



Meteorologisk
institutt
met.no

met.no info

No. 18/2005
ISSN/1503-1807
Oslo, 25. november 2005

Varsling av stormer og ekstremt vær



Postadresse
Postboks 43.
Blindern, 0313 Oslo

Besøksadresse
Niels Henrik Abelsvei 40
Innkjøring fra Problemveien

Telefon
22 96 30 00

Telefaks
22 96 30 50

e-post: met@met.no
Internett: met.no

Bankgironr
7694 05 00601

Organisasjonsnr
NO 971 274 042 MVA

Varsling av stormer og ekstremt vær

Innledning

Vi har vært vitne til en sommer og høst med ekstra mange orkaner som har rammet Mellom-Amerika og Sydstatene i USA. Det er voldsomme hendelser som gjør ekstremt stor skade. I våre nordlige områder er vi forskånet for slike orkaner, men høsten og vinteren er sesong for kraftige utviklinger av stormer i Nord-Atlanteren. Disse rammer oss med varierende styrke. Vi har denne høsten også opplevd at restene av tropiske orkaner fortsatt har kraft til å gjøre skade etter å ha krysset Atlanteren på veien nordover. Det voldsomme regnværet i Bergen 13.-14. september er et slikt eksempel. Denne situasjonen fikk navnet "Kristin". To måneder senere - 13.-14. november - fikk vi en ny ekstremsituasjon, "Loke", med rekordstore nedbørmengder på Vestlandet og med en rekke jordras som resultat. Fra januar i år husker vi stormene Gudrun, Hårek og Inga som i løpet av en uke krysset landet og forårsaket store skader langs kysten og også på skog i innlandet.

Det er ett av hovedmålene for Meteorologisk institutt å bidra til å redusere skadene og å hindre at liv går tapt ved å gi så presise varsler som mulig. Ikke alle skader kan unngås, men et varsel i tide øker muligheten for at folk og myndigheter kan ta sine forholdsregler og dermed redusere risikoen for skader.

På bakgrunn av erfaringene fra nyttårsorkanen på Vestlandet i 1992 etablerte Meteorologisk institutt en tjeneste for varsling om ekstreme værforhold. Det viktigste kriteriet for å sende ut et varsel om ekstremvær er at liv og verdier er truet i et forholdsvis stort område (fylke(r)). Denne tjenesten er et viktig supplement til de ordinære værvarslene og til kuling- og stormvarslene. Dersom det ventes ekstreme værforhold i form av ett eller flere av fenomenene sterk vind, store nedbørmengder/kraftig snøsmelting, snøskred eller stormflo, sendes det et spesialvarsel til en rekke mottakere. På den måten kan ekstra beredskap etableres.

I denne rapporten ser vi på de utfordringene meteorologene står overfor i varslingen av stormer og hvor gode hjelpemidler som er til disposisjon. Det er særlig kvaliteten på de meteorologiske prognosemodellene som blir vurdert i noen utvalgte stormsituasjoner.

Utfordringene i stormvarslingen

De fleste stormene som treffer Norge oppstår over havet vest for oss. Det er energien knyttet til fordelingen av varme og kalde luftmasser som setter det hele i gang. Frigjort energi ved kondensasjon av vanndamp spiller etter hvert en viktig rolle for intensivering av stormene. På satellittbilder kan en se starten av en utvikling som en konsentrasjon av skyer på polarfronten. Ved noen hurtige stormutviklinger har skyene en karakteristisk form som meteorologene gjenkjenner som en "stormhatt"; se fig. 2 fra stormen Gudrun. Etter hvert utvikles en sirkulerende bevegelse rundt et lavtrykkssenter, og skyene samler seg i spiralbånd inn mot senteret.

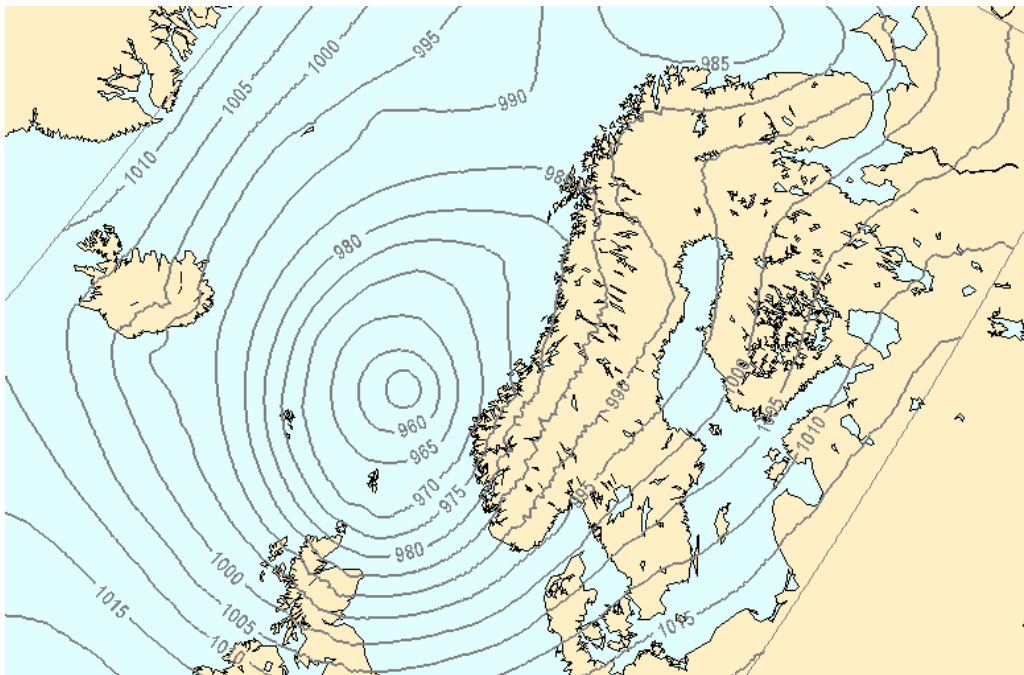
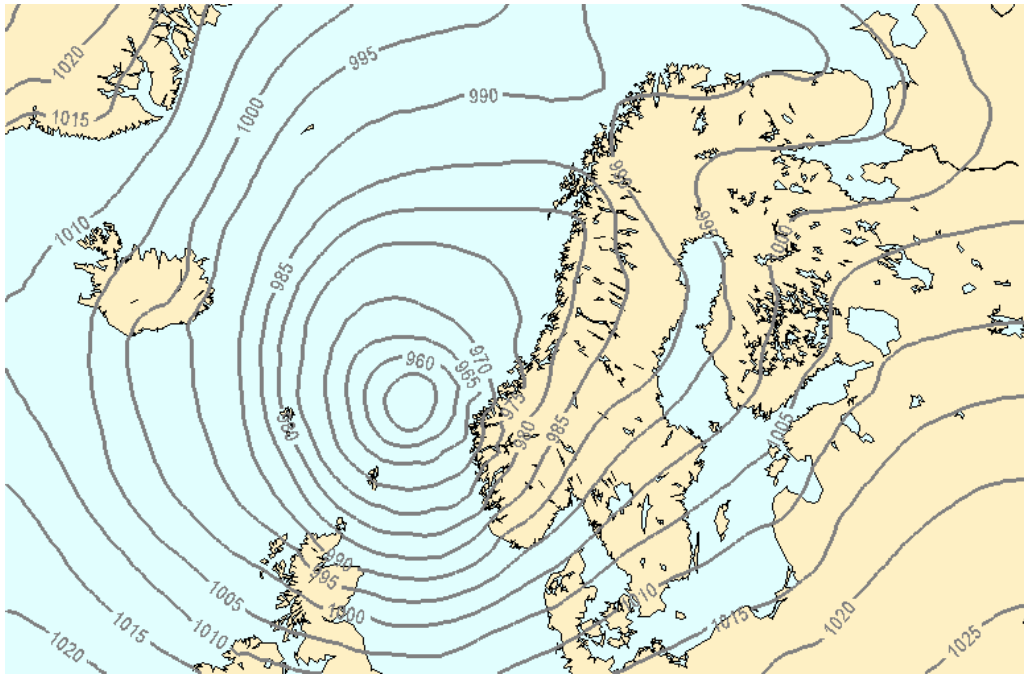


Fig. 1: Lufttrykket (isobarer, hPa) i havnivået for stormen Inga kl.12 UTC 12. januar 2005. Øverst analyse av lufttrykket slik det ble. Nederst en prognose for lufttrykket som ble laget 36 timer i forveien. Selv om det er forskjeller, er dette en ganske god prognose.

Men hva skjer videre? Hvor lavt blir trykket og hvor sterk blir vinden? Når og hvor vil den sterkeste vinden og den største nedbøren treffe land? Det er stor spenning knyttet til denne varslingen.

Stormene (syklonene) i våre områder skiller seg fra de tropiske syklonene ved at dannelsesprosessen er annerledes. Mens det er temperaturforskjeller nord-syd som er avgjørende for dannelsen av sykloner i våre områder, er det energien i den varme sjøoverflaten og i vanddampen som er viktigst for dannelsen av tropiske sykloner. Tropiske

sykloner kan følges i dagevis før de utvikler seg til orkaner og når land. I våre områder kan en stormutvikling skje over 12-36 timer, og den sterkeste vinden utvikle seg i løpet av noen timer. Det stiller store krav til varslingsystemene og meteorologenes evne til å analysere det som skjer raskt.

En storm som kommer inn mot landet fra vest påvirkes av havet og siden av terrenget langs kysten. Havet gir energi, og terrenget påvirker vinden ved hjelp av forskjellige mekanismer. Fjorder skaper kanaler som forsterker vinden, og fjellene fører til vindforsterkninger på mange steder (også langs kysten). Terrengets påvirkning vil være svært avhengig av vindretningen. Men stormen påvirker også havet ved at vinden skaper bølger og presser vann opp mot kysten. Når meteorologene skal vurdere hvor alvorlig værforholdene kan bli, må også mulighet for høye bølger og ekstra vannheving – stormflo – tas med i vurderingen. Stormfloen kommer i tillegg til tidevannet og henger sammen med vindens drag på vannet, og at lufttrykket er lavere enn i områdene omkring.

Varslingsystemene

Værvarsling er i dag basert på observasjoner fra tradisjonelle målestasjoner på land og hav, på radiosonderinger, værradar og på et vell av data fra meteorologiske satellitter. Likevel er det av naturlige grunner langt færre observasjoner fra havområdene enn fra land. Dette er en ekstra ulempe når det gjelder å oppdage stormutviklinger over havet. Tilgangen på observasjoner er ikke minst avhengig av et omfattende internasjonalt samarbeid.

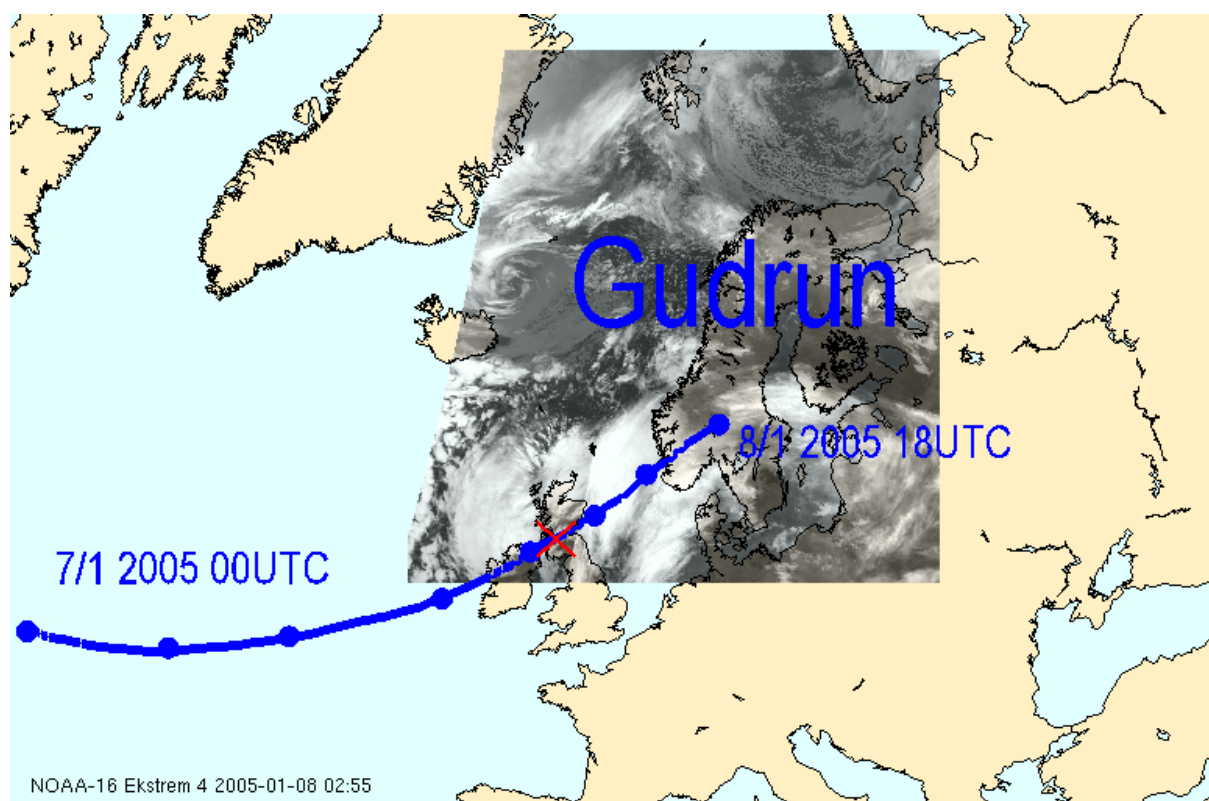


Fig. 2: Lavtrykksbane for stormen Gudrun som utviklet seg i perioden 7.-8. januar 2005. Punktene på den blå kurven angir lavtrykkscenterets posisjon for hver 6. time. Det røde krysset er lavtrykkscenterets posisjon til samme tid som satellittbildet er tatt: kl. 03 UTC 8. januar. Det hvite skyområdet like vest for lavtrykkscenteret er omtalt som en "skyhatt" og er et tegn på rask utvikling av stormen.

Meteorologisk institutt har i dag tilgang til 5 egne værradarer hvorav 4 er plassert med mulighet til å observere nedbør og vind som kommer fra havet. Disse gir nær kontinuerlige observasjoner innenfor en radius av ca. 200 km og er til stor nytte i overvåkingen av været. Satellitter i geostasjonære og polare baner gir oversiktsbilder og vindobservasjoner ved havoverflaten i tillegg til informasjon om temperatur- og fuktighetsforhold i atmosfæren.

Et helt vesentlig hjelpemiddel til å analysere disse dataene og til å beregne værutviklingen framover - gi prognoser - er de meteorologiske modellene. I all moderne værvarsling er analyse og bruk av slike modeller en nødvendighet. Modellene viser værutviklingen noen dager fremover, men det er mangler i observasjonsdekningen og i beregningene som kan føre til feil i prognosen. Det er derfor helt nødvendig at prognosene overvåkes med alle tilgjengelige midler; som for eksempel satellittobservasjoner og værradar.

Ved Meteorologisk institutt har meteorologene tilgang til prognoser fra instituttets modeller og fra modeller ved andre meteorologiske sentre. De numeriske modellene som brukes mest i den daglige værvarslingen er HIRLAM- modellen og modellen fra Det europeiske værvarslingssenteret, ECMWF, der Norge - representert ved Meteorologisk institutt - er medlem. ECMWF beregner prognoser frem til 10 døgn og er ledende på dette området. Forskningen ved met.no bidrar til utviklingen av modellene og tester ut nye versjoner. I samarbeid med det Britiske meteorologiske instituttet (MetOffice) utvikles og testes en modell - UM - som beregner lokale værforhold med større nøyaktighet. met.no har også modeller som beregner været's virkning på havet; dvs. bølger, strøm og stormflo; se fig. 6 og 7.

Informasjonen fra observasjoner og numeriske modeller overvåkes kontinuerlig av meteorologer på vakt. Instituttet skulle derfor være godt rustet til å takle utfordringene når det gjelder å varsle det "alvorlige været".

Erfaringene fra stormene Gudrun, Hårek og Inga

Ved Meteorologisk institutt har vi sett på prognosene fra de numeriske modellene som ble brukt som bakgrunnsmateriale av meteorologene i januar 2005. Prognosene var av avgjørende betydning da det ble besluttet å sende ut melding om ekstreme værforhold i perioden 7.-14. januar. Som støtte for de vurderingene vi har gjort, har vi brukt et arkiv av værkart og observasjoner av trykk, vind og temperatur lagret sammen med prognosene.

Vi har vurdert kvaliteten på prognosene for januar, februar og mars ved å sammenligne observert vind med varslet vind. Denne sesongen gir de samme generelle resultater som vi har sett i tidligere sesonger. Feilen i vindstyrke målt som "root mean square (RMS)" er 1-2 m/s for de korte prognosene og opp mot 3m/s for prognoser tre døgn fram. Modellen fra Det europeiske værvarslingssenteret ECMWF i Storbritannia gir gode prognoser, men varsler ikke de sterke vindene godt nok. HIRLAM-modellen gir sterke nok vinder, men lager av og til alt for sterke lavtrykksutviklinger. De beste vindvarslene kommer fra den modellen som bruker det mest nøyaktige gitteret: 4 km mellom beregningspunktene. Dette er en modell satt opp og utviklet av Meteorologisk institutt i samarbeid med Storbritannias meteorologiske institutt (MetOffice). En slik modell med fint gitter krever mye regnekraft. Modellen dekker derfor bare et område over Skandinavia, og ikke alle sjøområdene vi varsler for. Når instituttet i løpet av 2006 får oppgradert regnearbeidet, vil vi utvide området for denne modellen.

Vi har også gått inn i materialet for å se på modellens evne til å beregne de høyeste vindstyrkene. Gode varsler for de sterkeste vindene faller ikke nødvendigvis sammen med gode resultater i gjennomsnitt for hele sesongen, siden det er såpass få av de kraftigste vindtilfellene. For de stormene det ble sendt ekstremvarsel for i januar 2005, har vi sammenlignet lavtrykkene og deres baner - slik de ble analysert i ettertid - med de prognosene som værtjenesten brukte i forbindelse med varslingen. Dette gir i seg sjøl et stort sett med karakteristikk av prognoser, men vi tar her bare med de viktigste.

Tabell 1: Observasjoner fra ekstremværene i januar 2005

Ekstremvær	Dato	Observasjon maks.	Ekofisk	Utsira	Strømtangen
Gudrun	8.-10. jan.05	Vind	29 m/s	27 m/s	21 m/s
		Bølger	10 m	2,5 – 4 m	
		Vannheving	0,55	1,99*	1,88**
Hårek	10.-11. jan. 05	Vind	22 m/s	19 m/s	21 m/s
		Bølger	6,5 m	2,5 – 4 m	
		Vannheving	0,65	1,95*	1,45 **
Inga	11.-14. jan. 05	Vind	24 m/s	29 m/s	21 m/s
		Bølger	10 m	6 – 9 m	
		Vannheving	0,85	2,20*	1,76**

Vannstandsmålingene Fra Bergen og Oscarsborg er relativt sjøkart null.

* Målingene er fra Bergen .

** Målingene er fra Oscarsborg

For de tre ekstremværene Gudrun, Hårek og Inga, som passerte Sør-Norge (Hårek gikk noe lenger nord) i perioden 7.-14. januar 2005, var det stort sett gode prognoser. Ett unntak var at en av prognosene laget kvelden før Gudrun kom inn i Skagerrak ga uværet en bane for langt mot nord. Meteorologene valgte imidlertid å se bort fra denne, noe som i ettertid viste seg å være rett. Andre prognoseberegninger hadde stort sett riktig bane, men flyttet lavtrykket litt for fort mot øst.

For den siste av de tre stormene, Inga, var prognosen svært god også lang tid i forveien. En av prognoseberegningene to døgn i forveien plasserte riktignok lavtrykket for langt øst og fikk dermed rekordhøye bølger i nordlige Nordsjøen. Seinere beregninger justerte seg raskt inn. Denne siste stormen skilte seg noe ut fra de foregående ved at den hadde større utstrekning enn de andre og at den nådde sin maksimale styrke før den slo inn over våre områder. Det er allikevel viktig å understreke at den fortsatt var sterk når den nådde kysten, selv om den hadde begynt å avta i styrke.

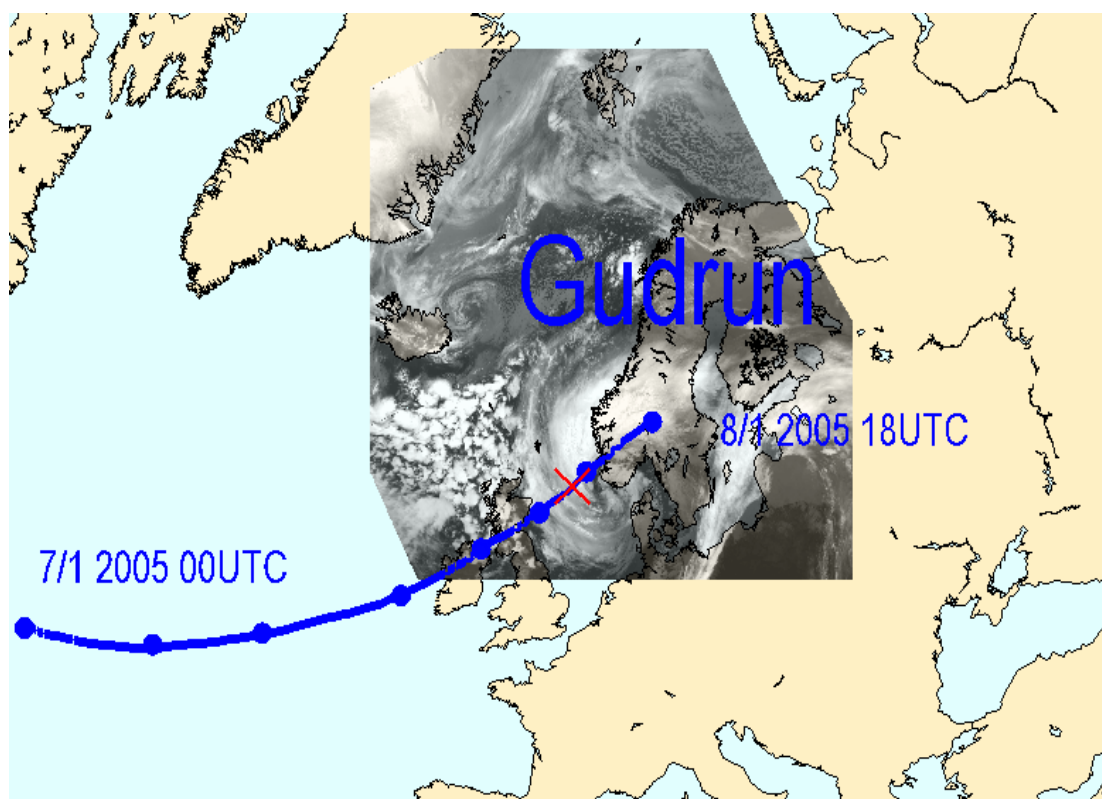


Fig. 3: Lavtrykksbane for stormen Gudrun som utviklet seg i perioden 7.-8. januar 2005. Punktene på den blå kurven angir lavtrykkscenterets posisjon for hver 6. time. Det røde krysset er lavtrykkscenterets posisjon til samme tid som satellittbildet er tatt: ca. kl.10 UTC 8. januar. Bildet i Fig.2 viser den samme stormen 7 timer tidligere. Stormen har gjennomgått en eksklposiv utvikling på bare 7 timer. Legg merke til at skysystemet nå er "rullet opp" rundt senteret, og at skyhatten ikke sees som et separat skysystem.

De fleste skadene forårsaket av stormen Inga, oppsto som en kombinasjon av uvanlig høy vannstand og høye bølger fra sørvest og vest mot den ytre kysten; lenger inne var skadene betydelig mindre. Signifikant bølgehøyde var omkring 11 meter (Gullfaks målte 11.3m). Det betyr at de høyeste bølgene inn mot kysten kan ha vært nærmere 20 meter. Vinden var også sterk fra en litt uvanlig retning (sørvest). I området innenfor den ytre kysten har det vært verre ved tidligere stormer, der det ikke var skader av betydning ytterst på kysten. Fjordstrøkene innenfor den ytre kysten er skjermet for havbølgene. Her skapes bølgene av vindforholdene i nærområdet, og en får i tillegg ekstra oppstuvning av vann i fjordstrøkene. Vinden var i dette tilfellet ikke helt ekstrem. Selv om alle fyrstasjonene hadde middelvind opp i 25-30 m/s, var vindfeltet over land så svekket at vinden på stasjonene våre innenfor den ytre kysten ikke kom over 20 m/s i middel og 30 m/s i kastene. Kvamsøy i Hardangerfjorden hadde riktignok 25 m/s i middelvind, men folk i området sier at det har vært betydelig verre flere ganger før de siste 10-20 årene.

Vindprognosene fra HIRLAM-modellen (10 km gridlengde) 1-2 døgn frem er sammenlignet med observasjoner fra tre steder: Ekofisk, Utsira og Strømtangen utenfor Fredrikstad; se fig. 5. Sammenligningen viser at vindprognosene er meget gode for alle tre stormene over hav (Ekofisk), mens det er noe større avvik nærmere land (Utsira og Strømtangen). Tidspunktet for den sterkeste vinden er varslet noen få timer feil, mens tidsvariasjonen i vindstyrken er godt varslet for alle tre stedene.

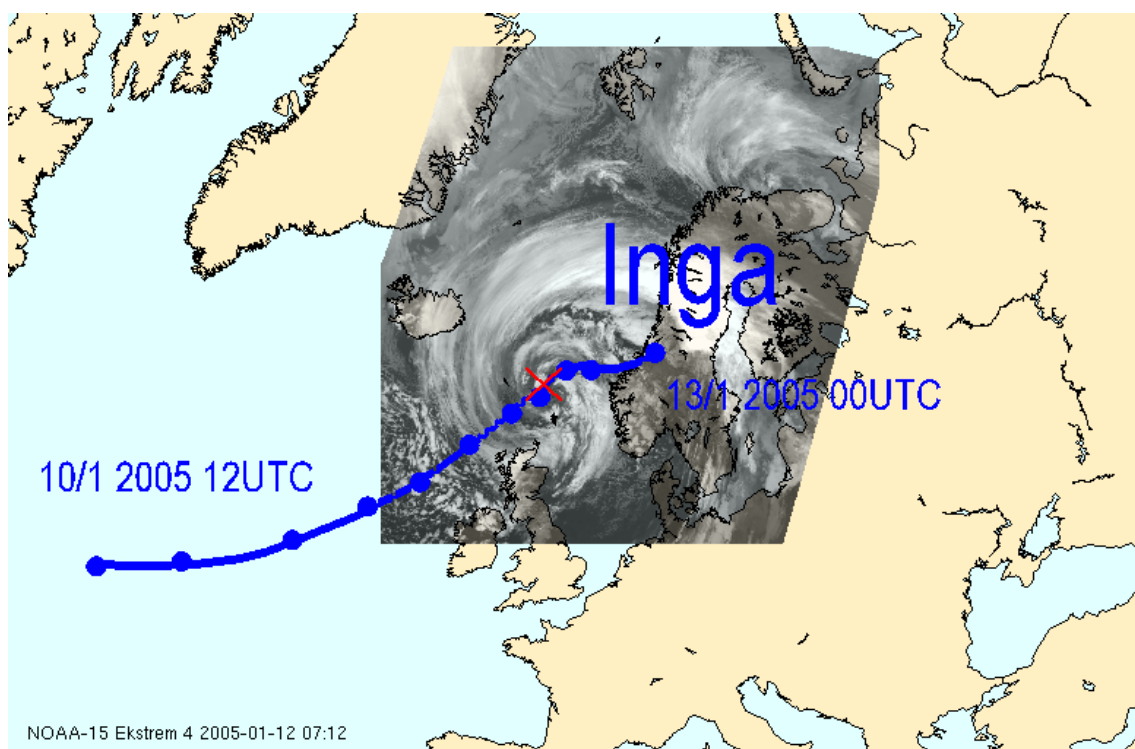
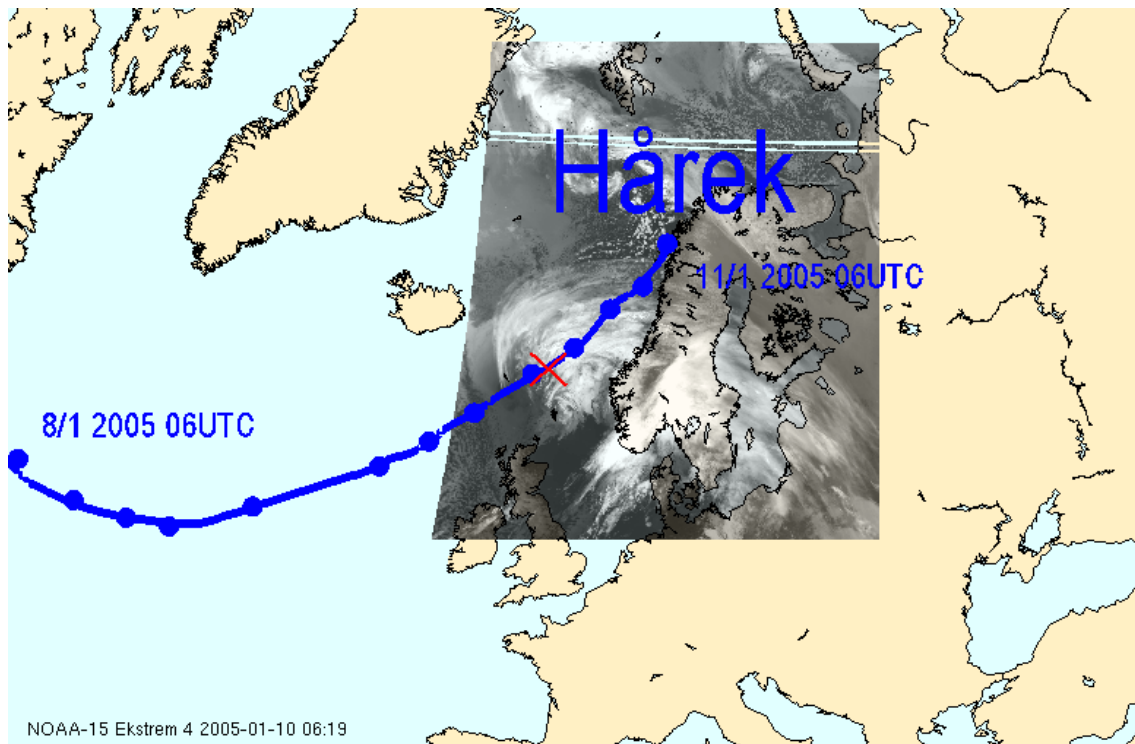


Fig. 4: Lavtrykksbane for stormen Hårek (øverst) og for Inga (nederst) som utviklet seg i perioden 10.-14. januar 2005. Punktene på den blå kurven angir lavtrykkssenterets posisjon for hver 6. time. Det røde krysset er lavtrykkssenterets posisjon til samme tid som satellittbildet er tatt.

Hvor gode kan stormvarslene bli?

Kvaliteten av varslingen er avhengig av at observasjonssystemene og værvarslingsmodellene vedlikeholdes og videreutvikles. Værtjenesten er storforbruker av datakraft, og fremgangen innen værvarsling henger nøye sammen med utviklingen av hurtige datamaskiner. Når værvarslingsmodellene skal dekke et stort område, er det foreløpig ikke nok datakraft til å bruke et beregningsgitter som gir god beskrivelse av terrenget i Sør-Norge. Terrenget har stor innvirkning på været og særlig på vinden lokalt. For at vi skal kunne beskrive terrenget så godt som mulig, gjør vi beregninger med UM- modellen (se foran) med et finere gitter som bare dekker Norge. Gitteret har 4km mellom beregningspunktene. UM4 km får ”været” inn fra sidene fra de andre modellene og har da mulighet til å beskrive terrenget lokalt og å beregne effekten av det.

I figur 5 c) ser vi 1-2 døgns vindprognoser for Strømtangen for stormene Gudrun, Hårek og Inga beregnet fra UM- modellen med det fineste beregningsgitteret. Observert vindstyrke er vist i figuren sammen med tilsvarende prognose fra HIRLAM-modellen (10 km gridlengde). Vi ser at UM4km er den modellen som varsler sterk nok maksimal vind for disse tre ekstreme stormene. Dette tilfellet er det beste vi har funnet for våre målepunkter, men det gjelder for hele Norge at UM4km gir de beste vindvarslene.

Dette er lovende resultater som viser at en kan komme langt ved å forbedre nøyaktigheten i modellene. Naturen er likevel ikke helt beregnelig, og de tekniske systemene vil aldri bli fullkomne. Meteorologenes kunnskap og overvåkning vil derfor alltid være viktig for å sikre et godt stormvarsel.

Mer informasjon på våre nettsider: <http://met.no>

Kontaktinformasjon:

- Seksjonsleder Knut Helge Midtbø, Meteorologisk institutt, tlf. 22 96 30 00
- Rådgiver Magne Lystad, Meteorologisk institutt, tlf. 22 96 30 00
- Statsmeteorolog Dag Kvamme, Meteorologisk institutt, Værvarslinga på Vestlandet, tlf. 55 23 66 00

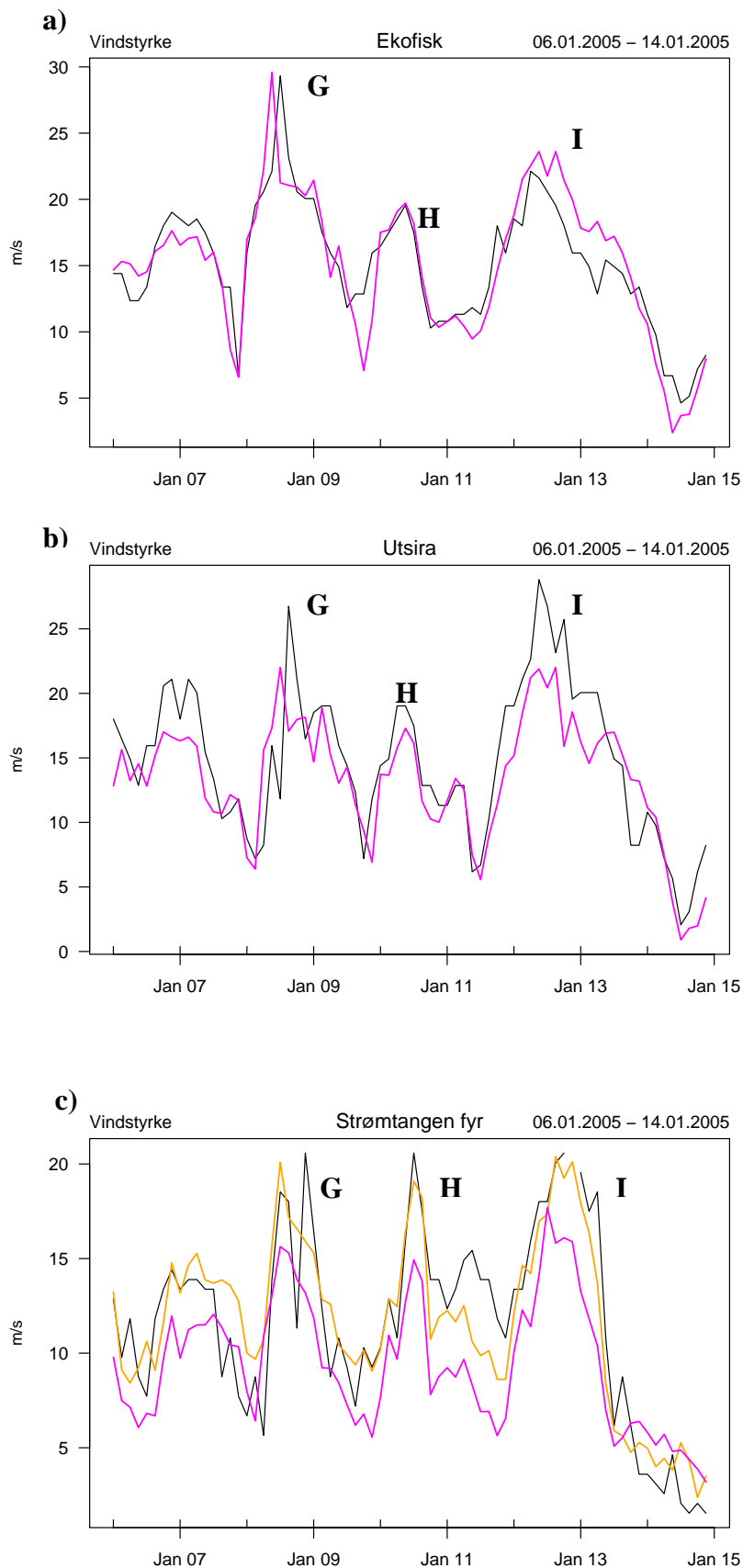


Fig. 5: En-to døgns prognoser av vindstyrke sammenlignet med observasjoner (sort kurve) for stedene a) Ekofisk, b) Utsira og c) Strømtangen fyr ved Fredrikstad. Prognosene er fra modellen HIRLAM 10km (rød kurve) og fra UM 4km (oransje kurve, fig. c). Den maksimale vinden er i forbindelse med passasje av stormene Gudrun (G), Hårek (H) og Inga (I).

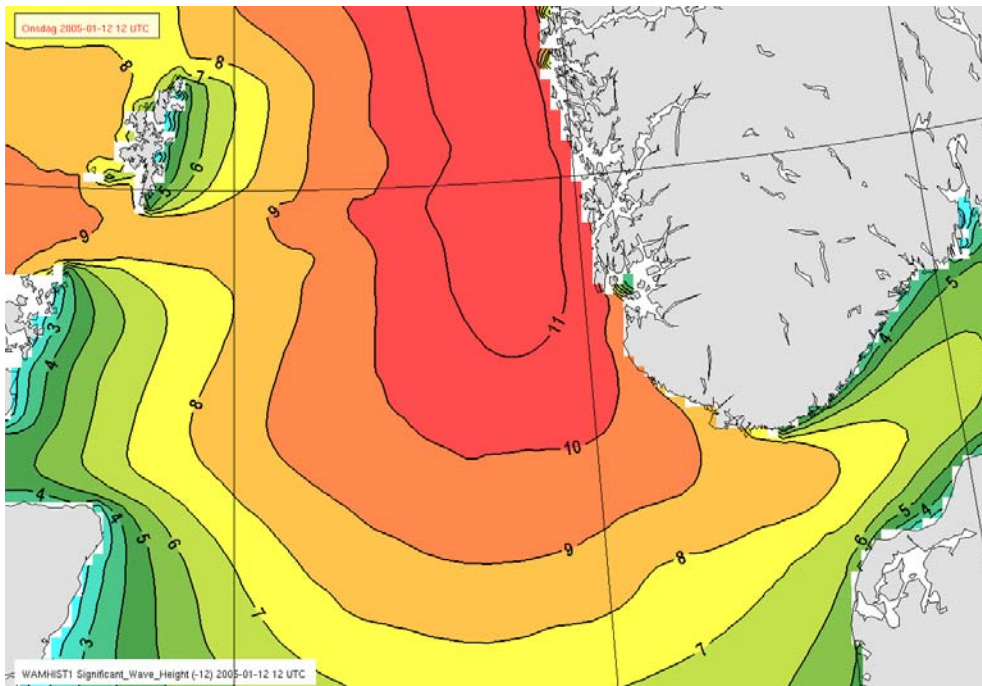


Fig. 6: Signifikant bølgehøyde (m) beregnet for kl. 12 UTC 12. januar 2005 i forbindelse med stormen Inga.

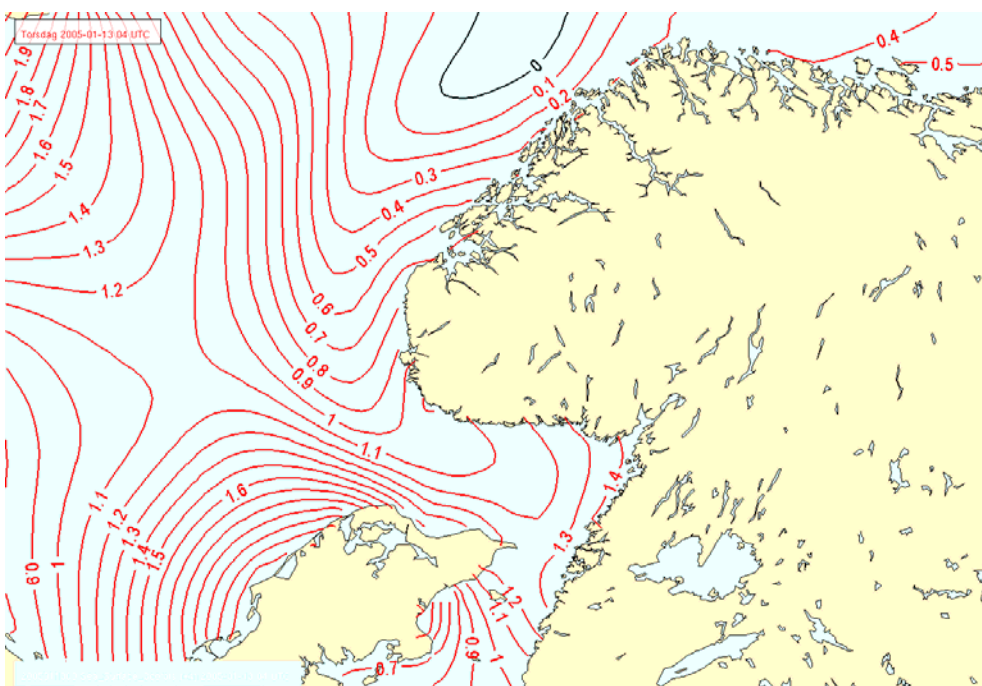


Fig. 7: Vannstand (stormflo og tidevann) beregnet for kl. 04 UTC 13. januar 2005 i forbindelse med stormen Inga.