

NILU: TR 3/2001  
REFERANSE: E-101038  
DATO: SEPTEMBER 2001  
ISBN: 82-425-1301-5

# **Bruk av Mathew i AirQUIS/Episode Revisjon av eksportrutine**

**Leiv Håvard Slørdal**

# Innhold

	Side
<b>Sammendrag .....</b>	<b>2</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Beskrivelse av Mathew.....</b>	<b>4</b>
<b>3 Beskrivelse av tidligere benyttede eksport rutiner.....</b>	<b>6</b>
<b>4 Beskrivelse av den nye eksport rutinen.....</b>	<b>11</b>
<b>5 Sensitivitet av antall observasjonspunkter .....</b>	<b>14</b>
5.1 Sammenlikning av beregningsresultater og observasjoner når alle syv målestasjonene benyttes .....	14
5.2 Sammenlikning av beregningsresultater og observasjoner når alle målestasjonene unntatt Valle Hovin benyttes .....	16
5.3 Sammenlikning av beregningsresultater og observasjoner når kun én observasjon benyttes i beregningene .....	17
5.3.1 Eksempel på modellresultater når kun observasjonen på Valle Hovin benyttes som inngangsdata til Mathew.....	17
5.3.2 Beregningsresultater når de øvrige målestasjonene benyttes alene som inngangsdata til Mathew .....	23
<b>6 Konklusjon.....</b>	<b>26</b>
<b>7 Referanser .....</b>	<b>26</b>

## Sammendrag

Den diagnostiske vindfelt modellen Mathew (Sherman, 1978; Foster et al., 1995) er de senere år blitt benyttet som vindfelt generator for NILUs lokalskala spredningsmodell Episode. For å unngå systematisk underestimering og problemer med kunstige terrenginduserte stagnasjonspunkter i vindfeltet er Mathew-simuleringene fram til nå blitt gjennomført på et horisontalt rutenett med dobbelt så fin oppløsning som det horisontale rutenettet i Episode. Det Mathew-beregnete vindfeltet har deretter blitt interpolert til det grovere rutenettet i Episode. Dette har medført at regnetiden for vindfeltberegningen er blitt uforholdsmessig stor, og at det beregnede divergesfrie vindfeltet fra Mathew er blitt modifisert på grunn av interpoleringen mellom gitrene. I et forsøk på å redusere de uheldige sidene ved denne bruken av Mathew ble det satt igang et arbeid på NILU med sikte på å forbedre metoden som benyttes for å overføre modellresultatene fra Mathew til Episode. Metodeendringen som er gjort i Mathews eksportrutine, medfører at Mathew nå kan kjøres med samme oppløsning som Episode (dvs. 1 km x 1 km) uten at dette fører til merkbart dårligere beskrivelse av vindfeltet.

Den nye eksportrutinen i Mathew, som er beskrevet i detalj i kapittel 4, benytter følgende metode for å overføre timevise horisontale vindfelt fra Mathews Cartesiske gitter til Episodes terrengfølgende gitter:

- Først benyttes lineær interpolasjon vertikalt i Mathew-gitteret for å finne vindkomponentene  $U$  og  $V$  i høydene over bakken som tilsvarer nivåene til midtpunktet i de ulike Episode-lagene. Dette leder til to tredimensjonale matriser som vi her velger å benevne:  $U_{i,j,k}^{Ep}$  og  $V_{i,j,k}^{Ep}$ . I disse uttrykkene angir indeksene  $i$  og  $j$  posisjonen horisontalt i rutegitteret, mens indeksen  $k$  angir Episode-laget over bakken.  $U$ - og  $V$ -verdier med samme  $k$ -indeks er følgelig definert i like stor vertikal avstand fra bakken, men vil kunne befinne seg i svært ulike nivåer relativt til havoverflaten.
- Direkte bruk av  $U_{i,j,k}^{Ep}$  og  $V_{i,j,k}^{Ep}$  i Episode ville fortsatt lede til lokal underestimering (terrengindusert stagnasjon) og derfor benyttes nå følgende sentrerte glattingsprosedyre:

$$U_{i,j,k}^{NEW} = \left( \frac{1}{4} U_{i-1,j,k}^{Ep} + \frac{1}{2} U_{i,j,k}^{Ep} + \frac{1}{4} U_{i+1,j,k}^{Ep} \right) \quad (\text{A})$$

$$V_{i,j,k}^{NEW} = \left( \frac{1}{4} V_{i,j-1,k}^{Ep} + \frac{1}{2} V_{i,j,k}^{Ep} + \frac{1}{4} V_{i,j+1,k}^{Ep} \right) \quad (\text{B})$$

$U_{i,j,k}^{NEW}$  og  $V_{i,j,k}^{NEW}$  sendes deretter direkte inn i Episode uten ytterligere interpolering. Randverdiene av  $U_{i,j,k}^{NEW}$  og  $V_{i,j,k}^{NEW}$  settes lik naboverdier i nærmeste gitterrute inne i modellområdet. Ved å benytte denne metoden oppnås en vesentlig besparelse i regnetid. Dessuten reduserer glattingsprosedyren angitt i likningene A og B,

effektivt de tidligere nevnte problemene med underestimering av vindstyrken og forekomst av svak vind i øst/vest- og nord/syd-retning som følge av kunstig topografiindusert stagnasjon. Sammenlikninger viser at den nye eksportrutinen gir beregningsresultater som samsvarer like bra med observasjoner som den tidligere regnekrevende metoden.

Som en del av uttestingen av den nye eksportrutinen er det gjennomført en rekke sensitivitetskjøringer der alt fra 1 til 7 vindobservasjoner er benyttet som inngangsdata i Mathew beregningene. Resultatene viser at beregningene tidvis avviker betydelig fra vindobservasjonene, både i styrke og retning, selv på de stasjonene hvor observasjonene er benyttet som inngangsdata.

Testene der enkeltstasjoner utelates eller der bare data fra én målestasjon benyttes i beregningene, viser likevel at den nye versjonen av Mathew i de fleste tilfeller er i stand til å gjenskape hovedtrekkene i det totale vindfeltet. Når kun én målestasjon benyttes kan imidlertid beregningene bli beheftet med store feil spesielt i svakvind situasjoner.

# Bruk av Mathew i AirQUIS/Episode

## Revisjon av eksportrutine

### 1 Innledning

Den diagnostiske vindfelt modellen Mathew (Sherman, 1978; Foster et al., 1995) er de senere år blitt benyttet som vindfelt generator for NILUs lokalskala spredningsmodell Episode. For å unngå systematisk underestimering og problemer med kunstige terrenginduserte stagnasjonspunkter i vindfeltet er Mathew-simuleringene fram til nå blitt gjennomført på et horisontalt rutenett med dobbelt så fin oppløsning som det horisontale rutenettet i Episode. Det Mathew-beregnete vindfeltet har deretter blitt interpolert til det grovere rutenettet i Episode. Dette har medført at regnetiden for vindfeltberegningen er blitt uforholdsmessig stor, og at det beregnede divergesfrie vindfeltet fra Mathew er blitt modifisert på grunn av interpoleringen mellom gitrene. I et forsøk på å redusere de uheldige sidene ved denne bruken av Mathew ble det satt igang et arbeid på NILU med sikte på å forbedre metoden som benyttes for å overføre modellresultatene fra Mathew til Episode.

I denne rapporten gis en kortfattet beskrivelse av Mathew i kapittel 2, en gjennomgang av hvordan vindfelt verdiene fra Mathew tidligere ble bearbeidet for bruk i Episode i kapittel 3, samt en beskrivelse av hvordan denne metodikken nå er endret i kapittel 4. Det gis eksempler på resultatfelter fra de ulike eksport rutinene. I kapittel 5 presenteres i tillegg resultater fra testkjøringer der sensitiviteten for antall benyttede observasjoner er undersøkt. I denne rapporten presenteres kun resultater fra sensitivitetsberegningene med den nye eksport-rutinen.

### 2 Beskrivelse av Mathew

Mathew er en diagnostisk vindfelt modell som genererer et tredimensjonalt vindfelt i et rektangulært gittersystem, basert på et vilkårlig antall vindobservasjoner (og/eller modellgenererte vindvektorer). Modellen tar hensyn til topografien innenfor modellområdet og lager et vindfelt, som i tillegg til å minimalisere variansen mellom observasjonene og de beregnede verdiene, også er massekonsistent, eg. divergensfritt.

Metoden som benyttes går i korthet ut på følgende. Bakken betraktes i utgangspunktet som flat. Ut fra et gitt antall (minst en) observasjoner av bakkevinden benyttes en interpolasjonsmetode for å beregne et 2-D horisontalt vindfelt i en gitt referanse høyde over bakken,  $Z_{ref}$ . Denne høyden velges ofte lik den mest forekommende målehøyden for bakkeobservasjonene, typisk 10 m. De bakkeobservasjonene som ikke er målt i denne høyden normaliseres til  $Z_{ref}$  ved bruk av et idealisert potensprofil. Interpolasjonsmetoden som benyttes beregner vinden i det regulære modellgitteret basert på de nærmeste observasjonene, der betydningen av de ulike observasjonene avtar med kvadratet av avstanden til beregningspunktet.

På tilsvarende måte beregnes et 2-D horisontalt vindfelt nær modellens øvre modellrand,  $Z_{top}$ . Dette vindfeltet baseres på informasjon fra de målinger og/eller beregninger som finnes av høydevinden innenfor modellområdet. Minst en slik høydeverdi må defineres. På tilsvarende måte som ved beregningen av vindfeltet i  $Z_{ref}$ , konstrueres så et 2-D horisontalt vindfelt i nivået  $z = Z_{top}$ . Deretter gis resten av gitterrutene i modellområdet verdier for vindstyrke og vindretning, basert på stabilitetsavhengige profiler mellom verdiene i  $Z_{ref}$  og  $Z_{top}$ . På denne måten får alle gitterrutene innenfor modellområdet initielt angitt en horisontal vind.

Etter at det initielle vindfeltet er beregnet konstrueres topografien. Dette gjøres ved at posisjonen for de ulike vindfeltverdiene i hvert gitterpunkt heves med et helt antall vertikale gitterruter,  $n \cdot \Delta z$ , tilsvarende topografihøyden ( $\pm \Delta z/2$ ) i det enkelte gitterpunkt. De vindfeltverdiene som ved denne metoden skyves ut av modellområdets øvre rand tas ikke med i de videre beregningene. Det resulterende horisontale vindfeltet modifiseres deretter slik at det endelige tredimensjonale vindfeltet blir massekonsistent (eg. divergensfritt) samtidig som variansen mellom observasjonene og de beregnede verdiene blir minimalisert.

Matematisk kan dette formuleres som et variasjonsproblem (se kap. 13 i Butkov, 1968) der funksjonale er gitt ved integralet (Sherman, 1978; Foster et al., 1995):

$$J(u, v, w, \lambda) = \int_{\Omega} \frac{1}{2\sigma_H^2} \left[ (u - u^0)^2 + (v - v^0)^2 \right] + \frac{1}{2\sigma_V^2} (w - w^0)^2 + \lambda \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) dx dy dz \quad (1)$$

der  $(u, v, w)$  og  $(u^0, v^0, w^0)$  er henholdsvis de beregnede vindfeltkomponentene og det initielle interpolerte vindfeltet basert på observasjonene,  $\lambda(x, y, z)$  er Lagranges multiplikatoren for bibetingelsen om massekonsistens (eg. divergensfrihet),  $\Omega$  er modell området og  $\sigma_H$  og  $\sigma_V$  er stabilitetsparametre som kontrollerer den relative betydning av horisontal og vertikal justering av det beregnede vindfeltet. Problemstillingen består i å finne det tredimensjonale vindfeltet  $u$ ,  $v$  og  $w$  som gir minimumsverdien for  $J$ .

Euler-Lagrange-likningene som er assosiert med funksjonale ovenfor er gitt ved:

$$u - u^0 = \sigma_H^2 \frac{\partial \lambda}{\partial x}, \quad v - v^0 = \sigma_H^2 \frac{\partial \lambda}{\partial y} \quad \text{og} \quad w - w^0 = \sigma_V^2 \frac{\partial \lambda}{\partial z} \quad (2)$$

med randbetingelsene gitt ved henholdsvis:

$$\lambda n_x \delta u|_s = 0, \quad \lambda n_y \delta v|_s = 0 \quad \text{og} \quad \lambda n_z \delta w|_s = 0 \quad (3)$$

der  $n_x$  er x-komponenten av randens normalvektor og  $\delta u|_s$  er endringen av hastigheten i x-retningen på randen og tilsvarende for de to andre retningene.

Ved å derivere de tre likningene i (2) med hhv.  $x$ ,  $y$  og  $z$ , deretter summere dem og til slutt benytte kravet om divergensfrihet,  $\nabla \cdot \vec{v} = 0$ , får vi følgende Poisson likning for  $\lambda(x, y, z)$ .

$$\sigma_H^2 \left( \frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \lambda}{\partial y^2} \right) + \sigma_V^2 \frac{\partial^2 \lambda}{\partial z^2} = - \left( \frac{\partial u^0}{\partial x} + \frac{\partial v^0}{\partial y} + \frac{\partial w^0}{\partial z} \right) \quad (4)$$

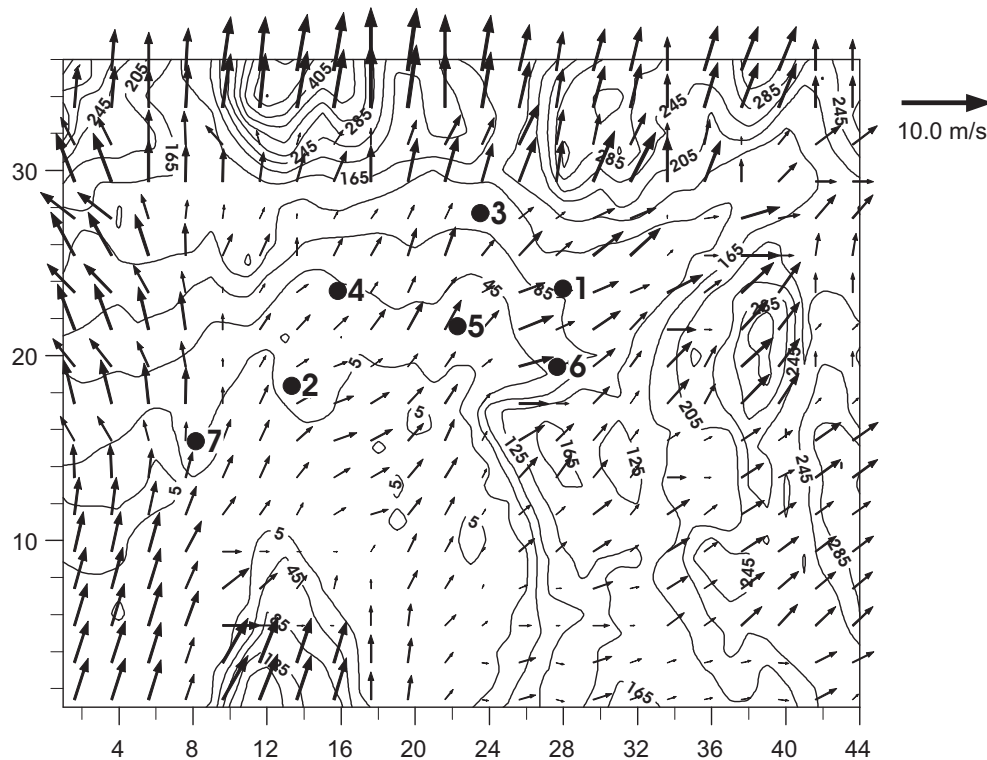
Denne likningen kan løses mhp.  $\lambda(x,y,z)$  med de gitte randbetingelsene. Deretter finnes hastighetsfeltet ved innsetting i (2).

For en nærmere beskrivelse av løsningsmetoden, se Foster et al., 1995; s. 1-14.

### 3 Beskrivelse av tidligere benyttede eksport rutiner

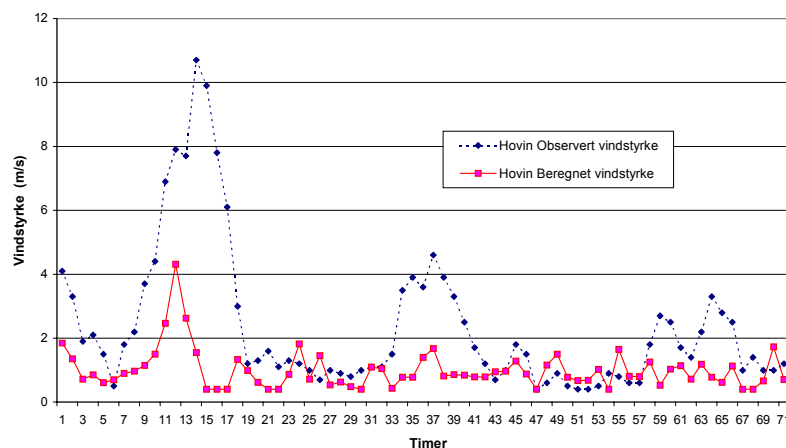
Siden vindfeltet i Mathew er beregnet i et rektangulært kartesisk gitter, mens Episode opererer med et terrengfølgende koordinatsystem, må vindfeltet bearbejdes før det gis til Episode. I tillegg overføres kun horisontalkomponentene av vinden, slik at Episode selv beregner vertikalkomponenten ved bruk av kravet om divergensfrihet,  $\nabla \cdot \vec{v} = 0$ .

I utgangspunktet ble vindfeltet i Mathew beregnet med samme horisontale oppløsning som Episode, dvs. 1 km x 1 km. Horisontalkomponentene av vindfeltet fra Mathew ble deretter interpolert vertikalt til høydene over bakken som tilsvarte nivåene til midtpunktet i de ulike Episode-lagene. Imidlertid viste det seg at dette førte til en vesentlig underestimering av vindstyrken i de områdene der det fantes observasjoner. Dessuten ble vindretningen nær bakken i for stor grad påvirket av den stiliserte "sukkerbit"-topografien i Mathew, slik at vindretningene nord/sør og øst/vest ble overrepresentert. Denne retningseffekten kommer tydelig frem i Figur 1 som viser det horisontale vindfeltet i nederste Episode-nivå fra en beregning for Oslo.

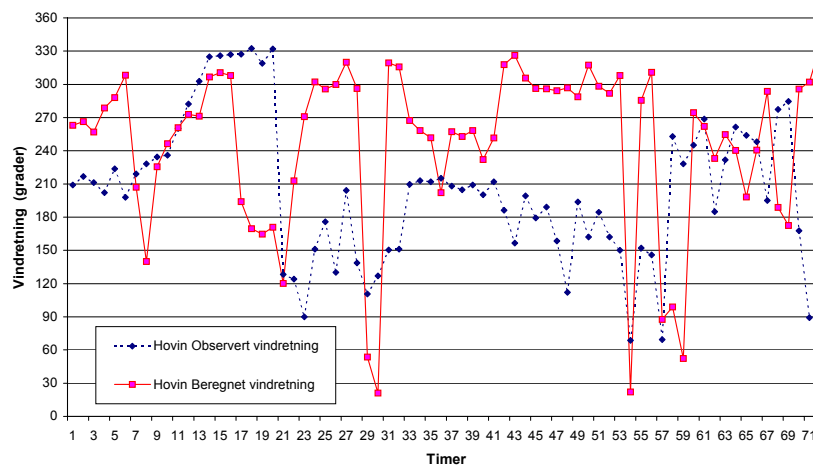


Figur 1: Horisontalt vindfelt i laveste Episode-nivå over bakken for Oslo med direkte eksport av Mathew-beregnete verdier utført i et 1 km x 1 km horisontalt gitter. Nummererte punkter angir de benyttede observasjonspunktene posisjon.

I Figur 2 der observert og beregnet (a) vindstyrke og (b) vindretning på Valle Hovin (Oslo) er vist for en 3 dagers periode, 23. - 25. februar 1992, illustreres problemet med underestimeringen i beregningene. Denne underestimeringen skjer til tross for at observasjonen på Valle Hovin inngår som en sentral inngangsparameter i beregningene.



Figur 2a: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindstyrke på Valle Hovin for en 3-døgns periode. Beregningen er gjort med direkte eksport av Mathew-beregnete verdier utført i et 1 km x 1 km horisontalt gitter.



Figur 2b: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindretning på Valle Hovin for samme simulering som i Figur 2a.

I beregningene som ligger til grunn for resultatene vist i Figur 1 og Figur 2 er det benyttet vindobservasjoner fra 7 målestasjoner i Oslo. Disse er: Valle Hovin (1), Bygdøy (2), Bjølsen (3), Skøyen (4), Nordahl Brunsgt. (5), Etterstadsletta (6) og Fornebu (7). Posisjonen for disse målestasjonene er indikert med stasjonsnummer i Figur 1. I Tabell 1 er noen statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning presentert.



Tabell 1: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er gjort med direkte eksport av Mathew-beregnete verdier utført i et 1 km x 1 km horisontalt gitter. I denne tabellen angir  $a$  og  $b$  den lineære regresjonslinjen:  $y = ax + b$ , der  $x$  er observert- og  $y$  er beregnet vindstyrke. For vindretningen er middelverdien og standardavviket av absoluttverdien av avviket mellom observert og beregnet vindretning angitt.

	Observert vindstyrke Middelverdi	Beregnet vindstyrke Middelverdi	Vindstyrke Korrelasjonskoef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje)	Avvik vindretning Middelverdi	Avvik vindretning Standardavvik
Hovin:	2.353	0.991	0.4232	0.1164	0.7174	86.73	57.16
Bygdøy:	2.110	1.104	0.7850	0.3076	0.4551	84.15	52.80
Bjølsen:	2.140	0.949	0.7201	0.1781	0.5678	71.19	53.15
Skøyen:	1.793	0.983	0.7249	0.2327	0.5659	60.62	49.76
Nordahl Brunsgt:	2.060	1.304	0.8620	0.5653	0.1397	63.58	54.48
Etterstad:	1.897	1.047	0.8033	0.3816	0.3226	69.37	56.54
Fornebu:	3.151	1.468	0.9237	0.3593	0.3354	57.42	52.19

Som det fremgår av tallmaterialet i Tabell 1 underestimeres vindhastigheten på alle stasjonene. I tillegg er det et betydelig retningsavvik på samtlige stasjoner. Det er her grunn til å fremheve det spesielt dårlige samsvaret mellom beregningene og observasjonene på Valle Hovin. På denne stasjonen er underestimeringen av vindstyrken markert, korrelasjonskoeffisienten for samsvaret i vindstyrke svært lav, og koeffisientene for den lineære regresjonslinjen viser påfallende gale verdier. Også når det gjelder vindretningen står beregningsmaterialet på Valle Hovin fram med størst midlere avvik.

For å unngå disse problemene ble eksportrutinen som overfører vindfeltverdiene fra Mathew til Episode, endret høsten 1997. Endringen besto i å gjennomføre Mathew-beregningene med en horisontal oppløsning på 500 m x 500 m, mens Episode-gitteret ble holdt fast på 1 km x 1 km. Horisontalkomponentene i 500 m gitteret ble deretter glattet ved hjelp av følgende interpolasjonsformel,

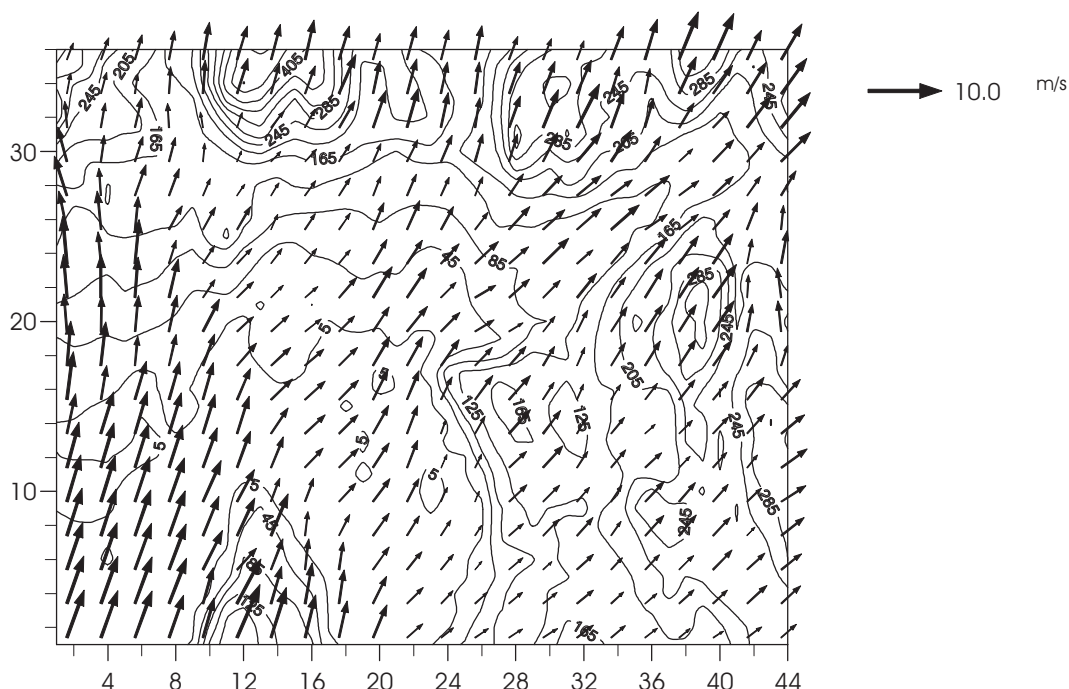
$$U_{i,j,k}^{NEW} = (U_{i,j,k} + U_{i+1,j,k} + U_{i,j,k+1} + U_{i+1,j,k+1}) / N_{ABG} \quad (5)$$

$$V_{i,j,k}^{NEW} = (V_{i,j,k} + V_{i+1,j,k} + V_{i,j,k+1} + V_{i+1,j,k+1}) / M_{ABG} \quad (6)$$

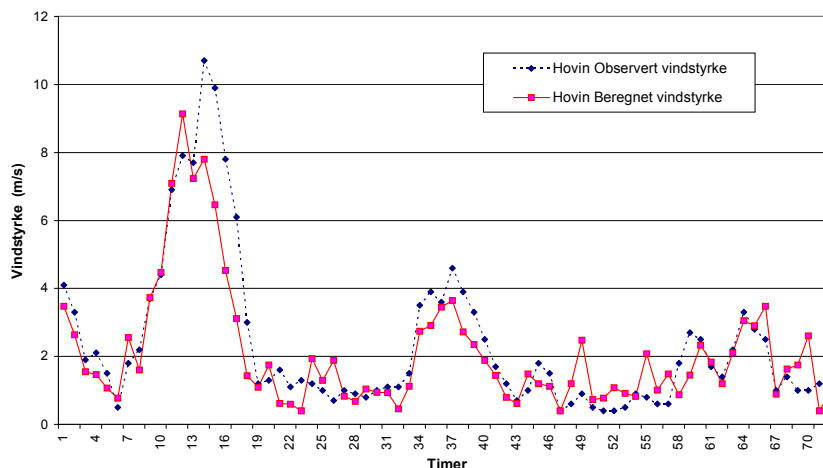
I likning 5 og 6 angir indeksene  $i$ ,  $j$  og  $k$  hvilke gitterpunkt verdien gjelder for. Eksempelvis finner vi verdien med indeks  $k+1$  i gitterpunktet over verdien med indeks  $k$ . Videre angir  $N_{ABG}$  og  $M_{ABG}$  hvor mange av de fire interpolasjonsverdiene som befinner seg over Mathews definerte bakkenivå og innenfor modellområdets åpne render, og som derved er forskjellig fra null.  $N_{ABG}$  og  $M_{ABG}$  er følgelig et heltall i intervallet 1–4. Dersom det ikke korrigeres for antall gitterverdier over bakkeplanet, vil glattingen medføre en systematisk underestimering nær bakken i områder med skrånende topografi.

Etter glattingen angir  $U_{i,j,k}^{NEW}$  og  $V_{i,j,k}^{NEW}$  henholdsvis øst/vest og nord/syd komponentene av vindfeltet i et nytt 500 m x 500 m gitter som er forskjøvet en halv gitteravstand i forhold til det opprinnelige Cartesiske gittersystemet i Mathew.

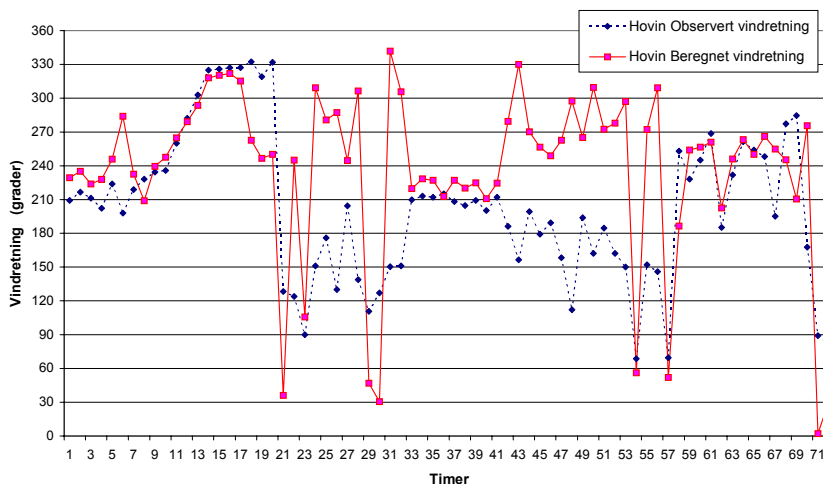
Disse komponentene ble deretter interpolert vertikalt til høydene over bakken som tilsvarte nivåene til midtpunktet i de ulike Episode-lagene, og til slutt ble verdiene i disse høydene interpolert fra 500 m til 1000 m oppløsning ved bruk av en ordinær 4-punkts "horisontal" midling. Ved å utføre beregningen på denne måten fjernes mye av de tidligere nevnte problemene. Dette er illustrert i Figur 3 og Figur 4 som gjengir resultatene vist i henholdsvis Figur 1 og Figur 2. Vindvektorene i Figur 3 viser et glattere felt enn de tilsvarende vektorene i Figur 1, og forekomsten av svak vind i ren øst/vest- og nord/syd-retning er sterkt redusert. Figur 4 viser også at metode-endringen har forbedret samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke på Valle Hovin. De statistiske måltallene for samtlige målestasjoner benyttet i denne 72 timers simuleringen er gitt i Tabell 2, og sammenholdes denne tabellen med Tabell 1 ser man at metodeendringen har ledet til en tydelig forbedring av beregningsresultatene på samtlige målestasjoner. Særlig er forbedringen markert for beregningen av vindstyrke og vindretning på Valle Hovin, der også forbedringspotensialet var størst.



Figur 3: Horisontalt vindfelt i laveste Episode-nivå over bakken for Oslo med eksport av Mathew-beregnete verdier utført i et 500 m x 500 m horisontalt gitter og med etterfølgende bruk av glattingsprosedyren gitt i likningene 5 og 6.



Figur 4a: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindstyrke på Valle Hovin for en 3-døgn periode. Beregningen er gjort med eksport av Mathew-beregnete verdier utført i et 500 m x 500 m horisontalt gitter og med etterfølgende bruk av glattingsprosedyren gitt i likningene 5 og 6.



Figur 4b: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindretning på Valle Hovin for samme simulering som vist i Figur 4a.

Tabell 2: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er gjort med eksport av Mathew-beregnete verdier utført i et 500 m x 500 m horisontalt gitter og med etterfølgende bruk av glattingsprosedyren gitt i likningene 5 og 6. Tallmaterialet i denne tabellen kan sammenholdes med verdiene i Tabell 1.

	Obsvert vindstyrke Middelverdi (m/s)	Beregnet vindstyrke Middelverdi (m/s)	Vindstyrke Korrelasjons- koef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje)	Avvik vindretning Middelverdi (grader)	Avvik vindretning Standardavvik (grader)
Hovin:	2.353	2.117	0.9063	0.7308	0.3971	58.00	54.42
Bygdøy:	2.110	2.026	0.8920	0.7324	0.4812	60.44	51.14
Bjølsen:	2.140	1.784	0.9570	0.7310	0.2197	47.06	52.57
Skøyen:	1.793	1.793	0.9524	0.7683	0.4158	43.86	44.83
Nordahl Brunsgt:	2.060	2.122	0.9233	1.0590	-0.0592	35.55	41.01
Etterstad:	1.897	1.366	0.8290	0.4928	0.4307	63.69	61.90
Fornebu:	3.151	3.301	0.9858	0.9908	0.1787	29.36	36.77

Selv om Mathew-beregningene med 500 m oppløsning og etterfølgende glattingsprosedyre synes å gi bedre resultater enn den direkte eksportmetoden, er det flere betenkelige sider ved denne metoden.

For det første fører den dobbelt så fine horisontale oppløsningen i Mathew til at regnetiden øker med en faktor på fire. For det andre fører glattingsprosedyren og den påfølgende interpoleringen fra 500 m til 1000 m gitter til at det opprinnelige Mathew beregnede vindfeltet blir modifisert i flere omganger og dermed i mindre grad oppfyller kravet om divergensfrihet.

#### 4 Beskrivelse av den nye eksport rutinen

Motivert av ønsket om å redusere regnetiden og samtidig fjerne behovet for interpolering mellom to gitteroppløsninger ble det satt igang et arbeid med å endre eksportrutinen i Mathew. Dette ledet fram til en ny rutine som tillater at samme horisontale oppløsning kan benyttes i Mathew som i Episode, dvs. for øyeblikket 1 km x 1 km. Den nye rutinen benytter følgende metode for å overføre timevise horisontale vindfelt fra Mathew Cartesiske gitter til Episodes terrengfølgende gitter:

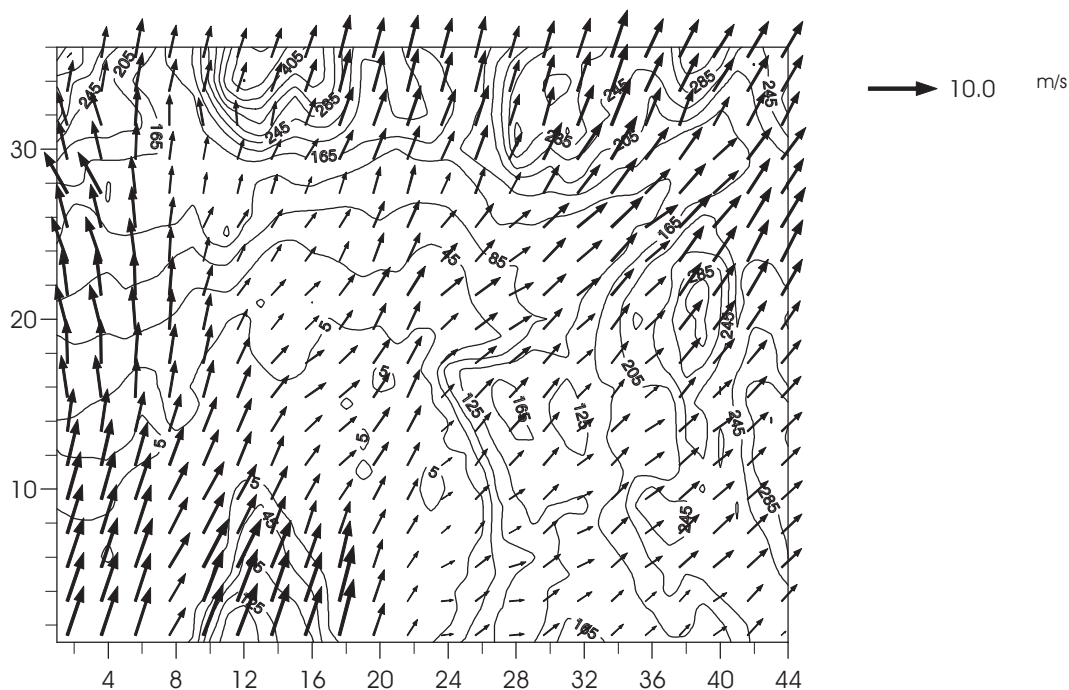
- Først benyttes lineær interpolasjon vertikalt i Mathew-gitteret for å finne vindkomponentene  $U$  og  $V$  i høydene over bakken som tilsvarer nivåene til midtpunktet i de ulike Episode-lagene. Dette leder til to tredimensjonale matriser som vi her velger å benevne:  $U_{i,j,k}^{Ep}$  og  $V_{i,j,k}^{Ep}$ . I disse uttrykkene angir indeksene  $i$  og  $j$  som før posisjonen horisontalt i rutegitteret, mens indeksen  $k$  nå angir Episode-laget over bakken.  $U$ - og  $V$ -verdier med samme  $k$ -indeks er følgelig definert i like stor vertikal avstand fra bakken, men vil kunne befinne seg i svært ulike nivåer relativt til havoverflaten.
- Direkte bruk av  $U_{i,j,k}^{Ep}$  og  $V_{i,j,k}^{Ep}$  i Episode ville fortsatt lede til lokal underestimering (terrengindusert stagnasjon) og derfor benyttes nå følgende sentrerte glattingsprosedyre:

$$U_{i,j,k}^{NEW} = \left( \frac{1}{4} U_{i-1,j,k}^{Ep} + \frac{1}{2} U_{i,j,k}^{Ep} + \frac{1}{4} U_{i+1,j,k}^{Ep} \right) \quad (7)$$

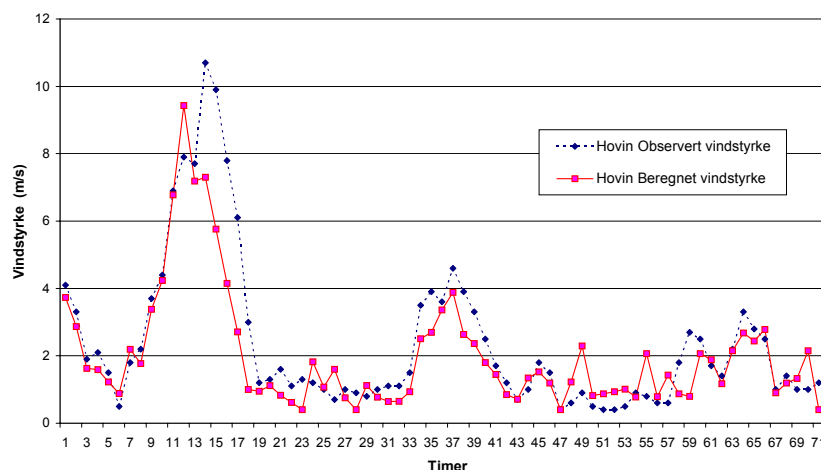
$$V_{i,j,k}^{NEW} = \left( \frac{1}{4} V_{i,j-1,k}^{Ep} + \frac{1}{2} V_{i,j,k}^{Ep} + \frac{1}{4} V_{i,j+1,k}^{Ep} \right) \quad (8)$$

$U_{i,j,k}^{NEW}$  og  $V_{i,j,k}^{NEW}$  sendes deretter direkte inn i Episode uten ytterligere interpolering. Randverdiene av  $U_{i,j,k}^{NEW}$  og  $V_{i,j,k}^{NEW}$  settes lik naboverdien i nærmeste gitterrute inne i modellområdet. Ved å benytte denne metoden oppnås en vesentlig besparelse i regnetid. Dessuten reduserer glattingsprosedyren angitt i likningene 7 og 8, effektivt de tidligere nevnte problemene med underestimering og forekomst av svak vind i øst/vest- og nord/syd-retning. Når denne nye metoden benyttes på de tidligere viste situasjonene framkommer resultater som vist i Figur 5 og Figur 6. De tilhørende statistiske måltallene for alle målestasjonene er gjengitt i Tabell 3. Disse kan sammenliknes med resultatene vist i Figur 1 og Figur 2 og Tabell 1

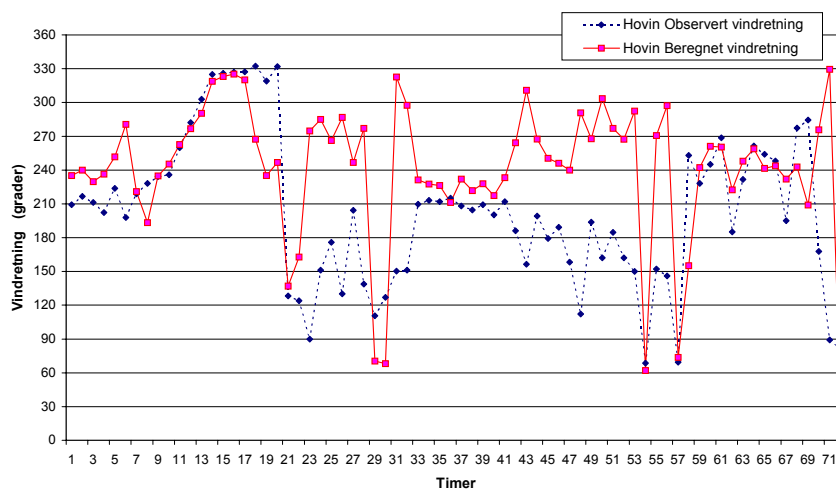
(direkte bruk av Mathew-generert vind) og Figur 3 og Figur 4 og Tabell 2 (bruk av 500 m oppløsning i Mathew samt anvendelse av både glatting og interpolasjon til 1000 m-oppløsning). Vindvektorene i Figur 5 viser et tilsvarende glatt felt som i Figur 3, og noen overrepresentasjon av svak vind i ren øst/vest- og nord/sydretning er ikke merkbar i dette plottet. Figur 6 og de statistiske størrelsene i Tabell 3 viser også at metode-endringen fører til at samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke på samtlige målestasjoner blir omtrent like bra med den nye eksportrutinen som tilfellet var når dobbelt så fin oppløsning ble benyttet.



Figur 5: Horisontalt vindfelt i laveste Episode-nivå over bakken for Oslo med eksport av Mathew-beregnete verdier utført med den nye metoden, dvs. i et 1 km x 1 km horisontalt gitter og med etterfølgende bruk av glattingsprosedyren gitt i likningene 7 og 8.



Figur 6a: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindstyrke på Valle Hovin for en 3-døgn periode. Beregningen er gjort med den nye eksportrutinen i Mathew, dvs. med beregninger utført i et 1 km x 1 km horisontalt gitter og med etterfølgende bruk av glattingsprosedyren gitt i likningene 7 og 8.



Figur 6b: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindretning på Valle Hovin for samme simulering som vist i Figur 6a.

Tabell 3: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er gjort med den nye eksportrutinen i Mathew, dvs. med beregninger utført i et 1 km x 1 km horisontalt gitter og med etterfølgende bruk av glattingsprosedyren gitt i likningene 7 og 8. Tallmaterialet i denne tabellen kan sammenholdes med verdiene i Tabell 1 og Tabell 2.

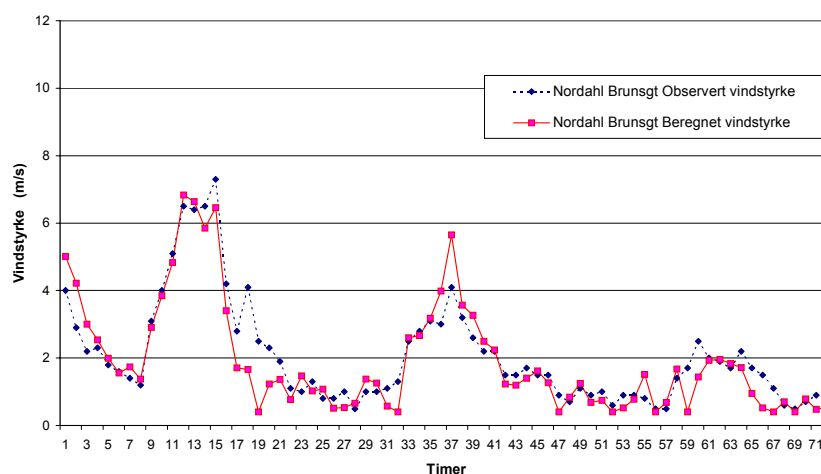
	Observert vindstyrke Middelverdi (m/s)	Beregnet vindstyrke Middelverdi (m/s)	Vindstyrke Korrelasjons- koef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje)	Avvik vindretning Middelverdi (grader)	Avvik vindretning Standardavvik (grader)
Hovin:	2.353	1.999	0.8940	0.7018	0.3475	56.16	52.89
Bygdøy:	2.110	1.920	0.9377	0.7581	0.3206	42.80	44.73
Bjølsen:	2.140	1.942	0.8954	0.7459	0.3455	50.17	46.78
Skøyen:	1.793	1.820	0.9394	0.8062	0.3748	39.30	42.03
Nordahl Brunsgt:	2.060	1.925	0.9175	0.9808	-0.0954	26.30	26.22
Etterstad:	1.897	2.127	0.9518	1.0783	0.0812	38.08	43.32
Førnebu:	3.151	3.140	0.9866	0.9425	0.1701	31.64	36.40

## 5 Sensitivitet av antall observasjonspunkter

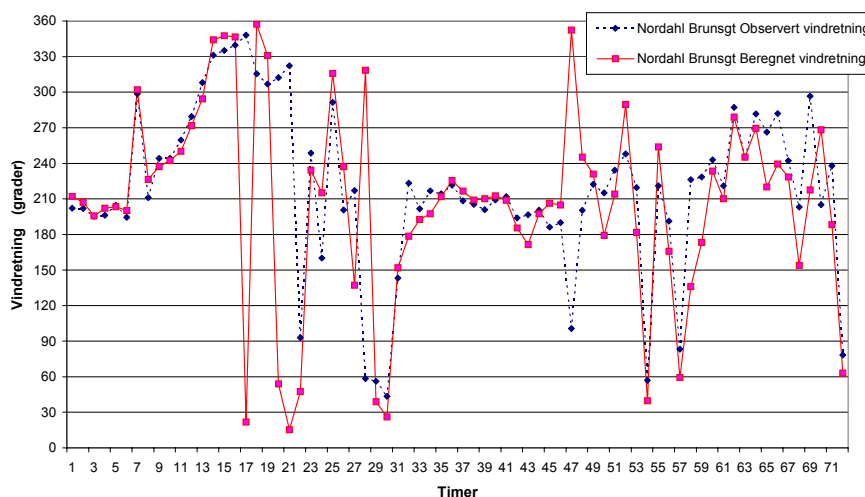
Alle beregningsresultatene som er vist i det følgende er gjort med den nye eksportrutinen i Mathew, dvs. med beregninger utført i et 1 km x 1 km horisontalt gitter og med etterfølgende bruk av glattingsprosedyren gitt i likningene 7 og 8.

### 5.1 Sammenlikning av beregningsresultater og observasjoner når alle syv målestasjonene benyttes

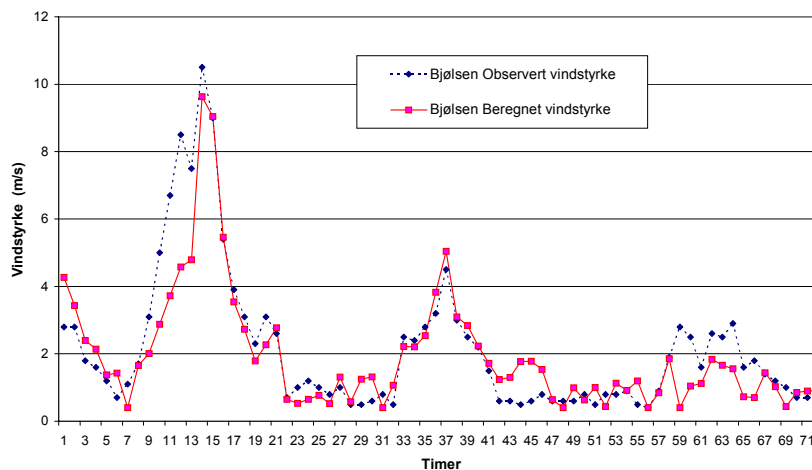
Nedenfor er beregnet og observert vindstyrke og vindretning vist for målestasjonene Nordahl Brunsgt. (Figur 7) og Bjølsen (Figur 8). Disse resultatene er m.a.o. hentet fra samme simulering som Valle Hovin resultatene vist i Figur 6. De statistiske måltallene for disse resultatene er vist i Tabell 3 ovenfor.



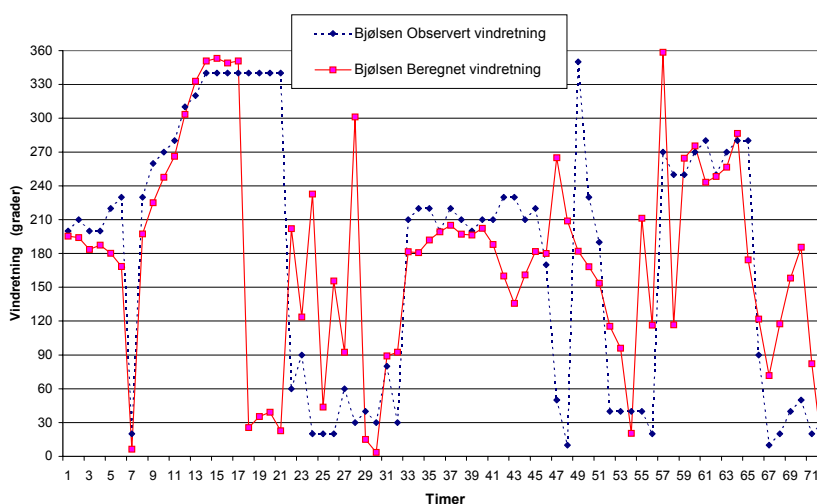
Figur 7a: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindstyrke i Nordahl Brunsgt. for samme 3-døgn periode som vist i Figur 6a for Valle Hovin.



Figur 7b: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindretning i Nordahl Brunsgt. for samme 3-døgn periode som vist i Figur 6b for Valle Hovin.



Figur 8a: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindstyrke på Bjølsen for samme 3-døgns periode som vist i Figur 6 for Valle Hovin.



Figur 8b: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindretning på Bjølsen for samme 3-døgns periode som vist i Figur 6 for Valle Hovin.

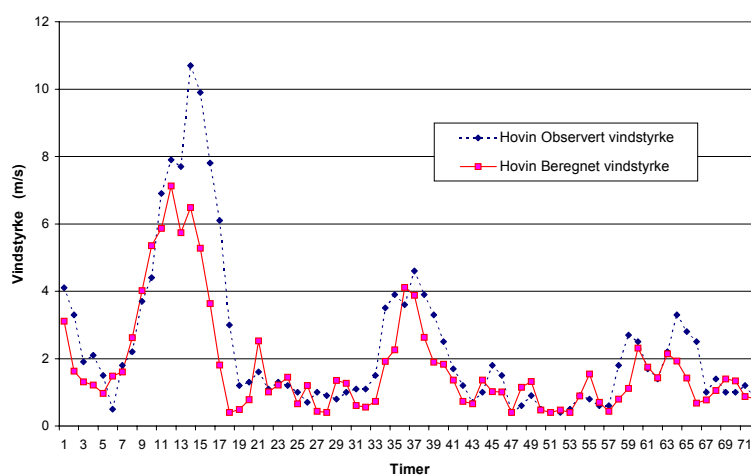
Fra kurvene i Figur 6–Figur 8 ser en at beregningsresultatene fra Nordahl Brunsgt. (Figur 7) samvarierer best med de observerte verdiene. Dette er spesielt tilfelle for vindretningen. Som det fremgår av Tabell 3, er det faktisk den beregnede vindretningen i Nordahl Brunsgt. som har det minste midlere retningsavviket av samtlige syv målestasjoner, dvs.  $26^\circ$ . Samtidig finner vi det største midlere vindretningsavviket,  $56^\circ$ , på Valle Hovin. De statistiske størrelsene i Tabell 3 viser for øvrig at det også er den beregnede vindstyrken på Valle Hovin som i middel avviker mest fra observasjonene med en gjennomsnittlig underestimering på 0.35 m/s. Korrelasjonskoeffisienten mellom beregnet og observert vindstyrke ligger i intervallet 0.89 – 0.99, med laveste korrelasjon igjen for Valle Hovin, mens best korrelasjon oppnås for Fornebu. Koeffisientene, a og b, for den lineære regresjonslinjen viser at stigningstallet er svært nær 1 og nullpunktskryssingen er nær 0 for de tre stasjonene Nordahl Brunsgt., Etterstadsletta og Fornebu. De øvrige stasjonene har lavere stigningstall (i intervallet 0.70 – 0.81) og høyere positive b-verdier (i intervallet 0.32 – 0.37 m/s). Også for regresjonslinjen er det



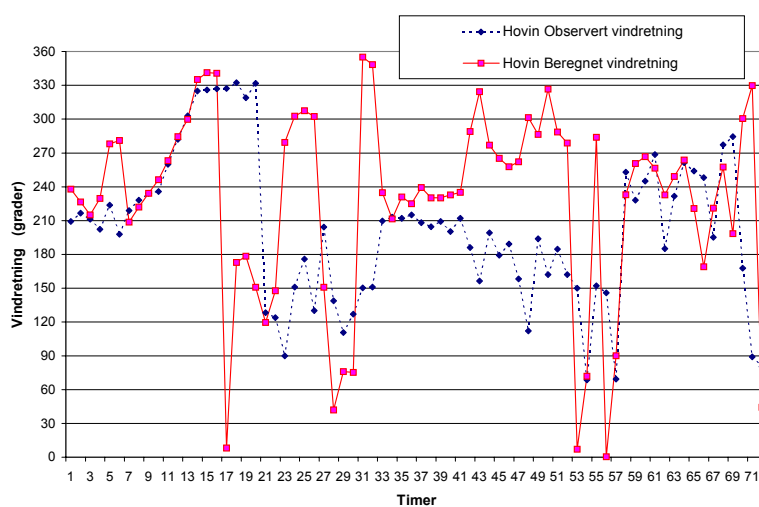
beregningsresultatet fra Valle Hovin som framviser de dårligste verdiene med et stigningstall på 0.70 og en nullpunktskryssing på 0.35 m/s.

## 5.2 Sammenlikning av beregningsresultater og observasjoner når alle målestasjonene unntatt Valle Hovin benyttes

For å undersøke følsomheten for antall benyttede observasjonsverdier ble det gjennomført en testsimulering der observasjonen på Valle Hovin ble utelatt, men hvor simuleringen for øvrig var uforandret. I Figur 9 er modellresultatet for Valle Hovin igjen vist sammen med de observerte vindverdiene for denne stasjonen. De statistiske måltallene for samsvaret mellom observerte og beregnede verdier for samtlige stasjoner er gjengitt i Tabell 4. Resultatet vist i Figur 9 kan sammenliknes med de tilsvarende resultatene vist i Figur 6, og tallene i Tabell 4 kan sammenholdes med de tilsvarende størrelsene i Tabell 3.



Figur 9a: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindstyrke for Valle Hovin for samme 3-døgn periode som vist tidligere. Sammenliknes med de tilsvarende kurvene i Figur 6a.



Figur 9b: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindretning på Valle Hovin for samme 3-døgn periode som vist tidligere. Sammenliknes med de tilsvarende kurvene i Figur 6b.

Tabell 4: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er gjennomført uten bruk av vindmålingen på Valle Hovin, men med bruk av de øvrige 6 stasjonene. Den nye eksportrutinen i Mathew er benyttet dvs. at beregningen er utført i et 1 km x 1 km horisontalt gitter, med etterfølgende bruk av glattingsprosedyren gitt i likningene 7 og 8. Tallmaterialet i denne tabellen kan sammenholdes med verdiene i Tabell 3.

	Observert vindstyrke Middelverdi (m/s)	Beregnet vindstyrke Middelverdi (m/s)	Vindstyrke Korrelasjons- koef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje)	Avvik vindretning Middelverdi (grader)	Avvik vindretning Standardavvik (grader)
Hovin:	2.353	1.764	0.8715	0.6036	0.3437	63.77	58.12
Bygdøy:	2.110	1.894	0.9304	0.7502	0.3112	45.01	42.57
Bjølsen:	2.140	1.958	0.8793	0.7387	0.3772	48.74	45.42
Skøyen:	1.793	1.788	0.9413	0.8116	0.3327	33.13	35.46
Nordahl Brunsgt:	2.060	1.965	0.9345	1.0043	-0.1036	27.24	31.85
Etterstad:	1.897	2.051	0.9703	1.0671	0.0267	30.38	34.02
Fornebu:	3.151	3.098	0.9873	0.9526	0.0959	25.41	28.64

En visuell sammenlikning av resultatene i Figur 6 og Figur 9 antyder at utelatelsen av observasjonsverdiene på Valle Hovin fører til en svak økning av avvikene mellom de observerte og beregnede verdiene på Valle Hovin. Endringen er imidlertid ikke dramatisk. Det samme inntrykket får en også ved å sammenholde verdiene i Tabell 4 og Tabell 3. Måltallene for Valle Hovin er noe dårligere i Tabell 4 enn de tilsvarende verdiene i Tabell 3. For de øvrige seks stasjonene fremviser de to tabellene svært like resultater, og utelatelsen av observasjonen på Valle Hovin fører for disse stasjonene like gjerne til marginalt bedre samsvar som til det motsatte.

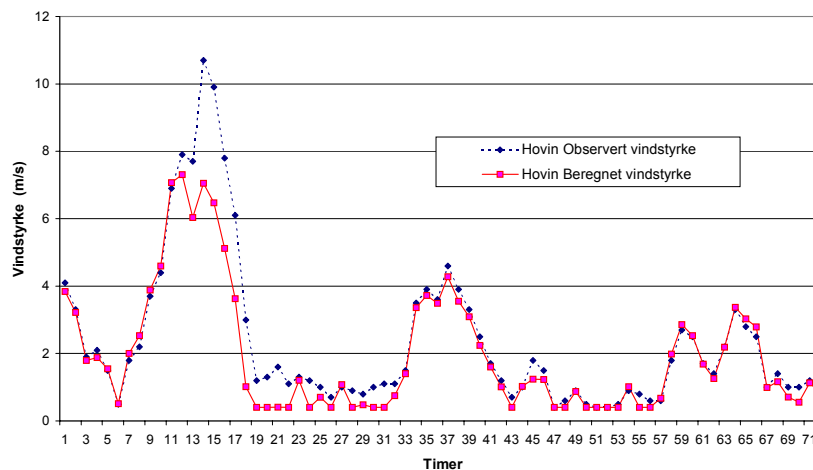
Siden Valle Hovin i utgangspunktet var en av stasjonene med dårligst samsvar, er det mulig at utelatelse av en av de øvrige stasjonene, f.eks. Fornebu eller Nordahl Brunsgt., ville ført til større endringer. Dersom man av økonomiske eller andre årsaker måtte redusere antall observasjonspunkter, er det på bakgrunn av den foreliggende testen nærliggende å anbefale at stasjonen på Valle Hovin ble fjernet. Ytterligere testsimuleringer kunne utføres med utelatelse av de øvrige stasjonene for å belyse deres innflytelse på det totale beregningsresultatet. Ut fra dette kunne man så gi anbefalinger om hvilke øvrige stasjoner man eventuelt kunne fjerne.

### 5.3 Sammenlikning av beregningsresultater og observasjoner når kun én observasjon benyttes i beregningene

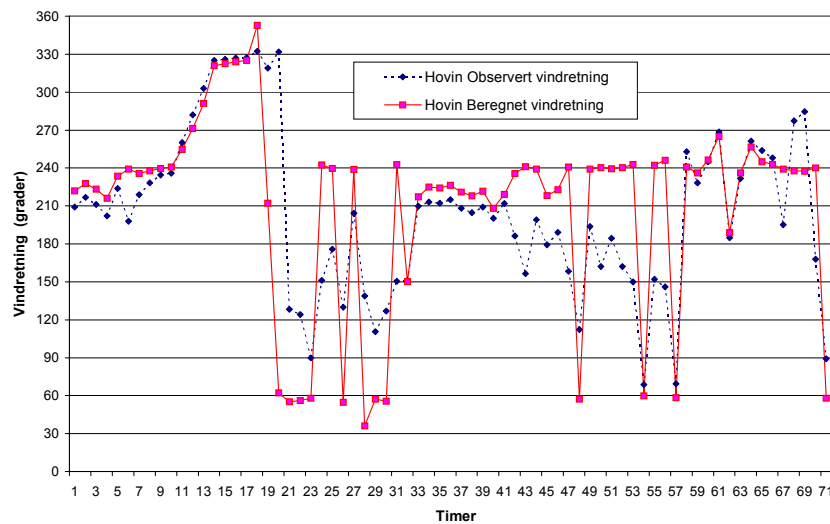
Ofte vil man bare ha tilgang på én meteorologisk målestasjon innenfor modellområdet. Eksempelvis er det i Oslo de senere år bare foretatt timevise meteorologiske målinger på Valle Hovin. For å undersøke virkningen av kun å ha en målestasjon til rådighet, ble nye testsimuleringer utført der utelukkende vindobservasjonen fra et målepunkt ble benyttet som inngangsdata til Mathew.

#### 5.3.1 Eksempel på modellresultater når kun observasjonen på Valle Hovin benyttes som inngangsdata til Mathew

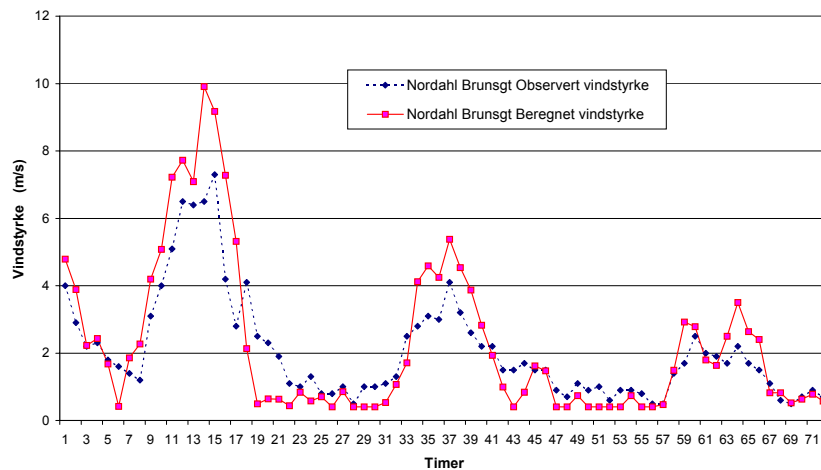
Resultatene fra denne simuleringen er vist for Valle Hovin i Figur 10, Nordahl Brunsgt. i Figur 11 og for Bjølsen i Figur 12. De statistiske tallene for samtlige stasjoner for denne kjøringen er vist i Tabell 5.



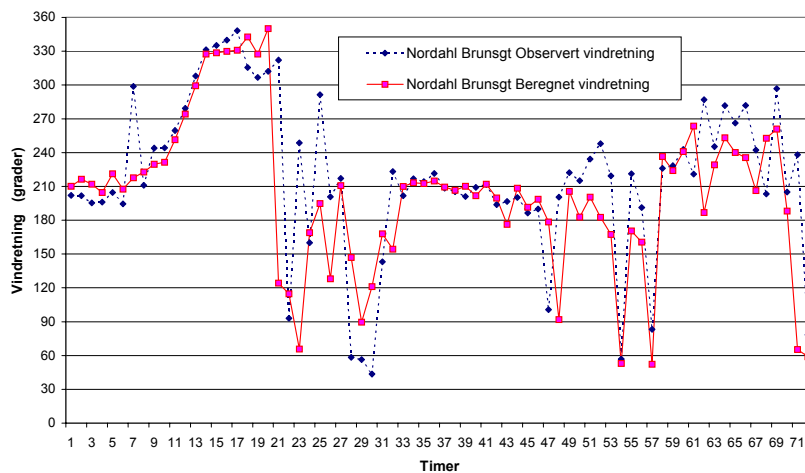
Figur 10a: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindstyrke på Valle Hovin, for samme 3-døgns periode som vist tidligere. Sammenliknes med de tilsvarende kurvene i Figur 6a.



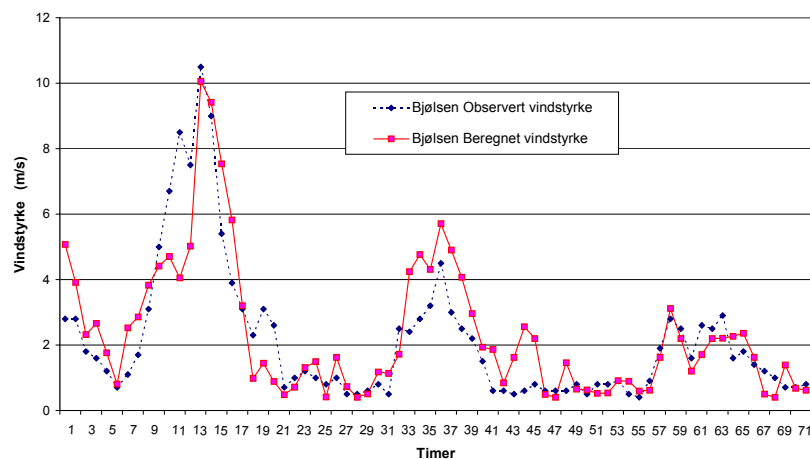
Figur 10b: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindretning på Valle Hovin for samme 3-døgns periode som vist tidligere. Sammenliknes med de tilsvarende kurvene i Figur 6b.



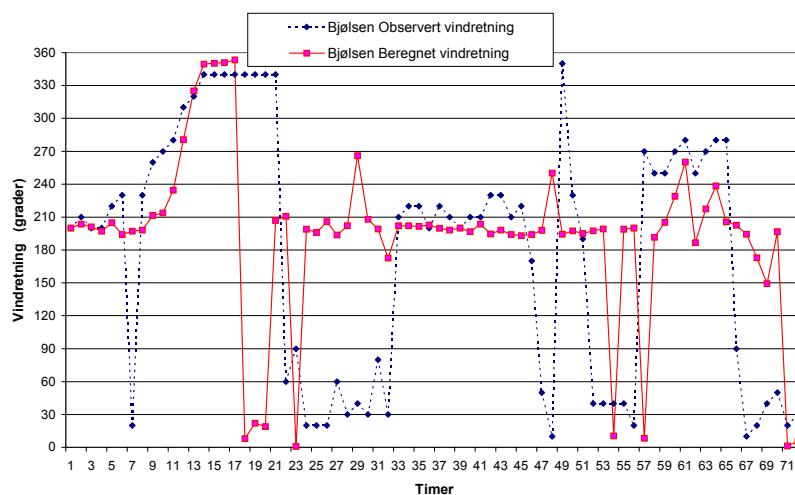
Figur 11a: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindstyrke i Nordahl Brunsgt. for samme 3-døgn periode som vist tidligere. Sammenliknes med de tilsvarende kurvene i Figur 7a.



Figur 11b: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindretning i Nordahl Brunsgt. for samme 3-døgn periode som vist tidligere. Sammenliknes med de tilsvarende kurvene i Figur 7b.



Figur 12a: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindstyrke på Bjølser for samme 3-døgn periode som vist tidligere. Sammenliknes med de tilsvarende kurvene i Figur 8a.



Figur 12b: Beregnet (heltrukken) og observert (stiplet) vindretning på Bjølser for samme 3-døgn periode som vist tidligere. Sammenliknes med de tilsvarende kurvene i Figur 8b.

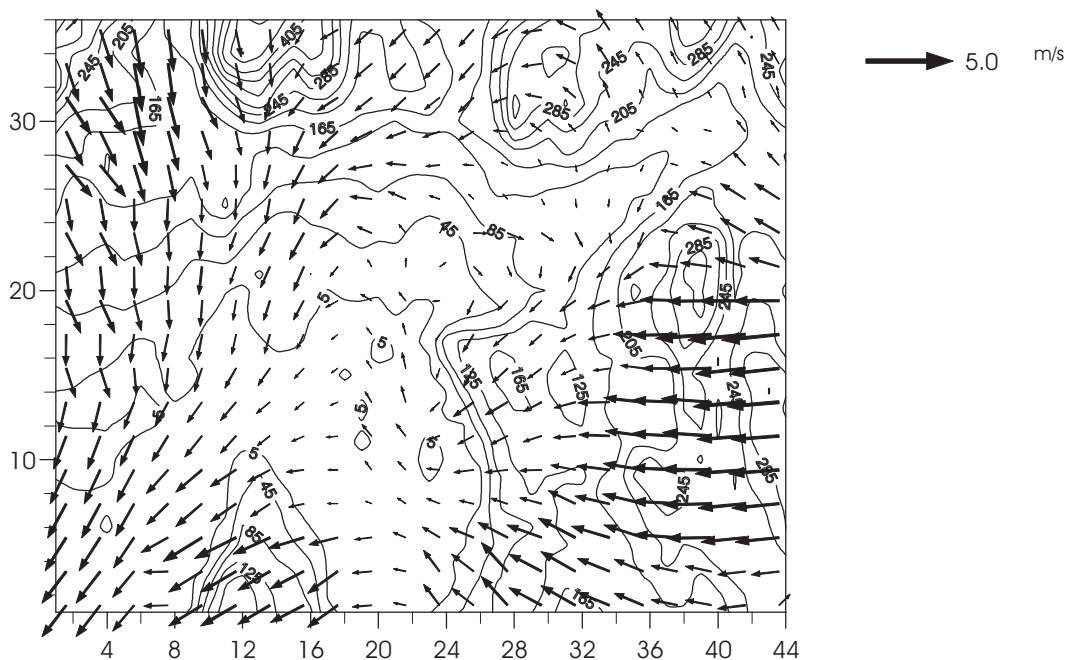
Tabell 5: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er utelukkende basert på bruk av vindmålingen på **Valle Hovin**. Den nye eksportrutinen i Mathew er benyttet, dvs. at beregningen er utført i et 1 km x 1 km horisontalt gitter, med etterfølgende bruk av glattingsprosedyren gitt i likningene 7 og 8. Tallmaterialet i denne tabellen kan sammenholdes med verdiene i Tabell 3.

	Observert vindstyrke Middelverdi (m/s)	Beregnet vindstyrke Middelverdi (m/s)	Vindstyrke Korrelasjons- koef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje)	Avvik vindretning Middelverdi (grader)	Avvik vindretning Standardavvik (grader)
Hovin:	2.353	1.970	0.9482	0.7710	0.1561	34.74	32.56
Bygdøy:	2.110	1.922	0.8365	0.7216	0.3991	51.35	44.87
Bjølser:	2.140	2.343	0.8563	0.8382	0.5492	69.52	62.86
Skøyen:	1.793	2.042	0.8268	0.8340	0.5468	72.09	57.86
Nordahl Brunsgt:	2.060	2.258	0.9284	1.3880	-0.6004	33.03	39.37
Etterstad:	1.897	2.496	0.9322	1.2443	0.1350	40.62	47.85
Fornebu:	3.151	2.552	0.8213	0.5956	0.6748	70.55	59.01

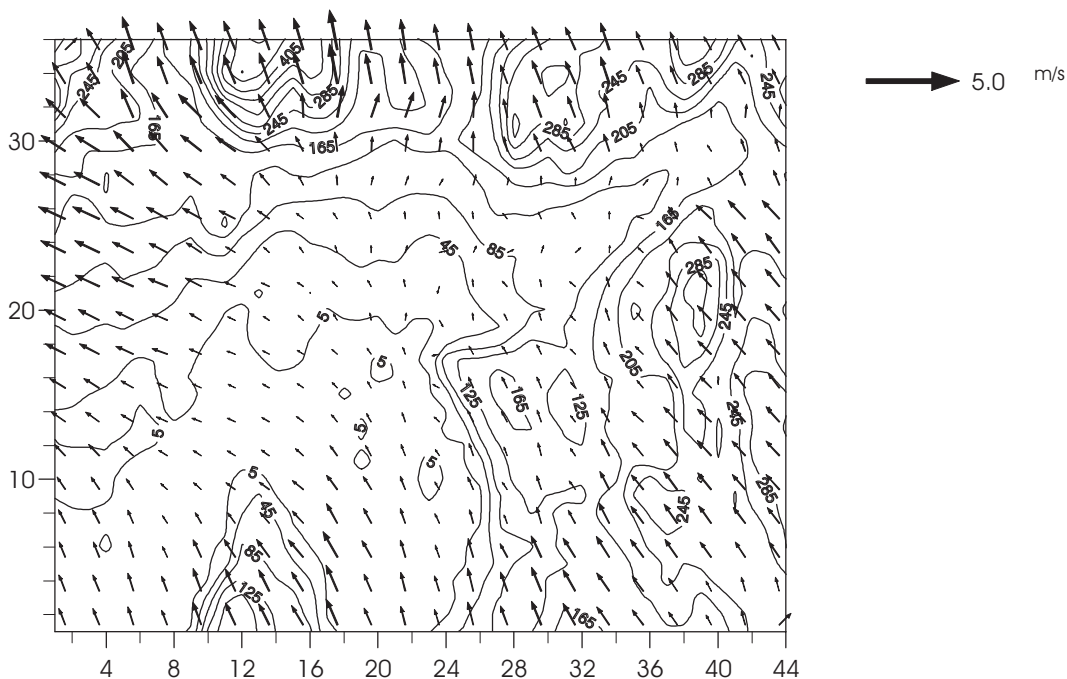
Resultatene presentert ovenfor viser at overraskende bra resultater framkommer for vindstyrken selv om bare observasjonen på Valle Hovin benyttes. Imidlertid er resultatet noe dårligere når vindretningen betraktes. Verdiene i Tabell 5 viser overraskende nok at det fortsatt er den beregnede vindretningen i Nordahl Brunsgt. som i gjennomsnitt har minst retningsavvik, dvs.  $33^\circ$ . Selv beregningen for Valle Hovin er beheftet med et større midlere avvik;  $35^\circ$ . Det største midlere vindretningsavviket på  $72^\circ$  finner vi nå for retningsberegningen på Skøyen. Måltallene i Tabell 5 viser for øvrig at beregningen for Fornebu som i de tidligere testkjøringene har vist svært bra samsvar med observasjonene, se Tabell 3 og Tabell 4, nå framstår som en av de dårligste stasjonene.

Mens korrelasjonskoeffisienten mellom beregnet og observert vindstyrke i simuleringen med samtlige 7 stasjoner lå i intervallet  $0.89 - 0.99$ , se Tabell 3, ligger de tilsvarende verdiene i Tabell 5 i intervallet  $0.82 - 0.95$ . Høyeste korrelasjonsverdi finner vi naturlig nok for Valle Hovin, mens den laveste verdien nå beregnes for Fornebu. Selv om korrelasjonen nå er dårligere, er endringen forbausende liten. Regresjonskoeffisientene i Tabell 5 viser noe større spredning enn de tilsvarende størrelsene i Tabell 3. Igjen peker Fornebu seg ut som en av stasjonene med størst avvik fra den ideelle regresjonslinjen. For samtlige stasjoner varierer stigningstallet mellom  $0.60$  og  $1.39$ , og nullkryssingspunktet varierer mellom  $-0.60$  m/s og  $0.67$  m/s.

Problemene knyttet til bare å benytte én målestasjon er størst i svakvind-situasjoner, dvs. de situasjonene som forurensningsmessig er mest interessante. I disse situasjonene vil ofte vindretningen være varierende innenfor modellområdet og med kun én observasjon til rådighet vil ikke Mathew kunne fange opp denne variabiliteten. De beregnede vindfeltene i laveste Episode-nivå over bakken er vist for en slik situasjon i Figur 13 (alle 7 vindobservasjonene benyttet i Mathew) og i Figur 14 (kun observasjonen på Valle Hovin benyttet). For store deler av modellområdet er både vindstyrken og vindretningen svært ulik i de to vindfeltene, og ved en videre anvendelse i en spredningsberegning vil svært ulike konsentrasjonsfordelinger beregnes.



Figur 13: Horisontalt vindfelt i laveste Episode-nivå over bakken beregnet for en svakvindsituasjon når alle 7 vindobservasjonene benyttes som inngangsdata til Mathew. Beregningen er utført med den nye eksportrutinen.



Figur 14: Horisontalt vindfelt i laveste Episode-nivå over bakken beregnet for en svakvindsituasjon når kun vindobservasjonen på Valle Hovin benyttes som inngangsdata til Mathew. Beregningen er utført med den nye eksportrutinen.

### 5.3.2 Beregningsresultater når de øvrige målestasjonene benyttes alene som inngangsdata til Mathew

Ytterligere tester der de andre målestasjonene ble benyttet alene som inngangsdata til Mathew ga resultater som vist i Tabell 6–Tabell 11.

Tabell 6: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er utelukkende basert på bruk av vindmålingen på **Fornebu**. Tallmaterialet i denne tabellen kan sammenholdes med verdiene i tabellene 3, 5, 7–11.

	Observert vindstyrke Middelverdi (m/s)	Beregnet vindstyrke Middelverdi (m/s)	Vindstyrke Korrelasjons- koef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje) (m/s)	Avvik vindretning Middelverdi (grader)	Avvik vindretning Standardavvik (grader)
Hovin:	2.353	2.639	0.7774	0.9618	0.3756	62.96	52.27
Bygdøy:	2.110	2.554	0.9223	1.1612	0.1044	73.94	49.70
Bjølisen:	2.140	2.828	0.8149	1.0050	0.6772	62.07	61.64
Skøyen:	1.793	2.650	0.9016	1.2846	0.3462	51.35	49.63
Nordahl Brunsgt:	2.060	2.967	0.8880	1.9181	-0.9835	70.39	64.13
Etterstad:	1.897	3.460	0.7953	1.6504	0.3290	65.69	59.29
Fornebu:	3.151	3.398	0.9981	1.1315	-0.1681	16.83	15.17

Tabell 7: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er utelukkende basert på bruk av vindmålingen i **Nordahl Brunsgt**. Tallmaterialet i denne tabellen kan sammenholdes med verdiene i tabellene 3, 5, 6, 8–11.

	Observert vindstyrke Middelverdi (m/s)	Beregnet vindstyrke Middelverdi (m/s)	Vindstyrke Korrelasjons- koef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje) (m/s)	Avvik vindretning Middelverdi (grader)	Avvik vindretning Standardavvik (grader)
Hovin:	2.353	1.782	0.8514	0.4729	0.6691	41.42	37.40
Bygdøy:	2.110	1.633	0.8228	0.5112	0.5543	43.18	40.65
Bjølisen:	2.140	2.154	0.7913	0.5545	0.9673	57.60	58.08
Skøyen:	1.793	1.778	0.8064	0.5858	0.7280	64.48	58.37
Nordahl Brunsgt:	2.060	1.986	0.9688	1.0281	-0.1321	7.73	6.46
Etterstad:	1.897	2.226	0.8921	0.7980	0.7116	59.60	68.11
Fornebu:	3.151	2.145	0.8730	0.4521	0.7199	72.31	60.75

Tabell 8: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er utelukkende basert på bruk av vindmålingen på **Bjølisen**. Tallmaterialet i denne tabellen kan sammenholdes med verdiene i tabellene 3, 5–7, 9–11.

	Observert vindstyrke Middelverdi (m/s)	Beregnet vindstyrke Middelverdi (m/s)	Vindstyrke Korrelasjons- koef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje) (m/s)	Avvik vindretning Middelverdi (grader)	Avvik vindretning Standardavvik (grader)
Hovin:	2.353	1.825	0.9127	0.6154	0.3771	53.34	47.38
Bygdøy:	2.110	1.742	0.8846	0.7245	0.2134	57.35	50.83
Bjølisen:	2.140	2.249	0.9304	0.9010	0.3208	23.62	20.79
Skøyen:	1.793	1.868	0.8984	0.8593	0.3271	49.82	48.04
Nordahl Brunsgt:	2.060	2.071	0.9485	1.2857	-0.5769	56.42	63.15
Etterstad:	1.897	2.281	0.9469	1.0798	0.2326	34.77	47.78
Fornebu:	3.151	2.217	0.8729	0.6012	0.3226	62.25	58.43



Tabell 9: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er utelukkende basert på bruk av vindmålingen på **Bygdøy**. Tallmaterialet i denne tabellen kan sammenholdes med verdiene i tabellene 3, 5–8, 10 og 11.

	Observert vindstyrke Middelverdi (m/s)	Beregnet vindstyrke Middelverdi (m/s)	Vindstyrke Korrelasjons- koef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje) (m/s)	Avvik vindretning Middelverdi (grader)	Avvik vindretning Standardavvik (grader)
Hovin:	2.353	1.596	0.8870	0.6379	0.0946	62.96	46.20
Bygdøy:	2.110	1.782	0.9924	0.9109	-0.1402	17.29	14.79
Bjølsen:	2.140	2.326	0.8558	1.0925	-0.0125	58.28	54.15
Skøyen:	1.793	1.891	0.9450	1.0504	0.0071	56.53	46.25
Nordahl Brunsgt:	2.060	1.988	0.9005	1.3887	-0.8719	44.39	44.23
Etterstad:	1.897	2.021	0.8581	1.0338	0.0599	57.99	54.85
Fornebu:	3.151	2.208	0.9330	0.7029	-0.0070	67.32	53.88

Tabell 10: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er utelukkende basert på bruk av vindmålingen på **Skøyen**. Tallmaterialet i denne tabellen kan sammenholdes med verdiene i tabellene 3, 5–9 og 11.

	Observert vindstyrke Middelverdi (m/s)	Beregnet vindstyrke Middelverdi (m/s)	Vindstyrke Korrelasjons- koef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje) (m/s)	Avvik vindretning Middelverdi (grader)	Avvik vindretning Standardavvik (grader)
Hovin:	2.353	1.393	0.8557	0.6032	-0.0257	63.53	51.43
Bygdøy:	2.110	1.504	0.9417	0.7249	-0.0256	68.34	48.36
Bjølsen:	2.140	1.663	0.9207	0.7318	0.0965	46.72	48.67
Skøyen:	1.793	1.521	0.9857	0.8616	-0.0236	13.58	13.12
Nordahl Brunsgt:	2.060	1.624	0.9145	1.1812	-0.8091	65.76	61.11
Etterstad:	1.897	1.836	0.8724	1.0568	-0.1692	65.20	56.21
Fornebu:	3.151	1.946	0.9257	0.6340	-0.0520	49.03	43.46

Tabell 11: Statistiske måltall for samsvaret mellom observert og beregnet vindstyrke og vindretning. Beregningen er utelukkende basert på bruk av vindmålingen på **Etterstad**. Tallmaterialet i denne tabellen kan sammenholdes med verdiene i tabellene 3 og 5–10.

	Observert vindstyrke Middelverdi (m/s)	Beregnet vindstyrke Middelverdi (m/s)	Vindstyrke Korrelasjons- koef.	Vindstyrke a (lin. reg. linje)	Vindstyrke b (lin. reg. linje) (m/s)	Avvik vindretning Middelverdi (grader)	Avvik vindretning Standardavvik (grader)
Hovin:	2.353	1.741	0.7997	0.5535	0.4384	54.27	44.77
Bygdøy:	2.110	1.519	0.8028	0.5725	0.3112	58.88	49.80
Bjølsen:	2.140	1.801	0.8882	0.7620	0.1704	44.92	48.42
Skøyen:	1.793	1.611	0.8368	0.7154	0.3279	66.14	53.32
Nordahl Brunsgt:	2.060	1.853	0.8571	1.0872	-0.3859	59.12	60.50
Etterstad:	1.897	2.176	0.9740	1.0682	0.1492	10.17	8.95
Fornebu:	3.151	2.022	0.7906	0.4752	0.5244	68.62	55.00

Ut fra tallmaterialet i tabellene ovenfor kan vi generelt si at resultatene ikke avviker dramatisk avhengig av hvilke stasjonsdata som benyttes i beregningene. Likevel er det noen forskjeller som trer frem, og som kan ha stor betydning med tanke på den videre bruken av de beregnede vindfeltene som inngangsdata til

spredningsmodeller. Det er spesielt viktig i denne sammenheng at modellberegningene gir et mest mulig riktig bilde av vindstyrken, dvs. at den ikke gjennomgående er for høy eller for lav, og at den beregnede vindretningen i størst mulig grad følger de observerte verdiene.

Ut fra en helhetlig vurdering av de statistiske verdiene i tabellene ovenfor, kan det synes som bruk av målestasjonene Bjølsen (Tabell 8), Bygdøy (Tabell 9) og Valle Hovin (Tabell 5) gir best samsvar mellom beregnede og observerte vindverdier. En ytterligere sammenlikning av disse tre stasjonene synes å vise at Bjølsen framstår som svakt bedre enn Bygdøy og at bruk av Valle Hovin dataene leder til noe svakere resultater.

Bjølsen-simuleringen (Tabell 8) er for øvrig den beregningen som leder til minst gjennomsnittlig retningsavvik. Det minste avviket i vindretningen på omlag  $24^\circ$  finner vi på stasjonen selv, mens avviket er størst på Fornebu, med en verdi på  $62^\circ$ . Dersom vi betrakter vindstyrken er resultatet fra Bjølsen-simuleringen svært bra. Igjen er det den midlere vindstyrken på Fornebu som avviker mest, med en markert underestimering i beregningene. For de øvrige stasjonene beregnes vindstyrker som samsvarer bra med observasjonene, noe som også gjenspeiles i den beregnede korrelasjonskoeffisienten og i koeffisientene for den lineære regresjonslinjen.

Simuleringene der vindobservasjonene fra målestasjonene på Fornebu, Nordahl Brunsgt., Skøyen og Etterstad ble brukt alene som inngangsdata til Mathew ga gjennomgående noe dårligere samsvar med det totale observasjonsmaterialet.

Bruk av Fornebu observasjonene (se Tabell 6) førte til at retningsavviket ble relativt stort på de fleste målestasjonene samt at den beregnede vindstyrken ble altfor sterk på samtlige stasjoner. Simuleringen der dataene fra Nordahl Brunsgt. ble benyttet (se Tabell 7) førte til svært lite retningsavvik for stasjonen selv, men for de øvrige stasjonene var ikke avviket spesielt lite. Dessuten førte bruken av observasjonene i Nordahl Brunsgt. til overraskende dårlige regresjonsverdier, samt til korrelasjonskoeffisienter lavere enn 0.9 for alle de øvrige stasjonene. Det at bruk av Fornebu- og Nordahl Brunsgt.-dataene ikke skulle gi bedre samsvar var i og for seg overraskende. Dette fordi beregningsresultatet for disse to stasjonene var de beste når Mathew-beregningene ble gjennomført med samtlige observasjonsverdier (se Tabell 3).

Hovedproblemet med å benytte observasjonene fra Skøyen (se Tabell 10) og Etterstadsletta (se Tabell 11) var at disse to stasjonene førte til for lave vindstyrker på de øvrige stasjonene. Dette var spesielt fremtredende for Skøyen. For begge disse stasjonene var retningsavviket på egen stasjon relativt lite, mens avviket for de øvrige stasjonene var vesentlig større.

Med bakgrunn i de presenterte resultatene kan det konkluderes med at den meteorologiske målestasjonen på Bjølsen (se Tabell 8) er å foretrekke, dersom kun observasjoner fra én stasjon skal benyttes som inngangsdata til Mathew. Det bør også understrekes at resultatene fra simuleringen med Bjølsen-dataene er overraskende gode sammenliknet med de tilsvarende resultatene som fremkommer når samtlige syv målestasjoner benyttes (se Tabell 3).

## 6 Konklusjon

Basert på denne sammenlikningen, og en rekke andre tester med tilsvarende resultat, kan det konkluderes at bruken av den nye metoden fører til en sterk reduksjon av regnetiden, samt at det resulterende vindfeltet som overføres fra Mathew til Episode i mindre grad er blitt modifisert som følge av interpolering mellom ulike gitter. Dessuten oppnås tilsvarende forbedringer i det eksporterte vindfeltet med den nye metoden som med den tidligere omstendelige metoden. Det anbefales derfor at den nye metoden bør implementeres så snart som mulig i de versjonene av AirQUIS der Mathew benyttes som vindfeltgenerator.

Testberegningene som er gjennomført for å se på følsomheten for antall observasjoner viser at modellen behøver flere enn én måling som inngangsdata. Som vist i Figur 13 og Figur 14 er dette spesielt viktig i svakvindssituasjoner, dvs. i typiske forurensningssituasjoner. For bedre å kunne beskrive vindfeltet i slike situasjoner er det viktig at de benyttede vindobservasjonene er representative for et størst mulig område, og at deres posisjoner er valgt slik at vikrningen av modellområdets topografi gjenspeiles i størst mulig grad. I denne forbindelse er det grunn til å påpeke at de benyttede vindobservasjonene vist i Figur 1 trolig dekker en for snever del av det totale modellområdet. Trolig ville 3–4 frittstående målestasjoner, f.eks. plassert på Fornebu, i sentrum (Bjølsen), i Grorud-dalen (lenger opp enn Valle Hovin) og øst i byen (Nordstrand), kunne gi tilstrekkelig informasjon til å konstruere et realistisk vindfelt med Mathew som ville være i stand til å fange opp mer av variabiliteten i vindretning i svakvindssituasjoner.

Dersom man kun har en målestasjon til rådighet bør det gjennomføres en sensitivitetsstudie i likhet med den som er omtalt i kapittel 5, der flere stasjoner benyttes for en kortere periode og der dataene fra hver stasjon benyttes enkeltvis som inngangsdata i Mathew for å undersøke stasjonens representativitet. Eksempelvis ville testene omtalt i kapittel 5 ledet til en anbefaling om å benytte vindobservasjonene på Bjølsen dersom dataene fra kun en målestasjon skulle brukes i Mathew-beregninger for Oslo.

## 7 Referanser

- Bøhler, T. and Guerreiro, C.B. (1996), Verification of the meteorological preprocessor MEPDIM. Kjeller, Norsk institutt for luftforskning (NILU F 10/96).
- Foster, F., Walker, H., Duckworth, G., Taylor, A. and Sugiyama, G. (1995). User's guide to the CG-Mathew/Adpic models, Version 3.0. Lawrence Livermore National Laboratory (Report UCRL-MA-103581 Rev. 3).
- Sherman, C.A. (1978). A mass consistent model for wind fields over complex terrain. *J. Appl. Meteorol.*, 17, 312-319.



## Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE TEKNISK RAPPORT	RAPPORT NR. TR 3/2001	ISBN 82-425-1301-5 ISSN 0807-7185	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 26	PRIS NOK 45,-
TITTEL Bruk av Mathew i AirQUIS/Episode Revisjon av eksportrutine		PROSJEKTLEDER Leiv Håvard Slørdal	
		NILU PROSJEKT NR. E-101038	
FORFATTER(E) Leiv Håvard Slørdal		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVER Norsk institutt for luftforskning Postboks 100 2027 Kjeller			
STIKKORD Mathew	Modellrevisjon	Dokumentasjon	
REFERAT Beregningsmetoden i den diagnostiske vindfeltmodellen Mathew er kort beskrevet. En forbedret metode for å overføre det beregnede vindfeltet til bruk i spredningsmodellen Episode er skissert. Resultater med den nye ekspertrutinen er testet mot bruk av tidligere metoder. Som en del av denne testingen er det gjennomført en rekke sensitivitetstester der alt fra 1 til 7 vindobservasjoner er benyttet som inngangsdata i Mathew-beregningene.			
TITLE Application of Mathew in AirQUIS/Episode. Revision of the export routine.			
ABSTRACT The mathematical method of the diagnostic windfield model Mathew is briefly described. An improved method for the application of the Mathew calculated windfield in the dispersion model Episode is outlined. Results with this new method are compared with results from previous methods. The sensitivity of the Mathew model to the number of wind observations specified as model input, has been investigated.			

\* Kategorier:    A    Åpen - kan bestilles fra NILU  
                  B    Begrenset distribusjon  
                  C    Kan ikke utleveres