



KJELLER
VINDTEKNIKK

En norsk iskartering för vindkraftsbruk

A decorative graphic element consisting of several light blue, wavy lines that originate from the left side of the slide and curve towards the right, partially overlapping the text area.

Lars Tallhaug
Vintervind 2010
Piteå 4.februari

Svensk - norsk ordbok

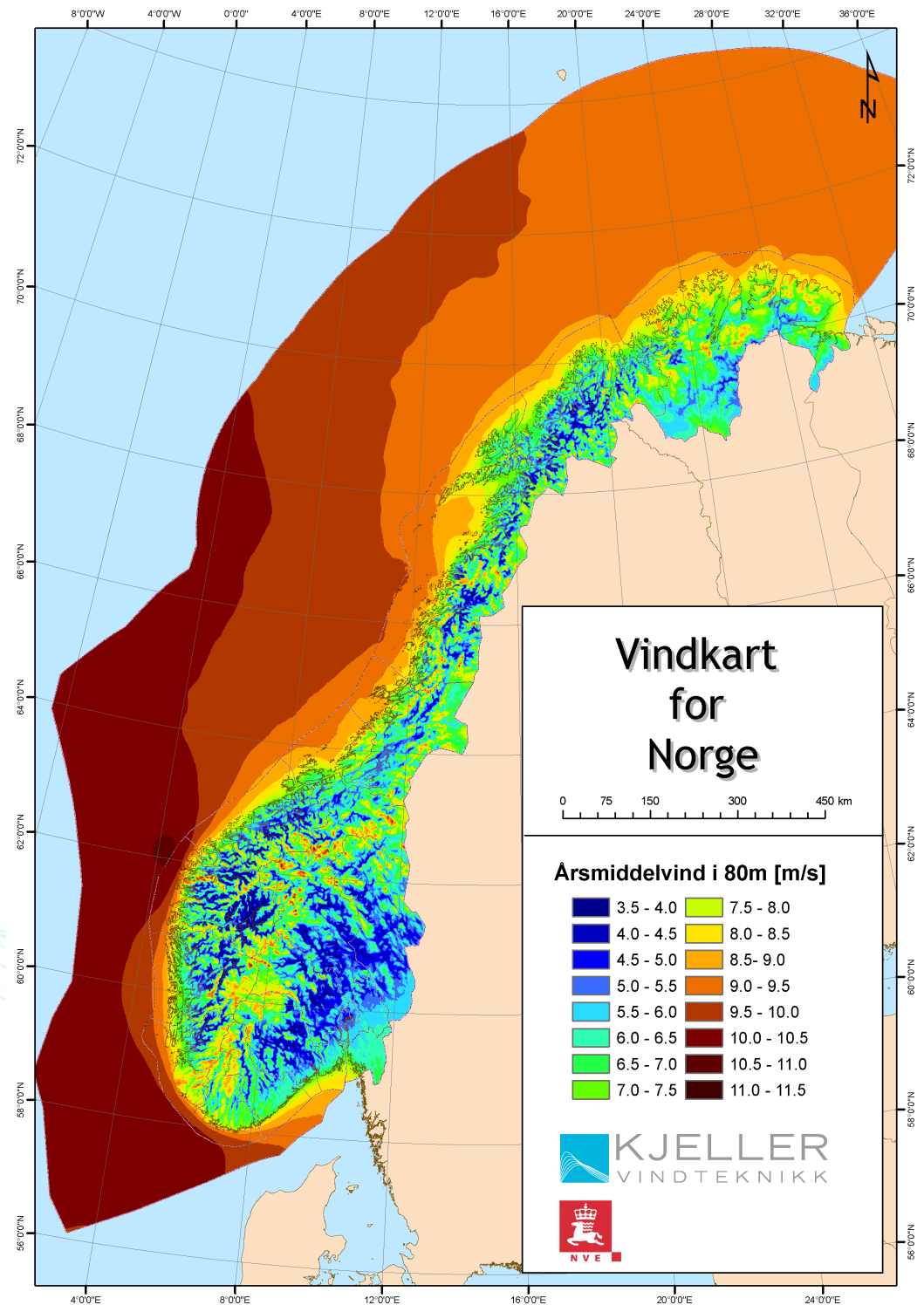
- Moln = skyer
- Dimma = tåke

Innledning

- Kjeller Vindteknikk har utført simuleringer med en meso-skala modell og laget følgende kart for Norge:
 - Vindhastighet
 - Brukstid for maks effekt.
 - Terrengkompleksitet
 - **Nedising.**
- Arbeidet er finansiert av Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE)
Finnes på www.vindteknikk.no

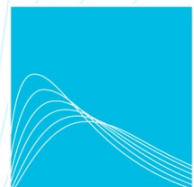


KJELLER
VINDTEKNIKK



Hva er en mesoskala modell

- Meso-skala refererer til en skala i tid og rom som har fenomener som modellen kan beskrive.
 - En meso-skala modell løser de fleste værphenomen som lavtrykk, høytrykk, fronter, fjellbølger, low-level jets med mer. Detaljert topografi og turbulens fra bakken beregnes ikke.
- Modellen er basert på ligninger som beskriver atmosfærens dynamikk og fysikk. Dette er koblede ligningssett for bevegelse, temperatur, fuktighet sammen med ligninger for stråling, skydannelse, nedbør, bakkeprosesser, osv
- Modellen beregner tidsserier av alle disse variablene
- WRF - Weather Research and Forecasting

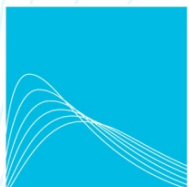


Inngangsdata til WRF

- For modellens nedre grenseflate (bakken) har vi benyttet markslagsdata fra Statens Kartverk i tillegg til snødyp/ snødekke fra senorge.no
- Øvrige data er tilgjengelig fra USGS /NOAA: (høydedata, albedo, jordtemperatur, jordfuktighet, sjøtemperatur)

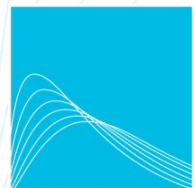
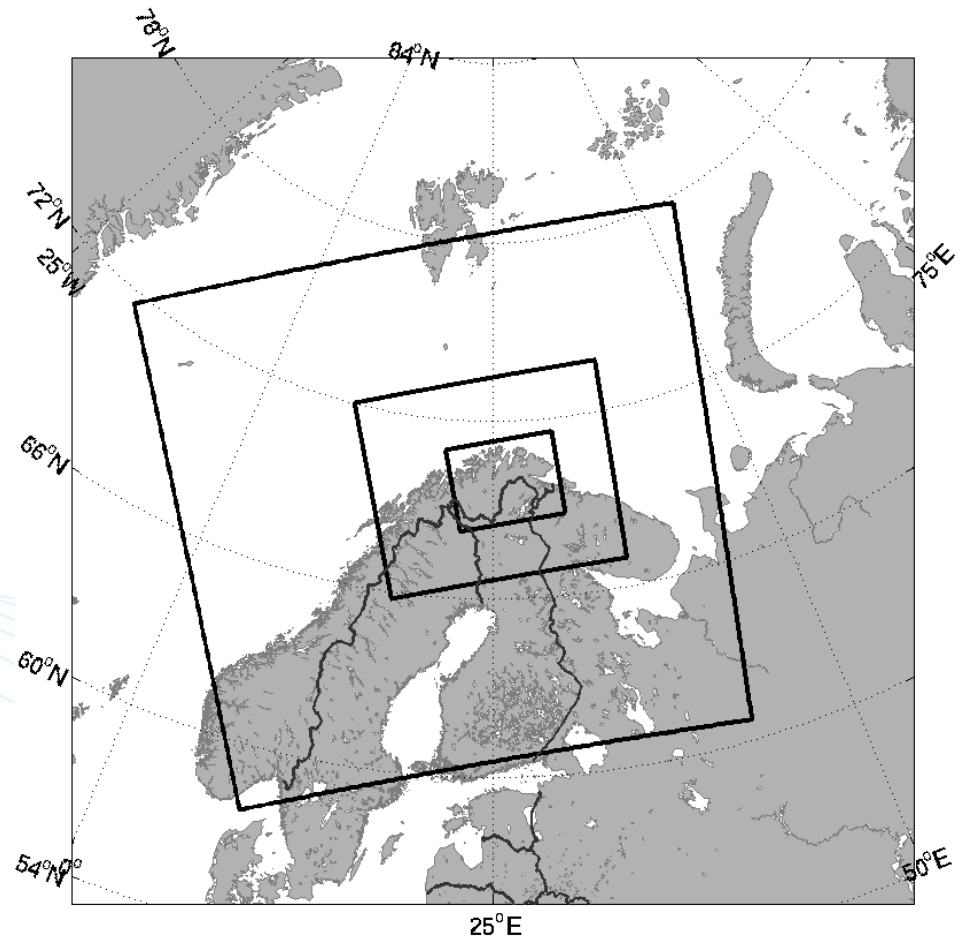
Inngangsdata til WRF

- For modellens nedre grenseflate (bakken) har vi benyttet markslagsdata fra Statens Kartverk i tillegg til snødyp/ snødekke fra senorge.no
- Øvrige data er tilgjengelig fra NOAA: (høydedata, albedo, jordtemperatur, jordfuktighet, sjøtemperatur)
- Modellen er initialisert fra atmosfæriske analyser FNL data, som er fritt tilgjengelige data med 1 grads oppløsning i lengde og breddegrad. Modellen starter med et øyeblikksbilde av atmosfæren og beregner seg fram i tid.
- Grensebetingelser oppdateres hver tredje time.



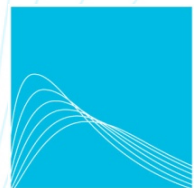
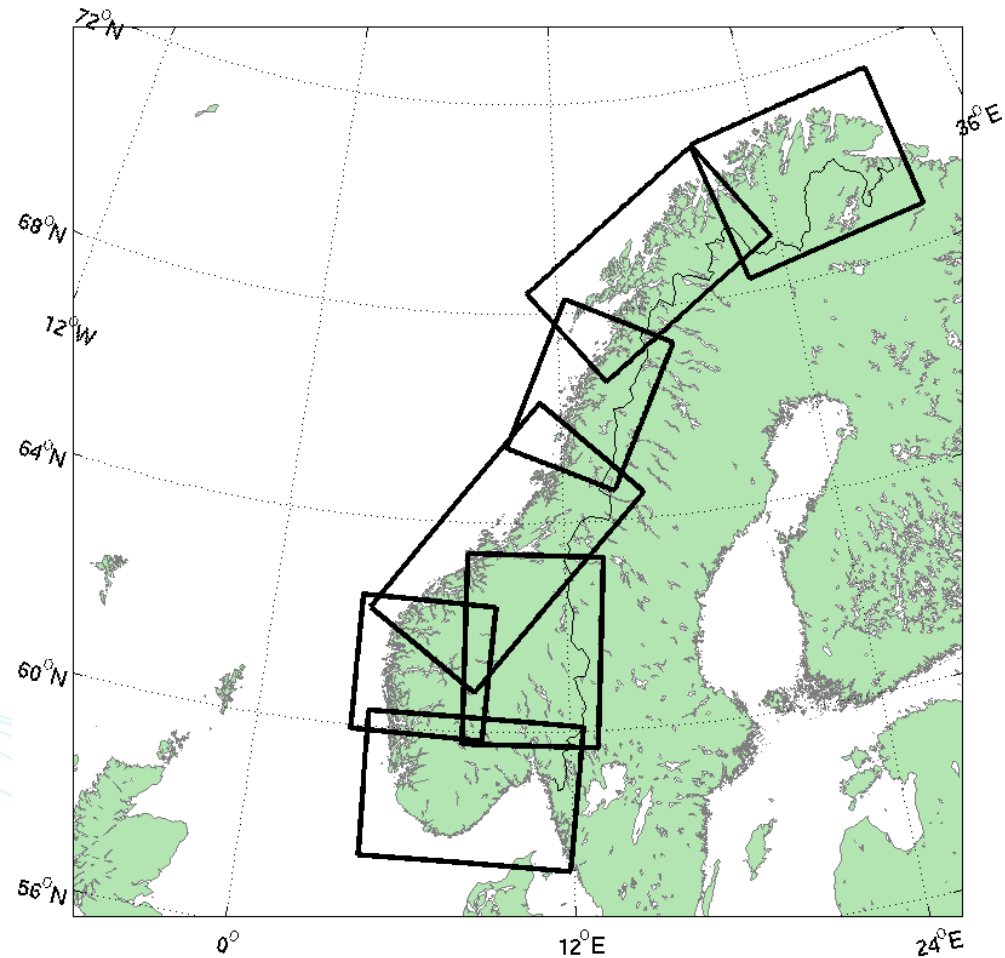
Typisk oppsett av en modellkjøring

- 3 nestede grid:
 - 16 km oppløsning for ytre grid
 - 4 km oppløsning for midtre grid
 - 1 km oppløsning for indre grid.
 - 32 vertikalnivåer
- Beregninger fullføres for ett år (2005).
- For vindhastighet og produksjon har beregningene blitt langtidskorrigert mot en modellkjøring på 9 år med lavere (5km) oppløsning



Modelldomener hele Norge

- 1 km oppløsning for hele Norge
- 1 års tidsserier for alle gitterpunkter:
 - 01.01.2005-31.12.2005



Beregning av ising

- Det er skyis (in-cloud-icing) vi har beregnet.
- Vi har forholdt oss til ISO 12494 og beregnet ising på et standardlegeme.
- Et standardlegeme er en vertikal, fritt roterende sylinder 30mm i diameter.

$$\frac{dM}{dt} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \cdot w \cdot A \cdot V$$

α_1 - Kollisjonskoeffisient

α_2 - Heft koeffisient

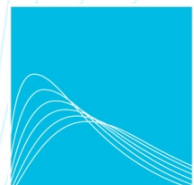
α_3 - Akkresjonskoeffisient

w – Vanninnhold

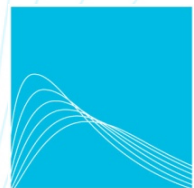
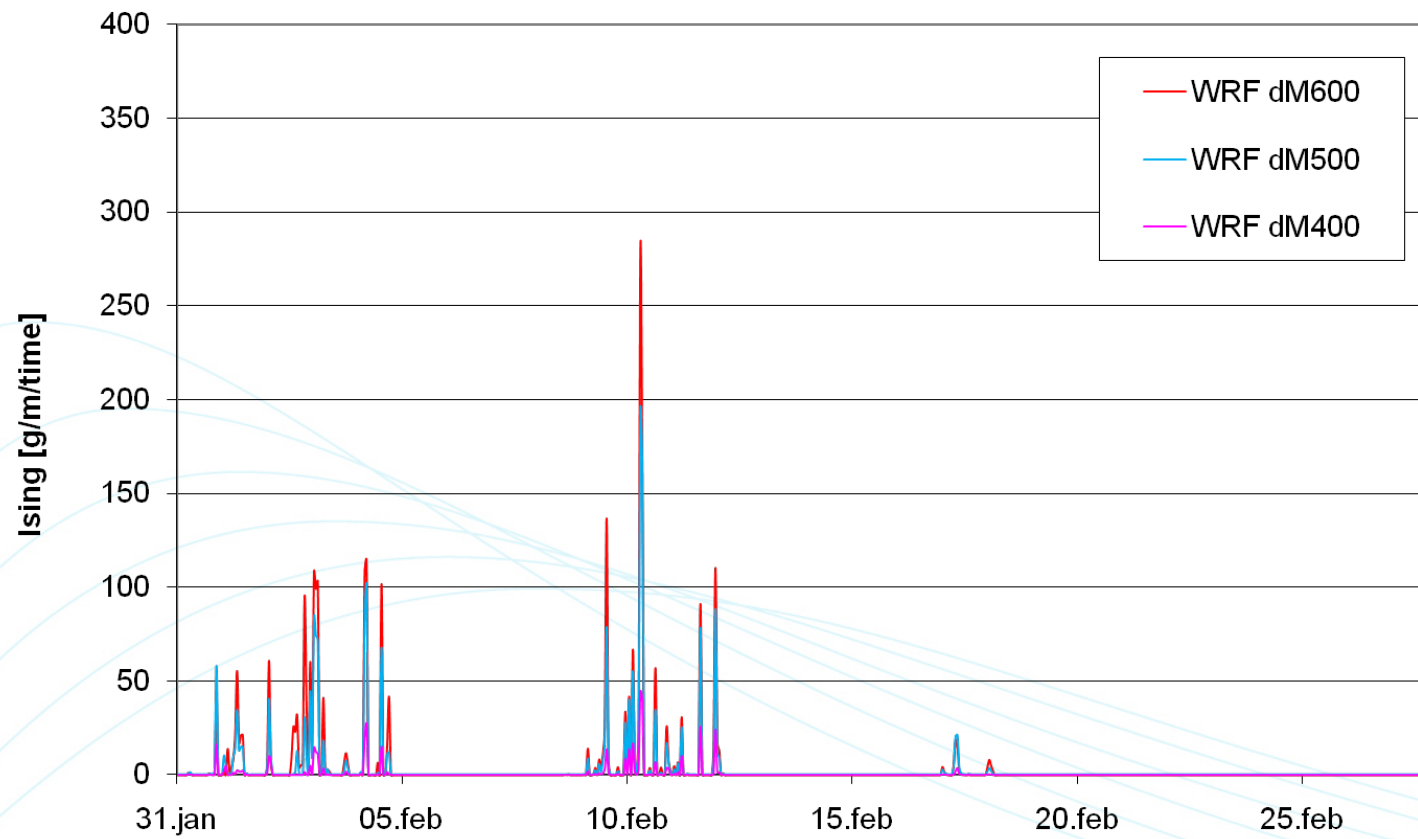
A – Tverrsnittsareal

V – Vindhastighet

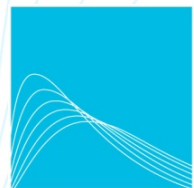
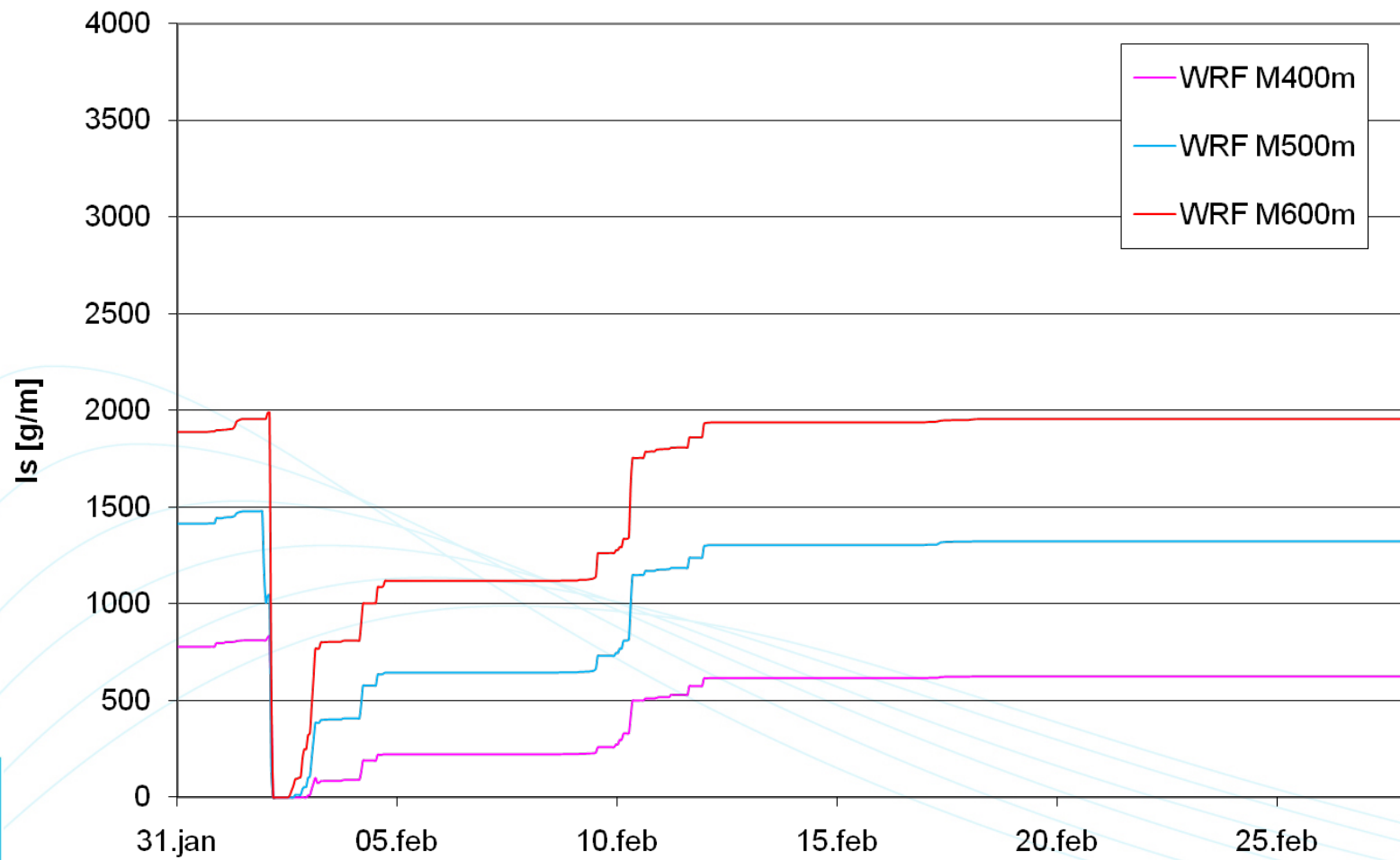
- Alle nødvendige parametre er tilgjengelig i meso skala modellen.



Isingsrate



Akkumulert ising



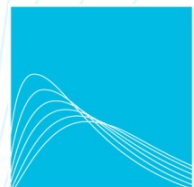
Isingskart

- Ising er sterkt avhengig av høyden. Kartet viser derfor ikke ising 80m over modellterrenget, men 80m over virkelig terreng (25m oppløsning).
- Kartet viser timer i året med $dM/dt > 10$ g/time/m.
- 10 g/time/m gir 0.5mm is på en time.



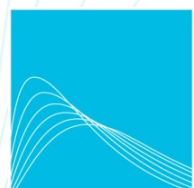
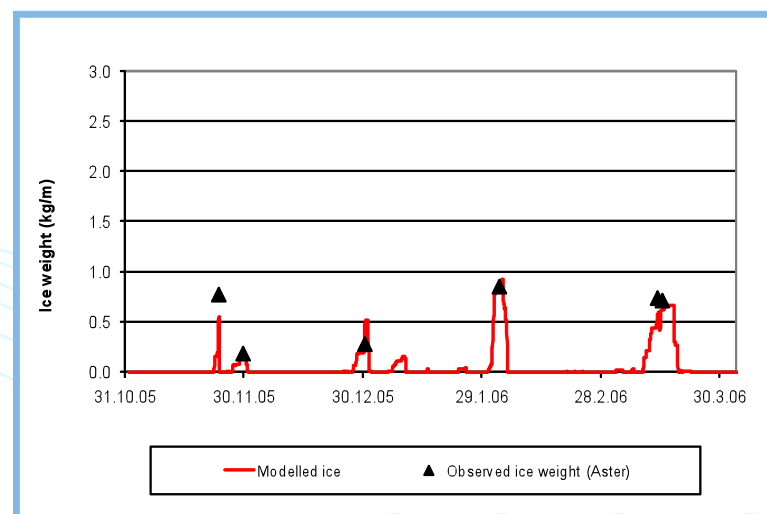
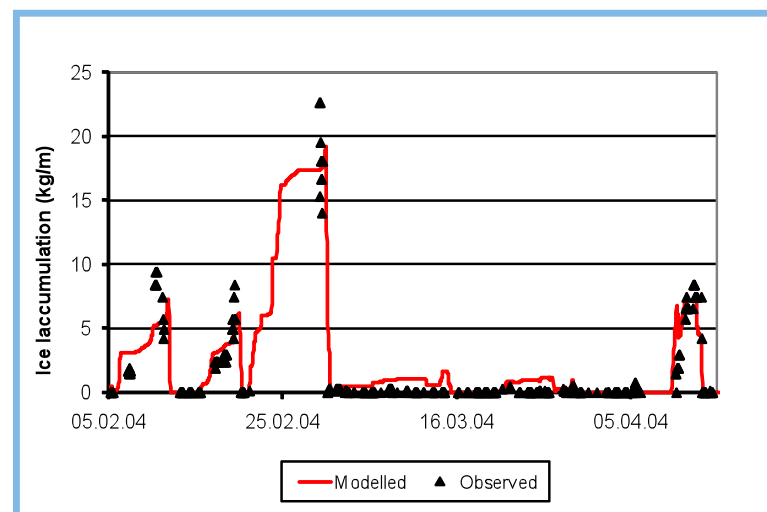
Validering av resultatene

- Vi har ingen målinger av ising fra samme periode som vindkartet er kjørt (2005).
- Vi har imidlertid sammenligninger av bruk av flyplassdata og målinger.
- Deretter er bruk av flyplassdata sammenlignet med isingskartet.
- Metoden med bruk av flyplassdata blir derfor en indirekte metode for validering.



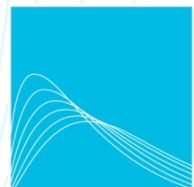
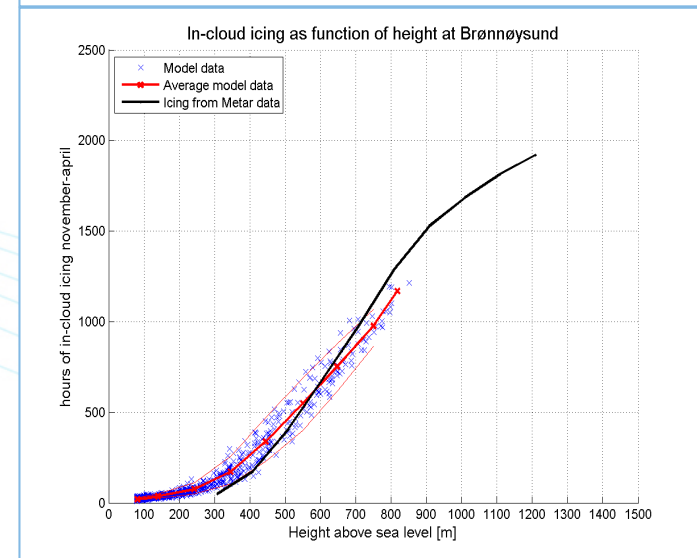
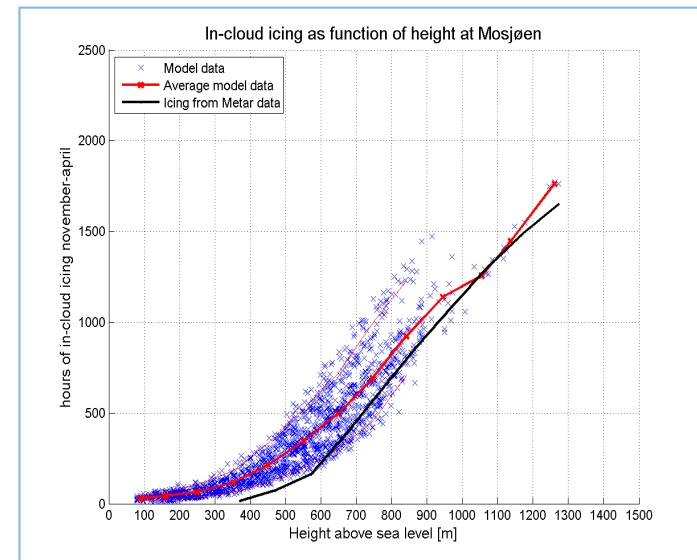
Sammenligning av flyplassdata og målinger

- Det er utført sammenligninger på 4 lokaliteter.
- Samsvaret er rimelig godt.
- Is som faller av er problematisk å modellere.



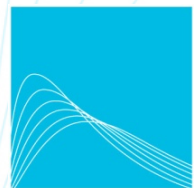
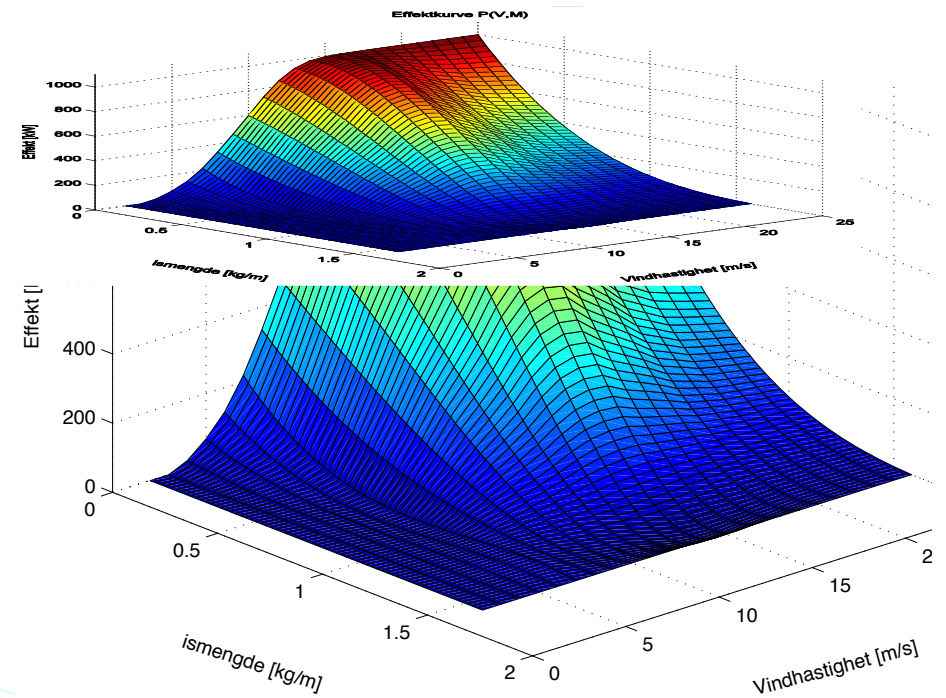
Sammenligning av flyplassdata og WRF

- Svart linje:
Flyplassdata
- Blå kryss:
WRF beregningspunkt i
20km radius fra flyplassen
- Rød linje:
Middel av alle blå kryss
- WRF overestimerer noe
under ca 500m.

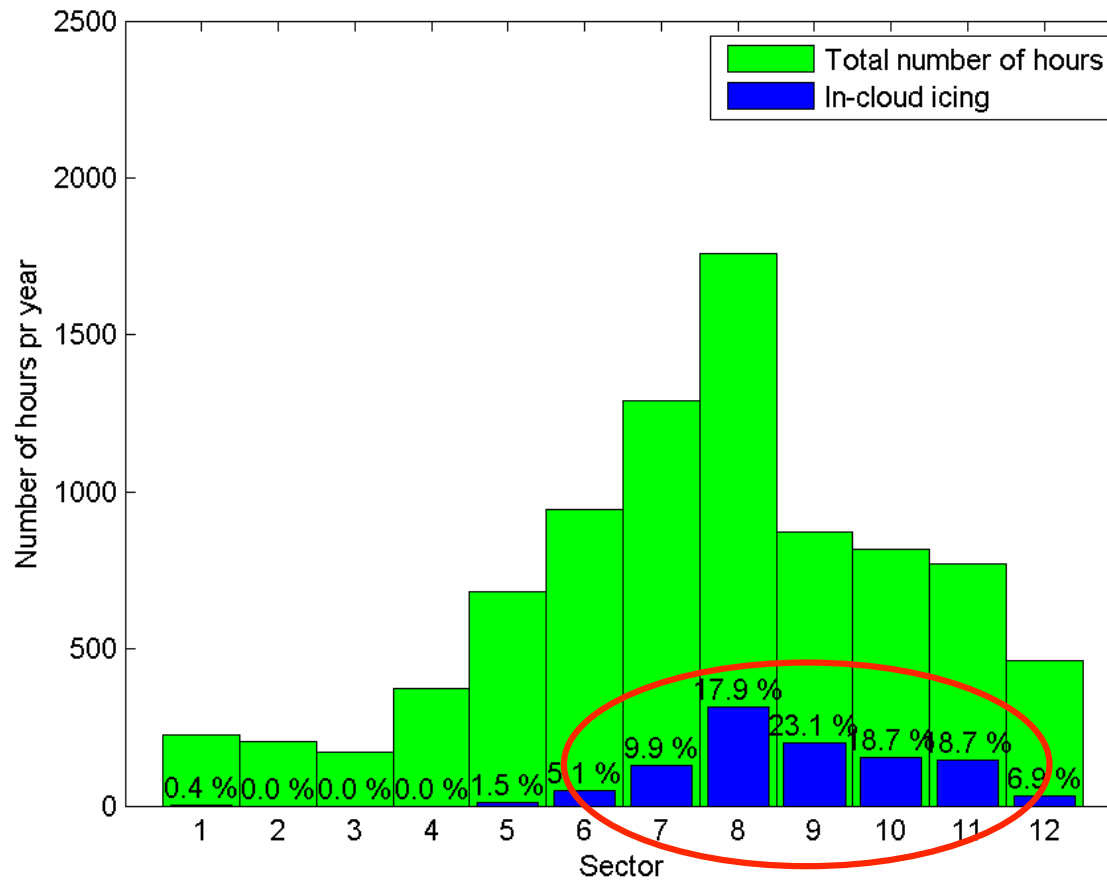


Utnyttelse av isingskartet

- Det er viktig å huske på at det finnes ising for hver time i alle punkter.
- Kartet kan brukes til å prioritere mellom ulike områder.
- Produksjonstap kan beregnes med ulike metoder.
- Ulike tidsperioder kan sammenlignes med relativt stor nøyaktighet.
- Dimensjonering av vindmålemaster.

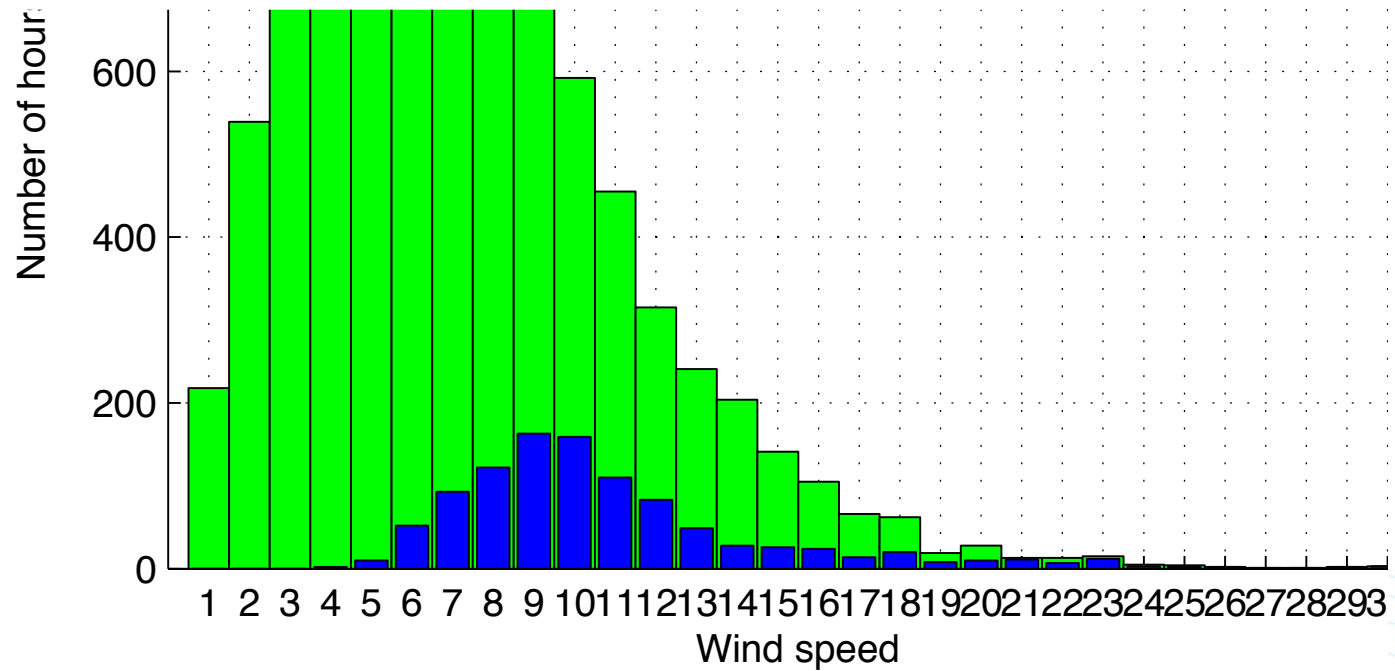
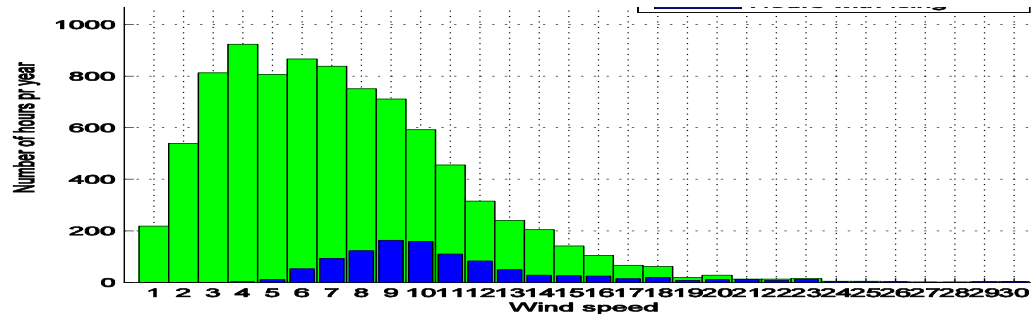


Ising for ulike vindretninger



Tilførsel av
fuktighet fra vest

Frequency distribution with wind speed



Sammendrag

- Det er laget et kart med den meteorologiske modellen WRF som viser timer med nedising for hele Norge.
- Modellen er kjørt med oppløsning 1km x 1km, men kartet er tilpasset høyoppløst topografi.
- Ingen fullstendig validering er gjennomført, men indirekte validering viser bra overensstemmelse høyere enn 500m over havet.
- Isingsdata er tilgjengelig som tidsserier - gir mange interessante anvendelser.

