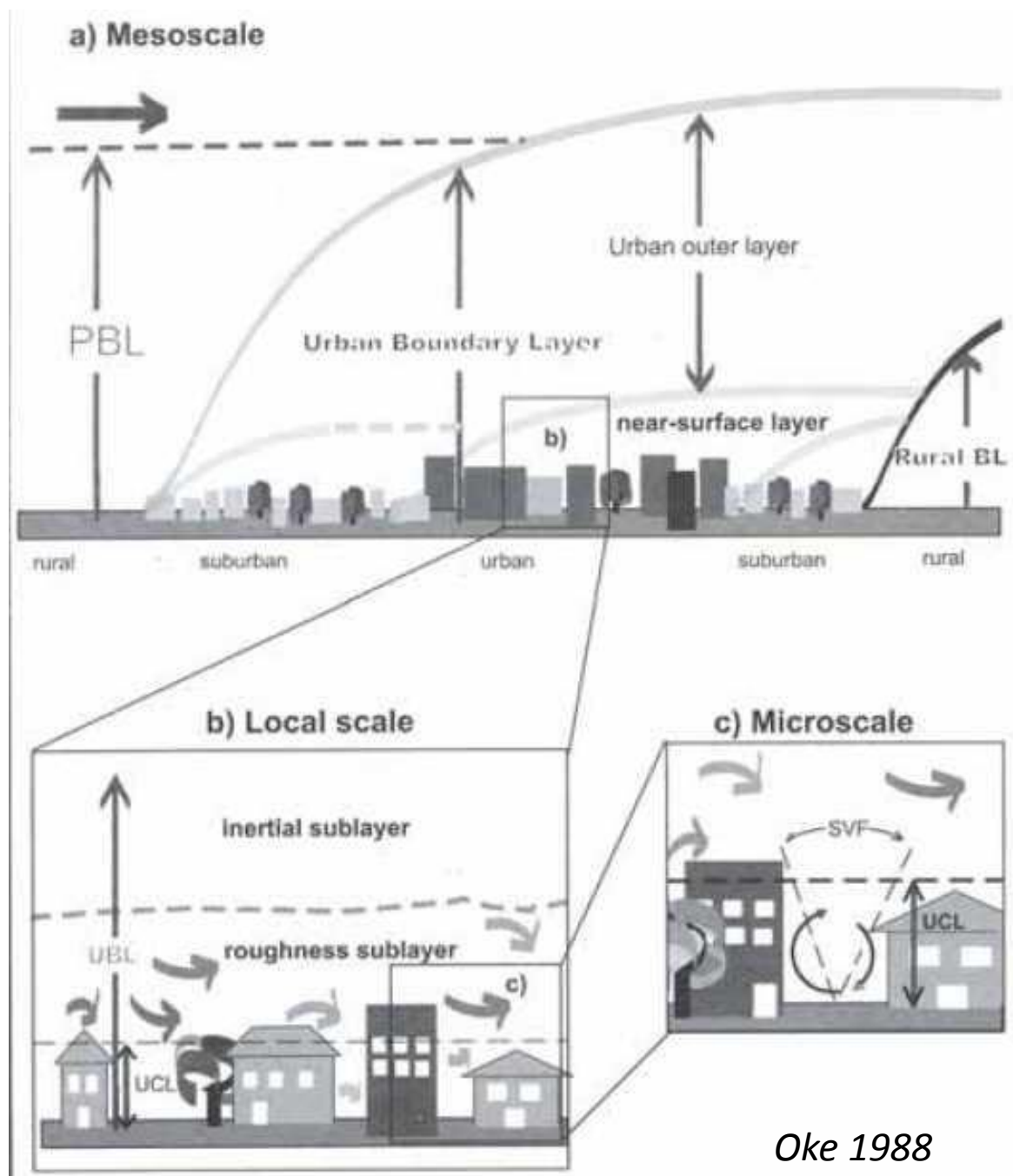
Urbanluft består av olika haltbidrag



Olika verk samma
processer i olika
skalor.

Inga modeller
täcker alla.

De viktigaste
processerna för
respektive skala
används.



Oke 1988

Beroende på skala och förutsättningar krävs att relevanta processer ingår

Skala	Ingående viktiga processer (alla ingår inte i alla modeller)	Exempel på modell
Mesoskala (Europa-Sverige) Ibland större region	Storskaliga vädersystem Kemi Långdistanstransport	MATCH – Eulersk Lagrange EMEP - Eulersk Lagrange TAPM - Eulersk Lagrange, gaussisk
Regional/urbanskala	Topografiskt styrd vind Land/sjöbris Inversioner Urban circulation (UHIC) Ibland kemi	Airviro - Gaussisk Airmode - Gaussisk Enviman - Gaussisk ADMS - Gaussisk TAPM - Eulersk Lagrange, gaussisk
Lokal/gaturum	Modifierar meteorologi till markplan Turbulens kring byggnader Trafikinducerad turbulens Ibland vid kemi	OSPM SIMAIR MISKAM Fluent m.fl.

Denna utredning
avser denna skala

Syfte

- Undersöka främst två typer av modeller som avsedda för beräkningar i markplan och dessas användningsområde.
- Detta görs för några olika typer av urbana miljöer och förutsättningar.
- En del av jämförelse har även gjorts med en gaussisk modell.



Hur har detta gjorts?

Jämförelse mellan dels en CFD-modell dels en semis-empirisk modell har gjorts.

För att få en total urban halt har övriga haltbidrag också beräknats. Detta har gjorts med hjälp av tillhörande modellkoncept. Där ingår modeller för de större skalorna, emissionsmodellering, meteorologisk indata samt efterprocessering/slutanalys m.m.

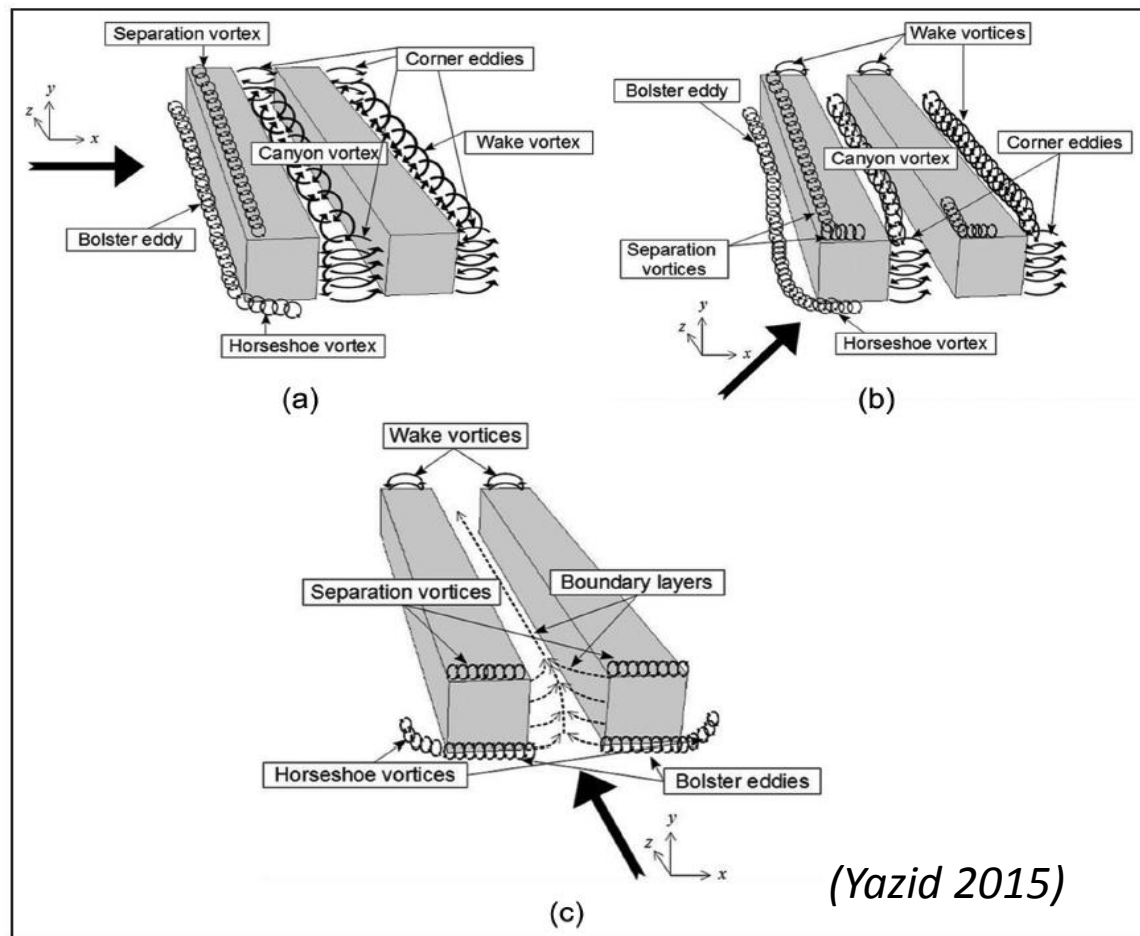
Genom att använda så lika indata som möjligt har skillnader försökt att elimineras då det är den finskaliga modelleringen som är huvudfrågan.

De modeller som använts är:

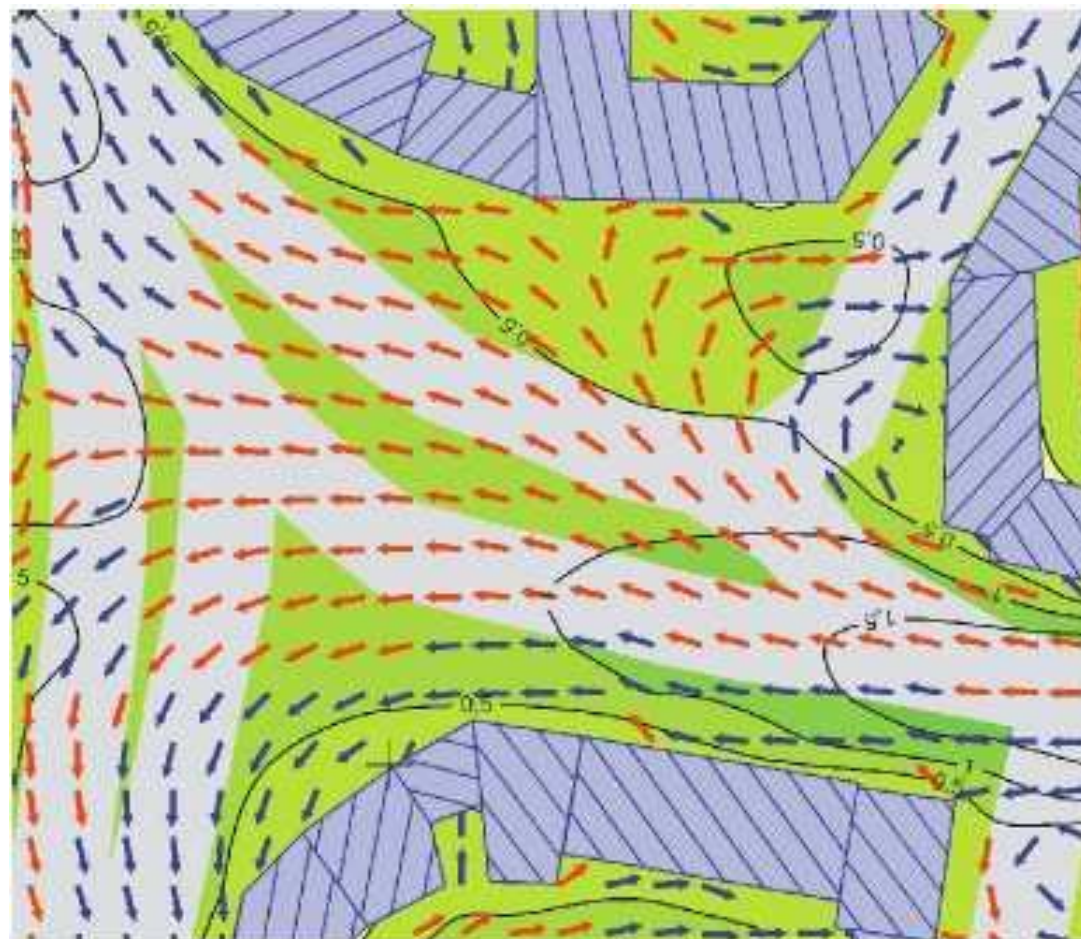
OSPM - semi-empirisk gaturumsmodell – ingår i SIMAIR-modellen.

Miskam - CFD-modell - en avancerad modell strömningsdynamisk av s.k. RANS typ (icke hydrostatisk, prognostisk)

Vindmönster i en gatucanyon



Eller detalj i ett kvarter (beräknat med MISKAM)





Val av testområden

	Gårdaområdet i Göteborg	Området kring Hornsgatan i Stockholm	Området kring Barnarpsgatan i Jönköping
Bebyggelse- struktur	Både tät och mindre tät bebyggelse Dubbla, enkla och assymetriska gaturum	Mestadels tät bebyggelse på på båda sidor med lite olika höjd	Delvis tät enkelsidig bebyggelse delvis öppna område.
Emissionsmiljö	Höga emissioner, mycket trafik på leden och relativt mycket trafik på de mindre gatorna	Relativt höga emissioner och mycket trafik	Lägre emissioner, men relativt vältrafikerad väg.
Haltnivå	Hög halt, storstad, relativt centralt.	Hög halt, storstad, centralt.	Medelhög halt, medelstor stad, relativt centralt.
Mätningar	NO ₂ och PM ₁₀ mäts i gaturum vid leden.	NO ₂ och PM ₁₀ mäts i både gaturum och taknivå	PM ₁₀ mäts i gaturum vid Barnarpsgatan. NO ₂ mäts vid Kungsgatan



GÖTEBORGS UNIVERSITET

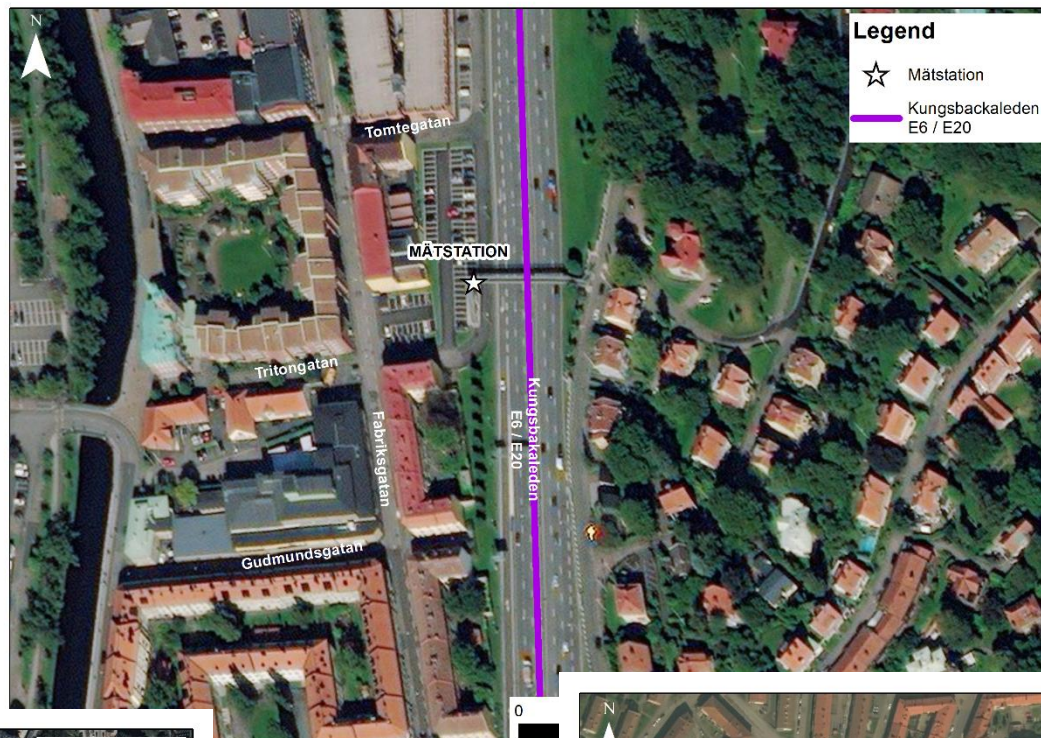
Testområden

Gårda, Gbg

Banarpsgatan, J-köping

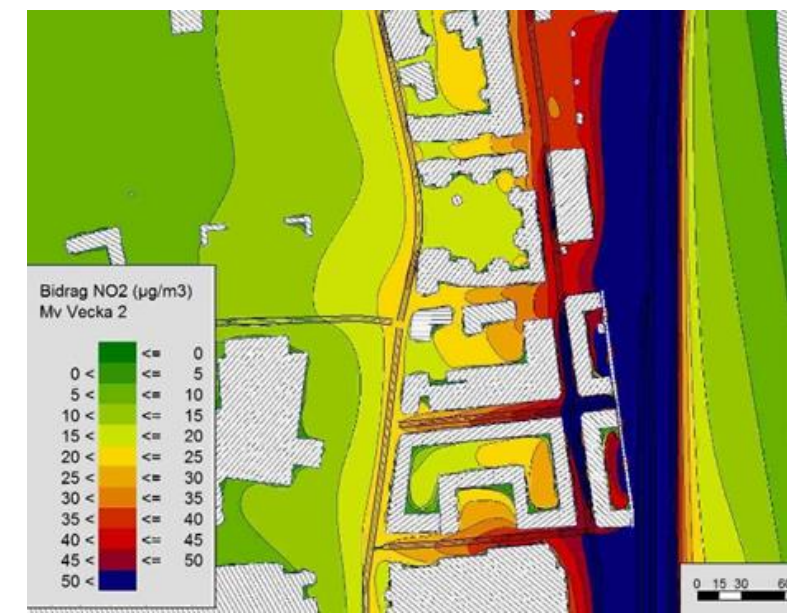
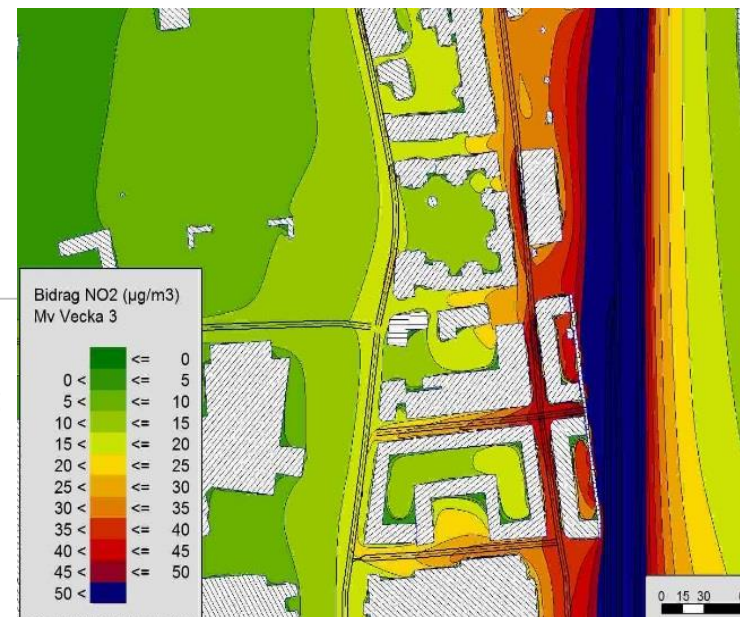
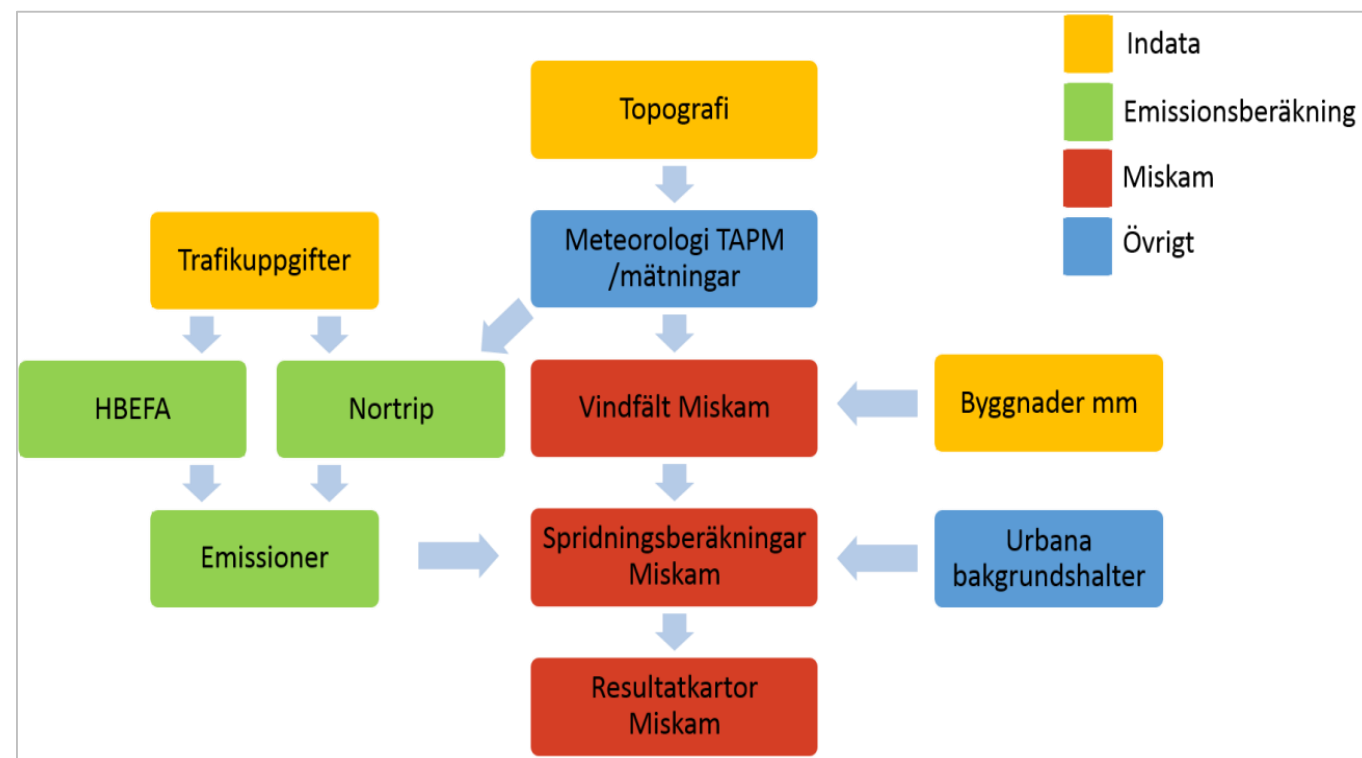
Hornsgatan, Sthlm

SMHI



CFD-modelleringen

Modellkoncept MISKAM



SIMAIR – karakteristika

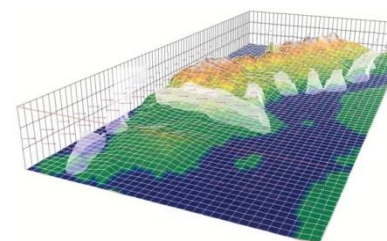
- **Förberäknade bakgrundshalter**
 - hopkoppling av flera modeller som tar hand om olika skalor
- **Vid själva SIMAIR-körningen beräknas endast lokala haltbidraget**
 - Innebär snabb beräkning
 - Ger totalhalter m.hj.a. förberäknade fälten
 - Även källfördelade halter
- **Enkelt användargränssnitt – enkel användning**
- **SIMAIR är egentligen flera modeller**
 - **SIMAIR-väg – ingår i studien**
 - **SIMAIR-korsning – Gaussmodell – ingår i studien**
 - SIMAIR-ved
 - ...

SIMAIRs kopplade modellkoncept

Luftföroreningar kommer från olika källor på olika avstånd från området som studeras

Förberäknade fält

Regionalt bidrag, internationellt



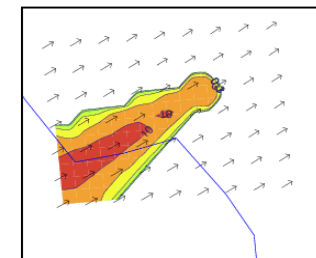
22 km

Regionalt bidrag, nationellt



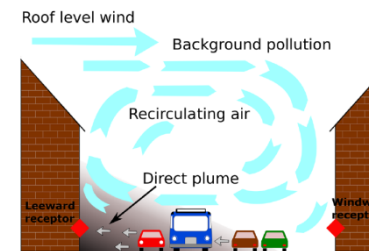
11 km

Urbant bidrag



1 km

Lokalt bidrag

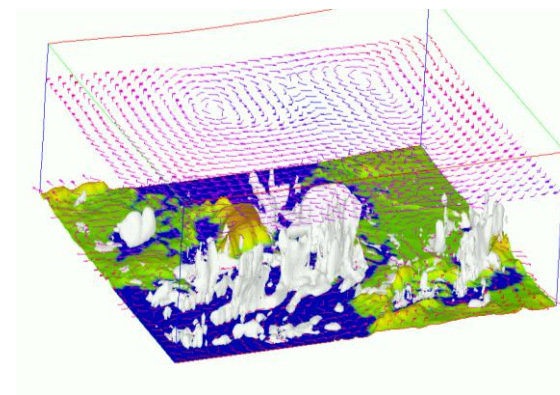


Gaturum

Meteorologiska data i SIMAIR-systemet

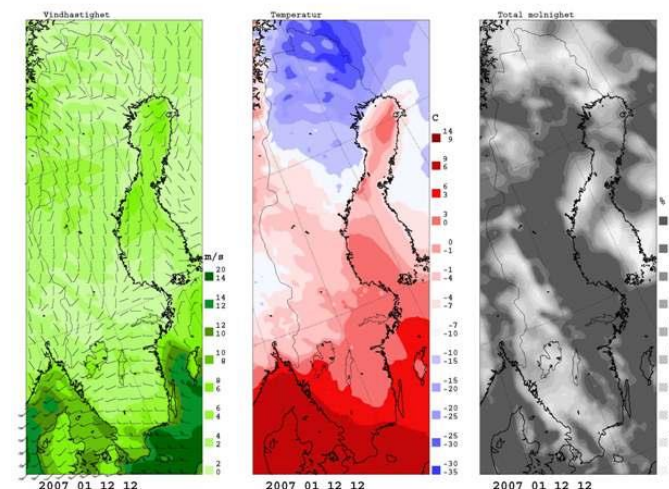
Regional skala

- 3D-meteorologiska data från ECMWF:s deterministiska väderprognosmodell
- Numerisk väderprognosmodell som används på SMHI



Urban/lokal skala

- 2D-meteorologiska data från Mesan
- Mesan: System som viktat samman observationer, radar, satellitdata och modelldata
- 2,5 x 2,5 km



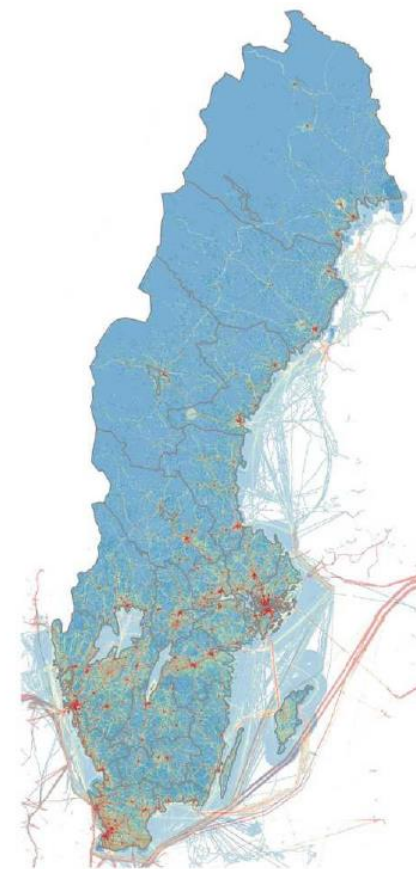
Inbyggda emissionsindata i SIMAIR

Emissioner på regional och urban skala

- Geografiskt fördelade emissioner från SMED (svensk databas) 1 km x 1 km samt EMEP (europeisk databas)

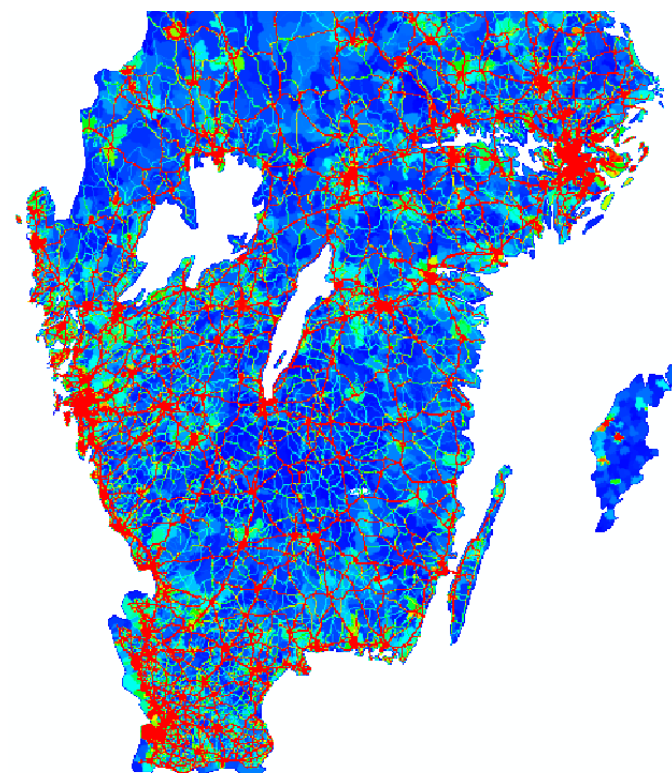
Emissioner på lokal skala

- Med hjälp av trafikdata, som användaren kan modifiera, beräknas emissioner
- Kömodell, där användaren kan timvis ange tre klasser, beskriver utsläpp vid köbildning
- Emissionsfaktorer från HBEFA
- SIMAIRs resuspensionsmodell (Framöver kommer NORTrip att implementeras)



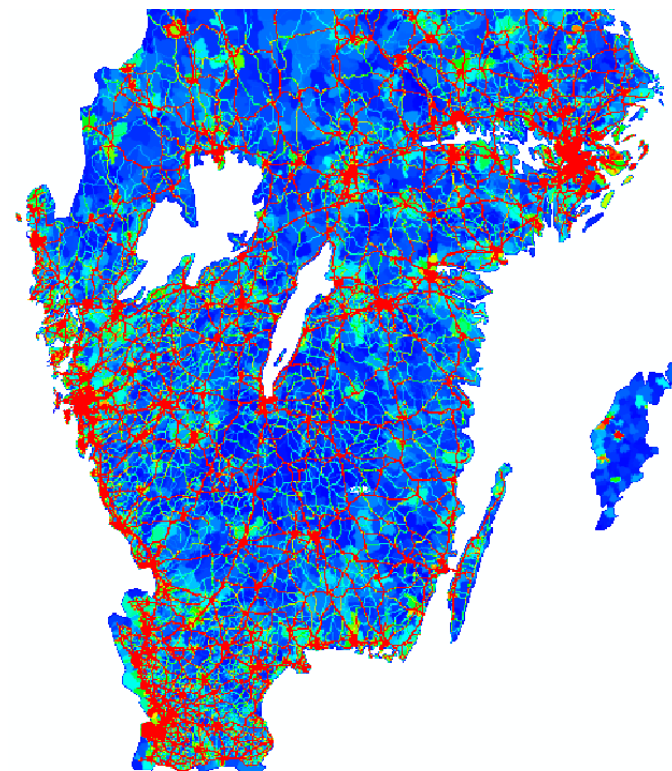
Trafikdata och gaturumsmått SIMAIR

- Levererade från Trafikverket
- Bygger på Nationella vägdatatabasen (NVDB)
- Detaljerade uppgifter (mätningar) för statliga vägar
- Trafikdata för kommunala vägar
→ bör granskas och uppdateras
- Gaturumsbredd, hushöjder
→ förinlagda värden bör granskas/uppdateras



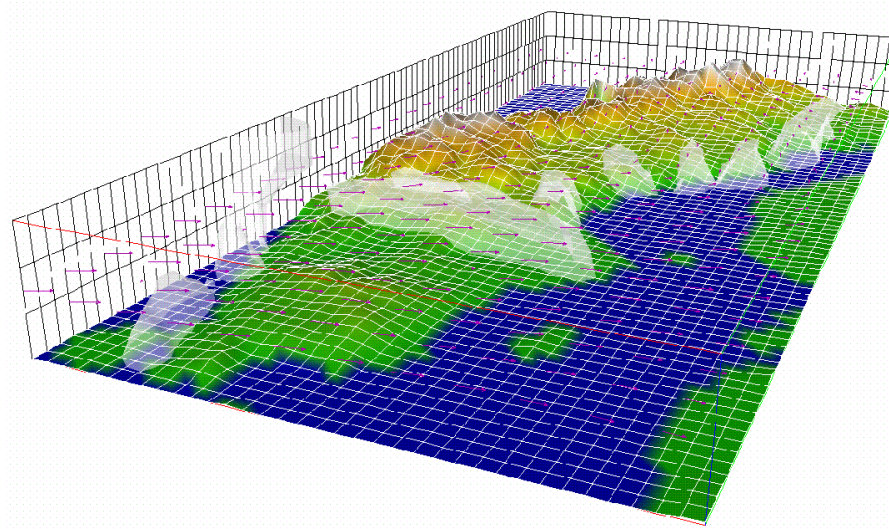
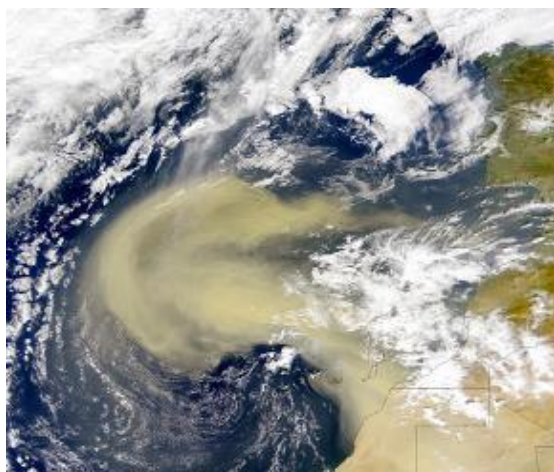
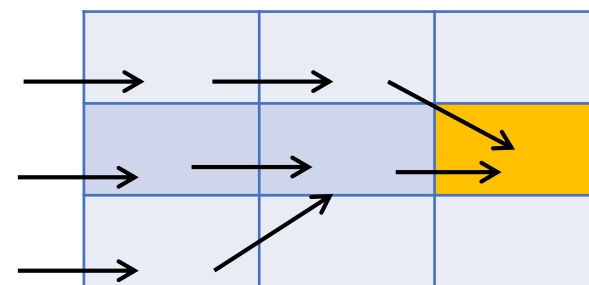
Bakgrundshalter i SIMAIR

- Spridningen från utländska och svenska källor beräknas med
 - MATCH (regionalskalig modell, Europa – Sverige)
 - Dispersion - lokalskalig modell, används för punktkällor i/nära tätorten
 - BUM - urban modell, används för trafikutsläpp från andra gator i tätorten



SIMAIRs **regionala** bakgrund - förberäknad

- Transport mellan länder, spridning mellan regioner och städer/tätorter
- Beskriver storskalig luftströmning, kemi och deposition
- **MATCH-modellen används 11×11 km grid**



SIMAIRs **urbana** bakgrund - förberäkning

Regionala bakgrunden enligt förra bilden

+

Urbana halt**bidraget: BUM-modellen**

- Den aktuella tätorten beräknas med upplösningen 1×1 km
 - Punktkällor beräknas med den Gaussiska modellen Dispersion
 - Väggkällor beräknas med en bakåtttrajektoriemodell

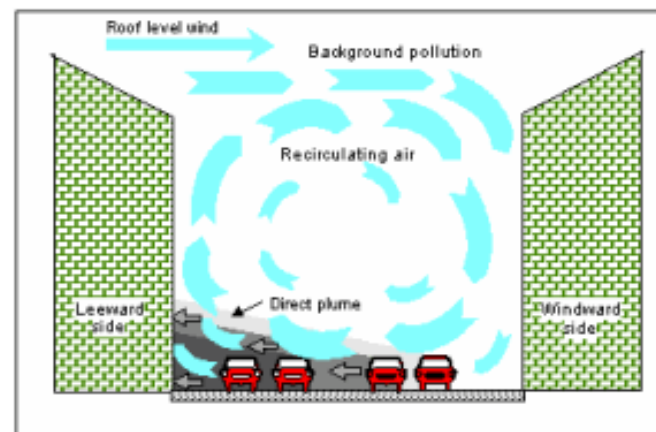
=

Urban bakgrundshalt

Lokalt haltbidrag i SIMAIR-väg

- Emission från avgasrör
- För partiklar också vägslitage/uppvirvling
- Kömodell för att beskriva utsläpp vid köbildning
- Gaturummets bredd och höjd betydelsefull för spridningen

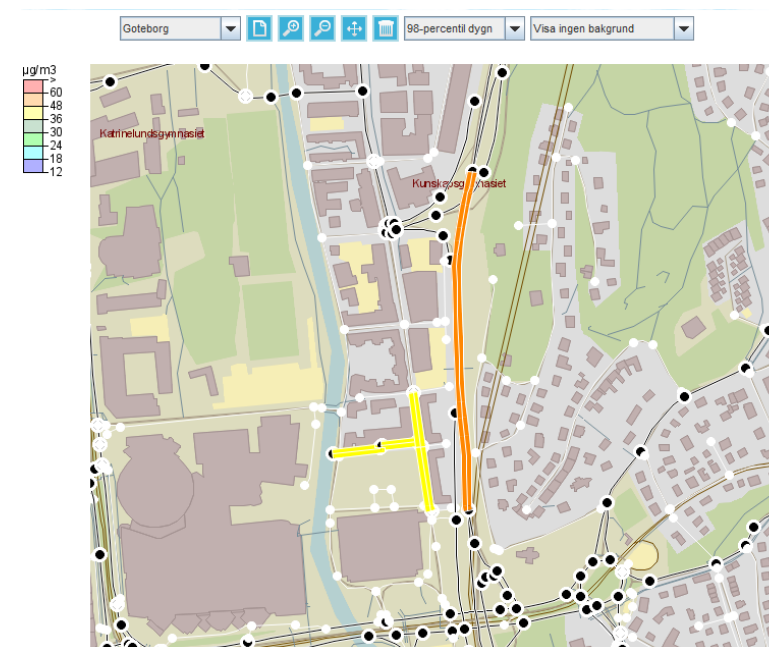
- **Gaturum:** OSPM-modellen
 - Plymmodell för direkt plym
 - Boxmodell för cirkulationen



- **Vägar** utan bebyggelse: OpenRoad-modellen

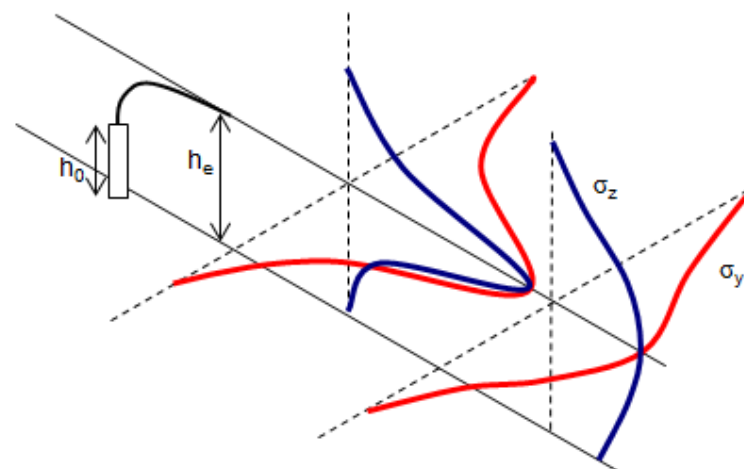
Utdata/resultat från SIMAIR-väg

- Beräknas för ett gatuavsnitt i taget, typiskt en kvarterslängd
- Ömse sidor av gatan
- Kartresultat med olidfärgade haltintervall, alla beräknade gator i en kartbild
- Tabellresultat på en sida per gatuavsnitt
- Exceltabeller med timvisa halter



Gaussiska modeller

- Spridningen antas ske i normalfördelade rökplymer (timmedelhalter)
- Baseras på vindriktning och -hastighet, stabilitet, plymlyft, byggnadsnedsug
- Representeras i studien av **SIMAIR-korsning**
- Stora olikheter mellan olika Gaussmodeller





SIMAIR-korsning – en Gaussmodell

- Rutnätsmodell, t.ex. 25×25 m upplösning
- Inkluderar som lokala källor vägar som väljs ut
- Ger ytutbredd haltfördelning, olikfärgade haltintervall (isolinjer)
- Ingen hänsyn till byggnaders inverkan
- Lämplig för områden med samverkan mellan närliggande vägar
- T.ex. bostadsområde mellan några större vägar utan att ligga intill någon väg
- Kan dock kompletteras med SIMAIR-väg för att även erhålla vägnära halter

Huvudinriktningen i studien är dock jämförelse mellan CFD/Miskam och SIMAIR-väg



Resultat från SIMAIR-väg resp. MISKAM

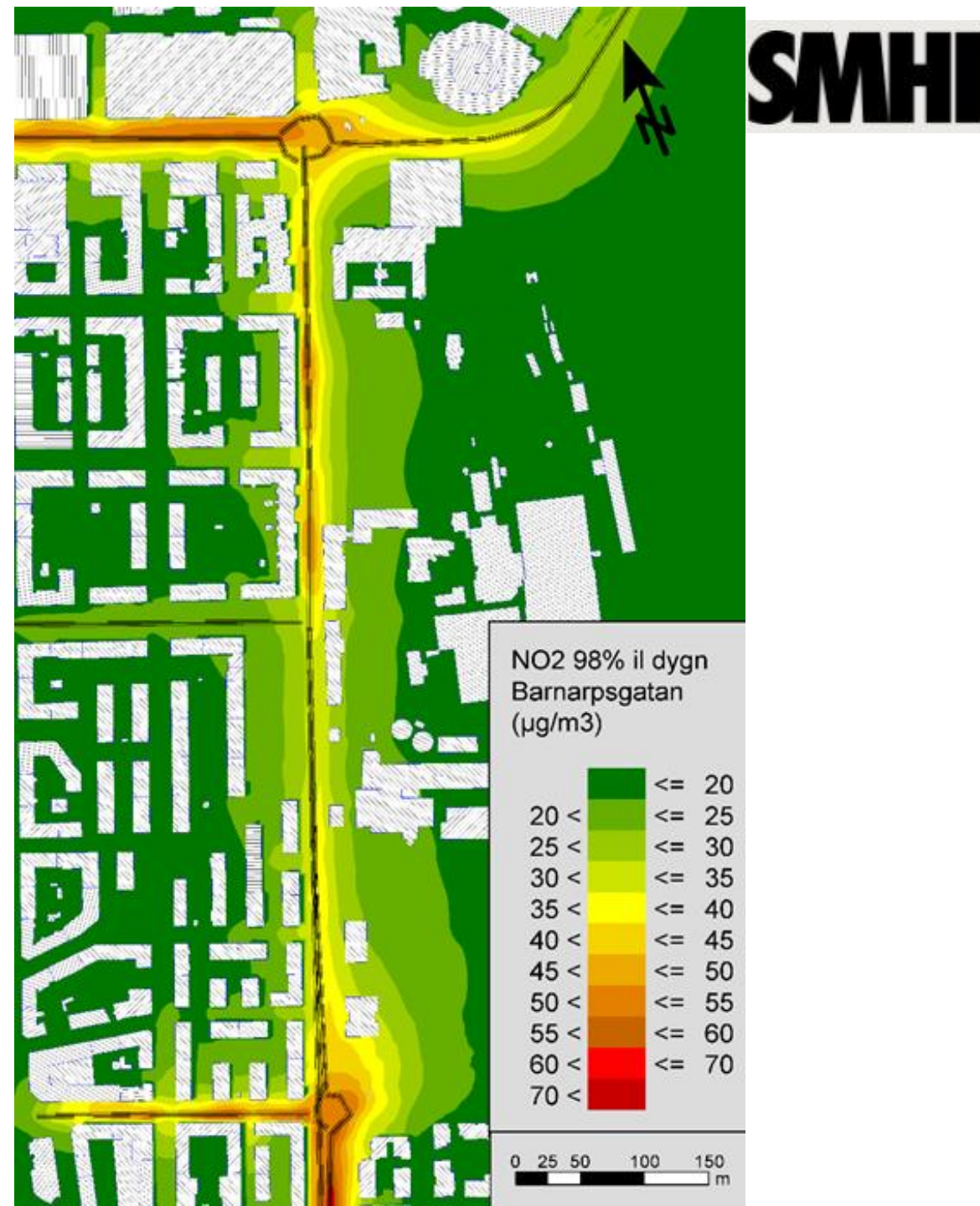
Hornsgatan 98%il
dygnsmedelvärdet





GÖTEBORGS UNIVERSITET

Jönköping





Validering av modellresultaten

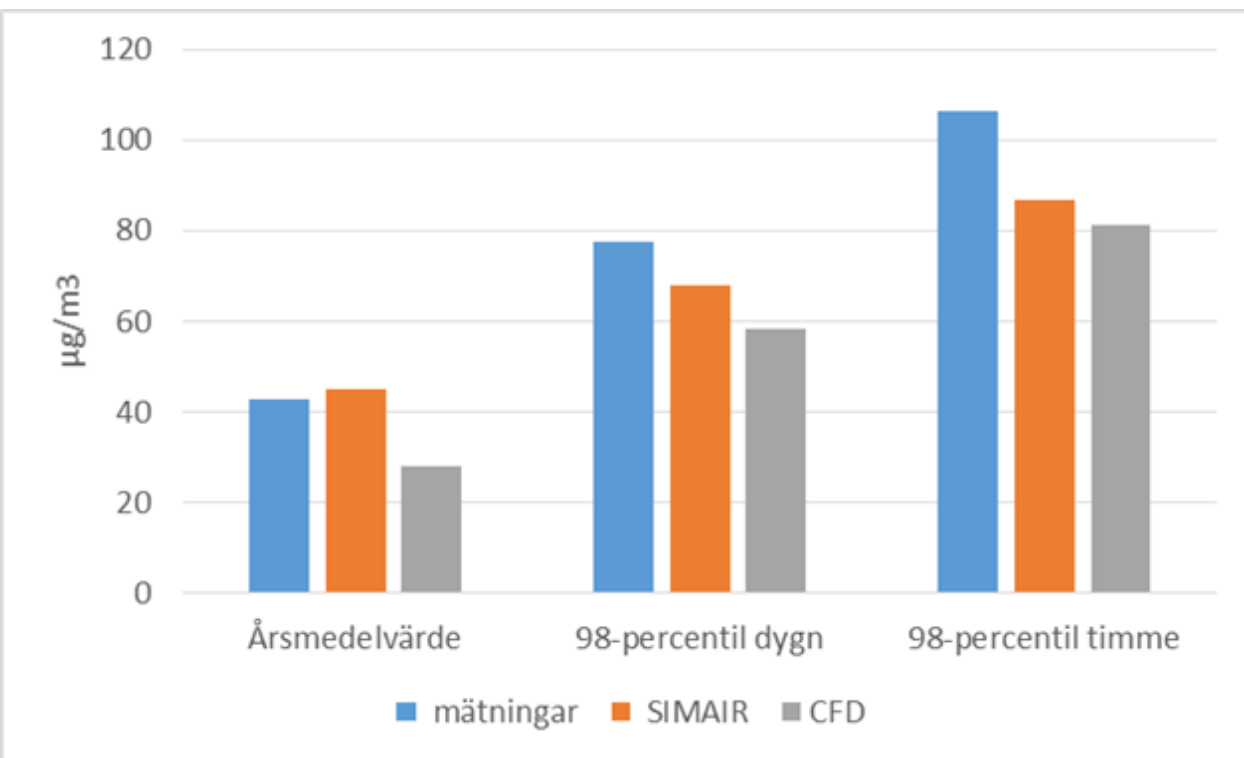
En "svårighet" med all validering av modelldata är att det oftast endast finns mätningar för en punkt.

För gaturumsmodellering är det än mer utmanande då haltvariationen kan vara stor i ett gaturum varför både koncentrationsnivåer och utbredning i gaturum är svår att validera, speciellt med bra tidsupplösning.

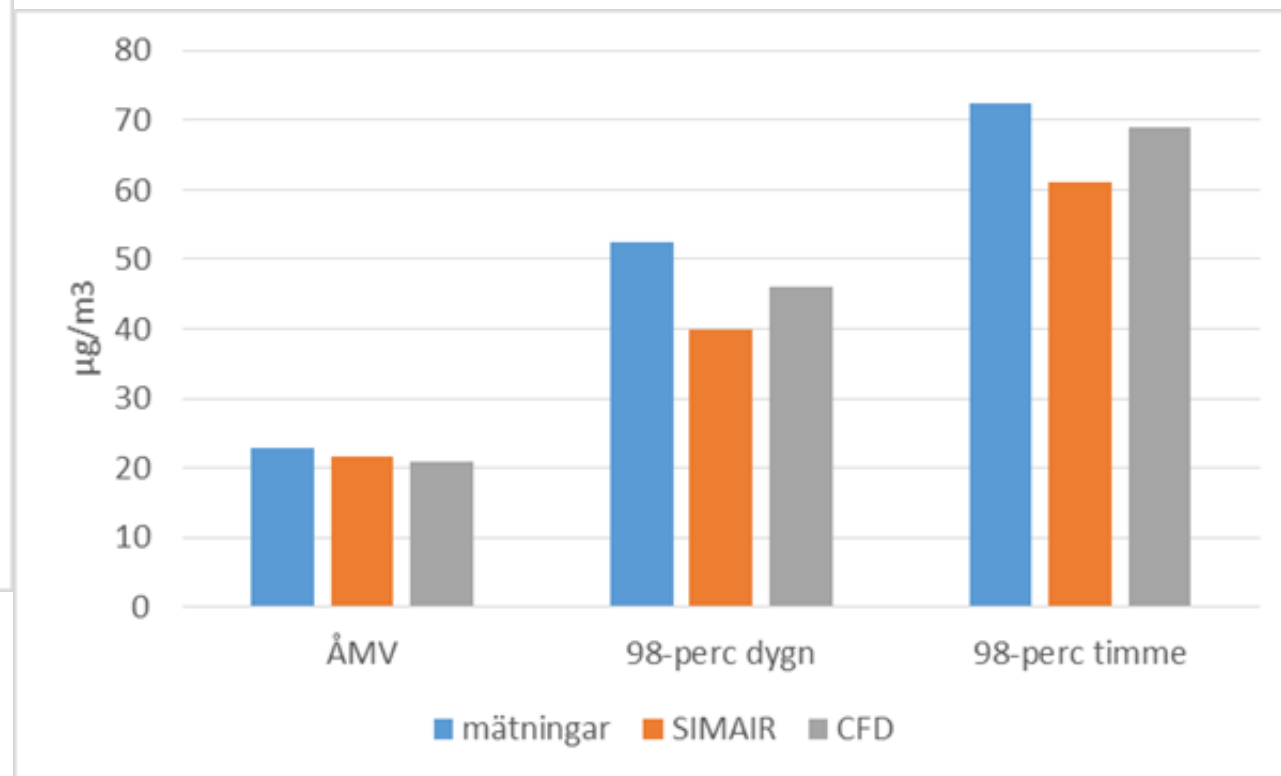
På de valda platserna fanns kontinuerliga mätningar av både NO_2 och PM_{10} i en punkt vilka användes.

I Göteborg genomfördes därför en mätkampanj med passiva provtagare av NO_2 på veckobas. Dessa placerades på 6 platser längs de mindre gatorna i undersökningsområdet under tre veckor.

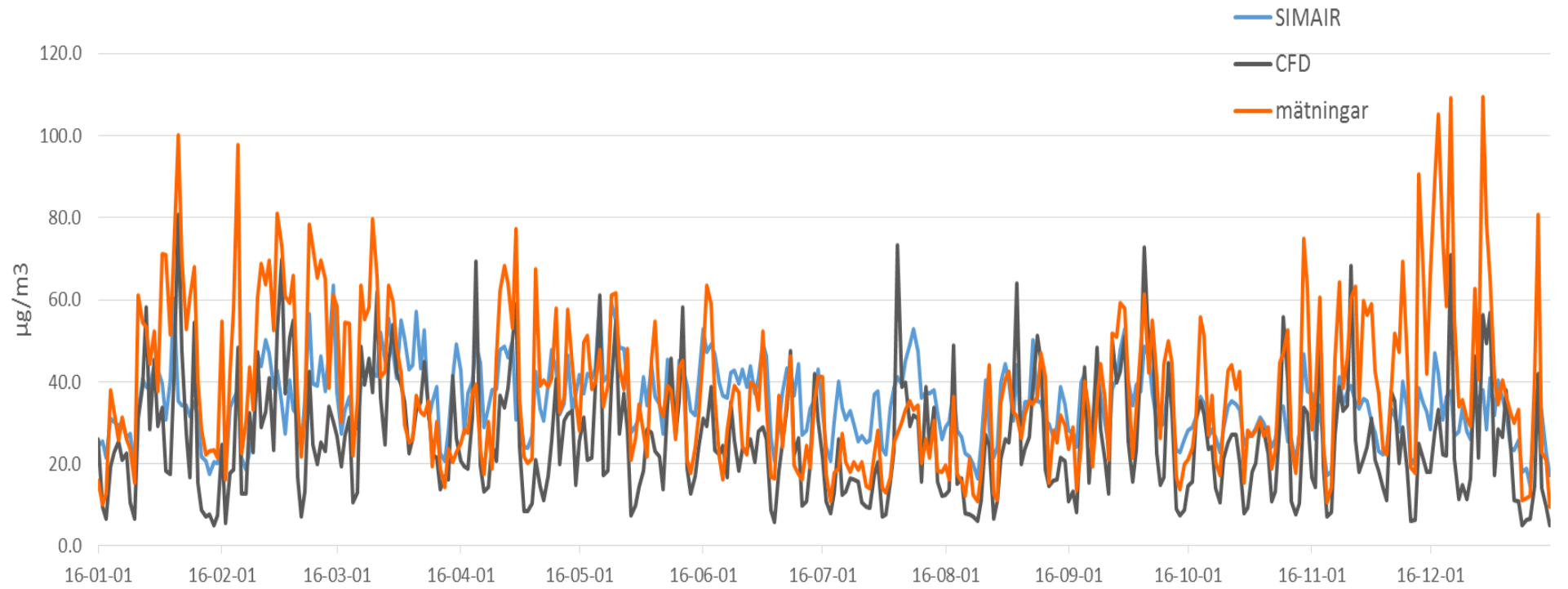
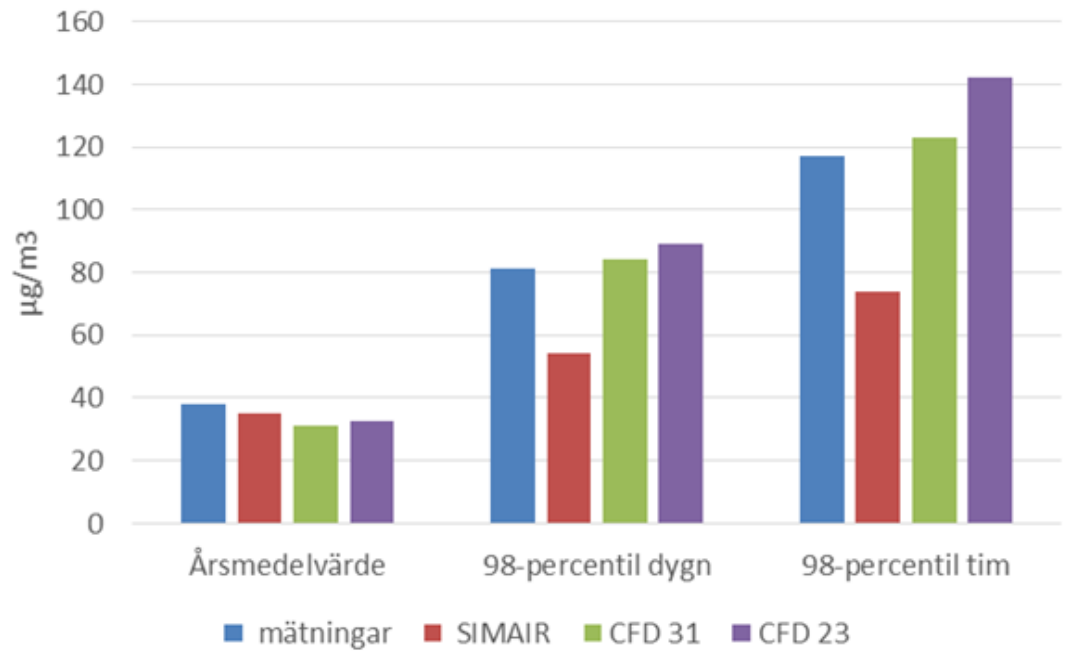
Hornsgatan



Banarpsgatan



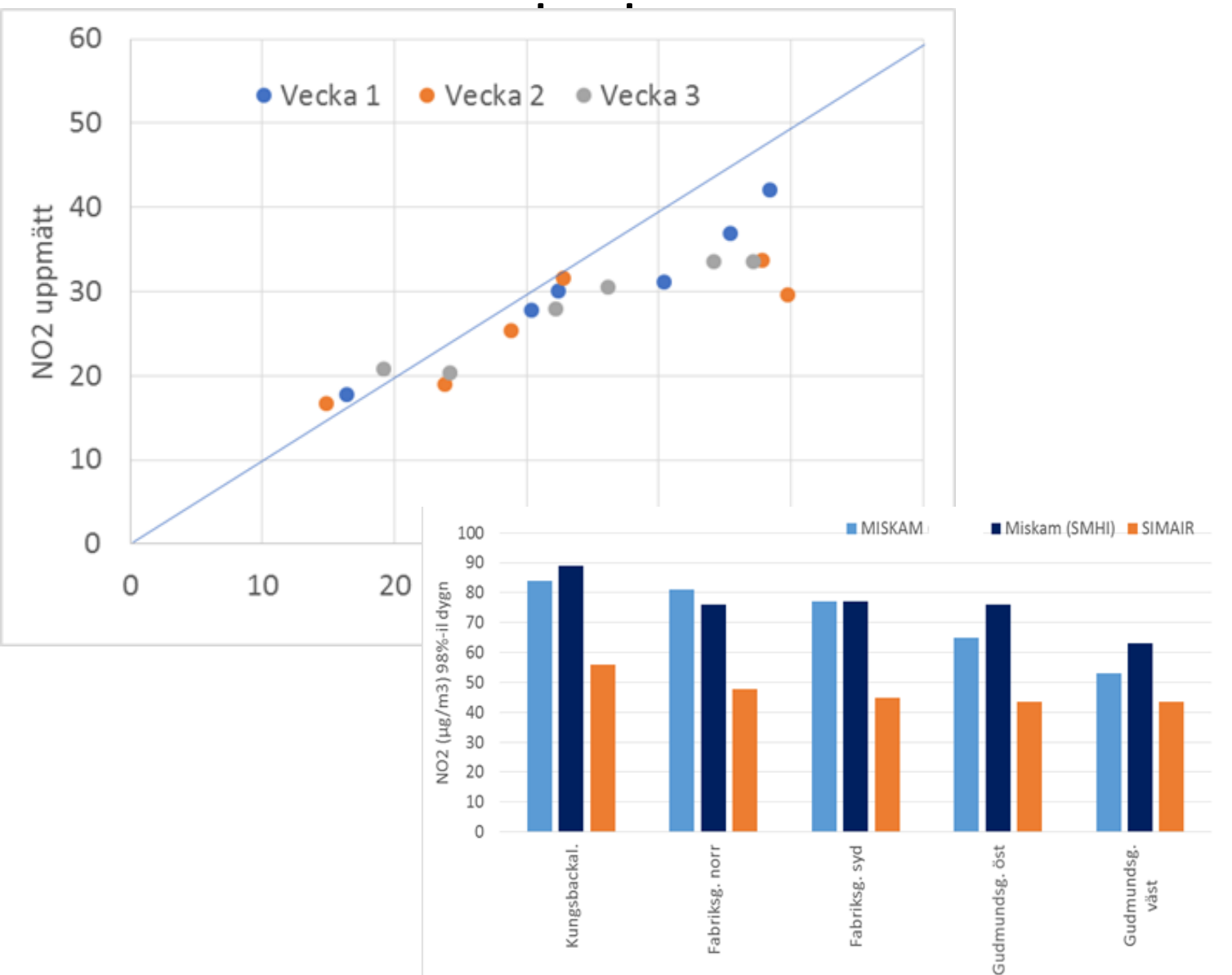
Kungsbackaleden





GÖTEBORGS UNIVERSITET

Gårda smågator på

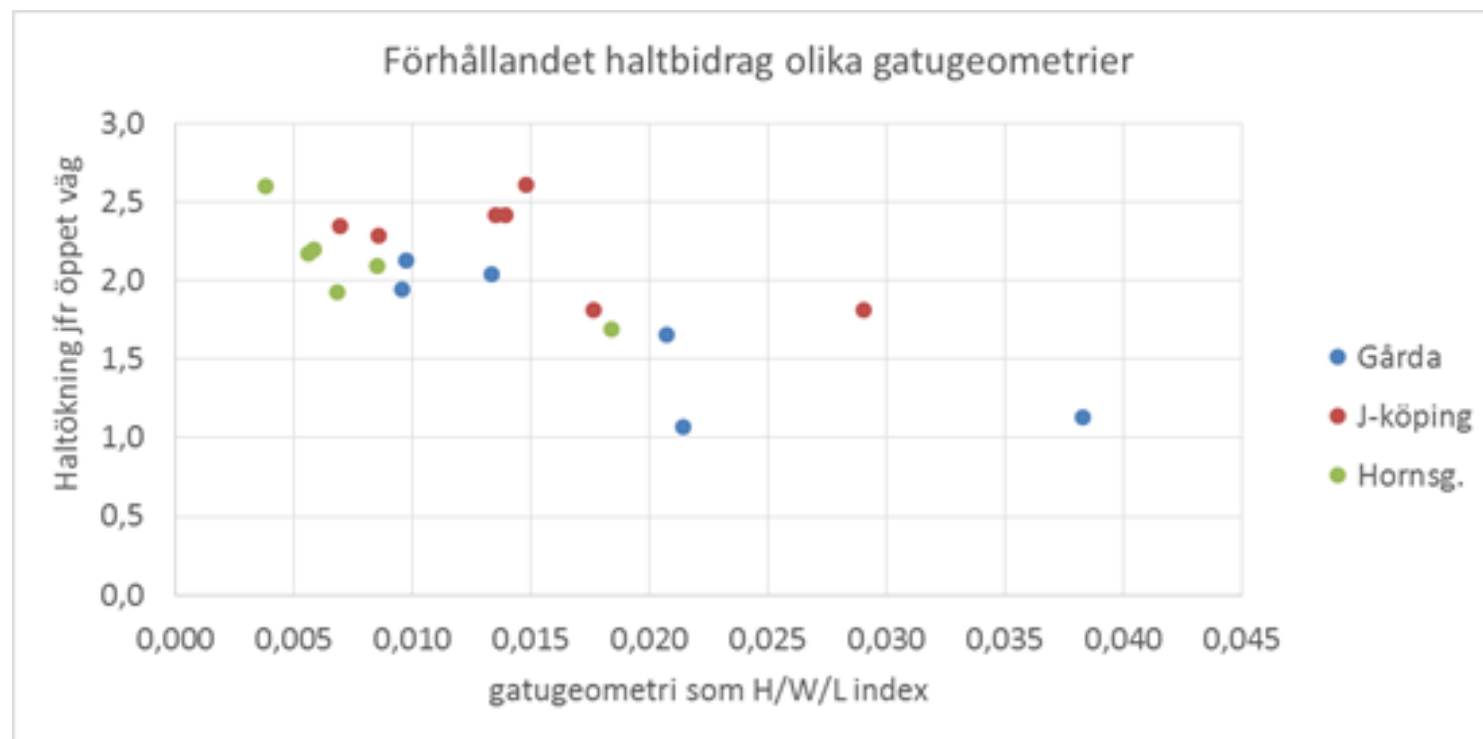


Koppling halt och gatugeometri

Ett försök till objektiv bedömning av hur olika gaturumsutformning påverkar haltbidraget.

Förhållandet höjd (H) bredd (W) och längd (L) av de olika gaturummen - $H/W/L$

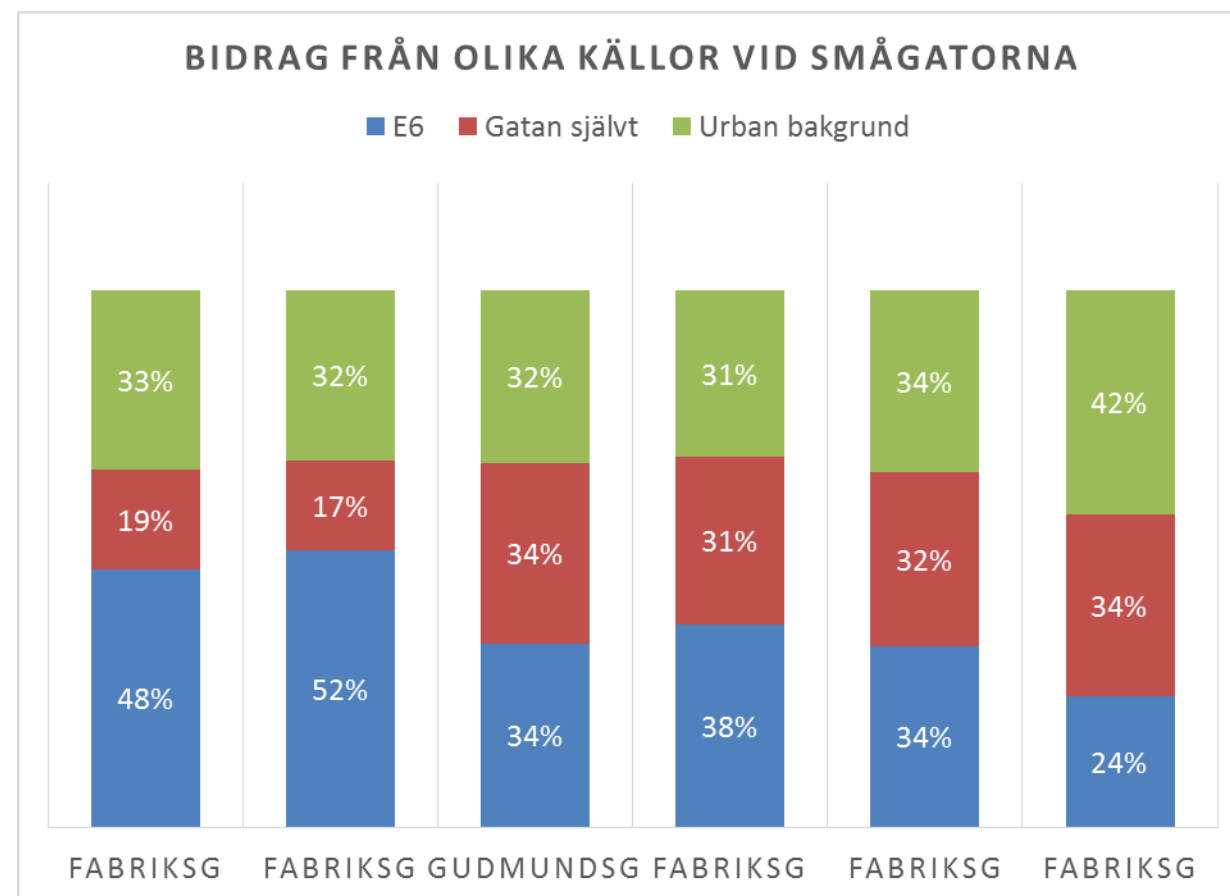
samt ökningen av haltbidrag från motsvarande haltbidrag för öppen väg.





Bidraget från det egna gaturummet i förhållande till totalhalten för respektive gata

- 1, 2 och 4 relativt stängda gaturum med dålig bortventilering nära E6 mycket inläckage.
- 3, Gudmundg. längst bort från E6 relativt stängt med dålig bortventilering
- 5 och 6 bredare gaturum med bättre möjligheter för bortventileringen än de andra samtidigt lättare för inläckage





Val av modell

Syfte
Övervakning eller Planfrågor

Om övervakning

Sannolikt SIMAIR då miljöer för
övervakning kan väljas så att krav och
begränsningar för modellen uppfylls samt
tid och ekonomi finns ofta för validering



Om Planfrågor

Beror på **haltnivå** vid eller i direkt närhet till planområdet samt **bebyggelsegeometri** och storlek på **lokala emissioner** i anslutning till planområdet.

Ingen närliggande eller komplex bebyggelse
Låg halt, låga lokala emissioner
SIMAIR eller gaussik

Närliggande bebyggelse
Bebyggelsen kan orsaka 2- 3 ggr högre gaturumsbidrag varför en modell behövs där detta tas hänsyn till.

Låg halt och högre lokala emissioner

Låg/mellan/hög halt och högre lokala emissioner

Hög halt och höga lokala emissioner

Om symetriska gaturum och inte stor risk för inläckage från närliggande stor väg - SIMAIR

Om asymetriska gaturum och en risk för inläckage från närliggande större väg CFD-modell

Vid **kvarter och/eller större områden med komplex bebyggelse** behövs CFD-modellering då inte endast enskilda gaturum utan hela bebyggelsen ger effekter både inom och på omgivningen vilken är svår att fånga för markplan med övriga modeller - OM inte halterna från början är mycket låga och eventuella effekter inte behöver beaktas.



Vägledningen

- Riktas till svenska kommuner, konsulter och andra modellanvändare
- Även till beställare och exploatörer för att underlätta ex-vis kravspecificering vid upphandlingar av luftkvalitetsutredning
- Kommer att publiceras på Reflab - modellens webbplats



Vägledningen – preliminärt innehåll

- Bakgrund/inledning/syfte
- Olika situationer = olika förutsättningar $\Rightarrow$ olika val av modelltyp
- Genomgång av modelltyperna
- Vilka indata kräver modelltyperna? Vilka indata inbyggda?
- Viktigt med bra indata!
- Validering mot mätdata
- Nyckel för val av modelltyp
- Om studien och rapporten som underlag för Vägledningen