

Analyse av værmessig tilgjengelighet på Gimsøy - revidert rapport

Jostein Mamen og Knut Harstveit



Fjellet Hoven på Gimsøy. Foto: Jostein Mamen, MET

MET report

| | |
|---|---|
| Title Analyse av værmessig tilgjengelighet på Gimsøy - revidert rapport | Date 09.07.2014 |
| Section Klima | Report no. 27/2014 revidert |
| Author(s) Jostein Mamen, MET og Knut Harstveit, Kjeller vindteknikk | Classification <input checked="" type="radio"/> Free <input type="radio"/> Restricted |
| Client(s) Avinor | Client's reference |

Abstract

Denne reviderte rapporten erstatter den foreløpige rapporten nr 17/2013. Det er analysert data for perioden 18. oktober 2012 - 28. februar 2014, dvs en 8 måneder lengre periode enn for den første rapporten. I tillegg er det foretatt langtidskorrigering av sidevind og sikt/skyhøyde ved å kjøre en meteorologisk finskala-modell, WRF-modellen, for perioden 2000-2013.

Analysen viser at hvis det ikke settes krav til sidevind, bare til sikt og skyhøyde, vil den værmessige tilgjengeligheten være 97 % som gjennomsnitt for perioden 2000-2013, mens den i 2013 var 98 %. Legger man til krav om at sidevinden skal være under 20 knop, reduseres tilgjengeligheten til 92 % som gjennomsnitt for 2000-2013, mot 94 % for 2013. Det enda strengere kravet, sidevind under 15 knop, reduserer tallene til hhv 83 % som gjennomsnitt for 2000-2013 og 86 % for 2013. Disse tallene er gjengitt i tabellen under. Dermed er konklusjonen at det er sidevind, og ikke sikt/skyforhold, som vil utgjøre det største problemet for en flyplass på Gimsøy.

| Periode | Sidevind <15.0 knop | Sidevind <20.0 knop | Ingen sidevindskrav |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 2013 | 86.4 % | 94.1 % | 98.0 % |
| 2000-2013 | 82.6 % | 91.8 % | 97.0 % |

Tabellen viser beregnet værmessig tilgjengelighet på en flyplass på Gimsøy med bane 230 grader, gitt minima på 219 FT på bane 05 og 851 FT på bane 23, med tillatt medvindskomponent på inntil 10 knop.

Keywords

Disciplinary signature

Responsible signature

Innhold

| | |
|--|-----------|
| 1 Innledning | 1 |
| 2 Værstasjonen | 2 |
| 2.1 Instrumenter | 2 |
| 3 Datainnsamling og kvalitetskontroll | 2 |
| 4 Resultater | 5 |
| 4.1 Sidevind | 5 |
| 4.2 Turbulens | 7 |
| 5 Langtidskorrigering av vind | 8 |
| 5.1 Kvantil regresjonsmetode (syntetisk tidsserier - ST) | 9 |
| 5.2 Sidevind | 11 |
| 6 Langtidskorrigering av sikt og lav skyhøyde | 12 |
| 7 Værmessig tilgjengelighet | 14 |
| 8 Konklusjon | 16 |

1 Innledning

MET har fått i oppdrag fra Avinor å utrede den værmessige tilgjengeligheten for en eventuell flyplass på Gimsøy i Lofoten. På figur 1 er Gimsøy markert med en rød pil. Flyplassen er tenkt plassert slik figur 2 viser, dvs delvis inn i det nordligste av de to verneområdene på øya. En befaring i området ble utført 14. februar 2013 av Knut Harstveit og Jostein Mamen. Sommeren 2013 ble det publisert en foreløpig rapport, der datagrunnlaget var perioden fra 18. oktober 2012 til 10. juni 2013. I den reviderte utgaven er det analysert data fram til 28. februar 2014.



Figur 1: Gimsøy i Lofoten er markert med rød pil



Figur 2: Den foreslåtte plasseringen av flyplassen.

2 Værstasjonen

En Vaisala AWS520 værstasjon ble montert på Storvadhaugen, 20 moh, i oktober 2012, rett øst for det nordligste verneområdet. Se figur 3. Selve målemasta, Vaisala DKP210AV, er vist på figur 4. Data har vært tilgjengelig fra og med 18. oktober 2012. Figur 5 viser værstasjonen med fjellet Hoven i bakgrunnen. Stasjonen rapporterer omkring 40 parametere med en tidsoppløsning på ett minutt. I figur 6 er system-oppsettet for stasjonen vist.

2.1 Instrumenter

AWS520 er beregnet på operativ bruk på flyplasser, og er oppsatt med instrumentene som er vist i tabell 1. (Se også figur 6)

| Instrument | Sensor |
|------------|---|
| WMT700 | Vaisala WINDCAP® Ultrasonic Wind Sensor |
| HMP155 | Vaisala HUMICAP® Humidity and Temperature Probe |
| PTB300 | Vaisala BAROCAP® Digital Barometer |
| RGI3 | Vaisala Precipitation Sensor |
| PWD22 | Vaisala Visibility and Present Weather Sensor |
| CL31 | Vaisala Ceilometer |

Tabell 1: Tabell over instrumentene på Vaisala AWS520

Værstasjonen har flere innebygde datakvalitetskontroller. Kommunikasjon mot brukere kan foregå på forskjellige måter, bl a ved standardene RS232 og RS485.

3 Datainnsamling og kvalitetskontroll

Stasjonen på Gimsøy har offisielt navn 86300 Gimsøy i MET sitt nasjonale stasjonsnummersystem. Værparameterene rapporteres hvert minutt. Data sendes over internett med FTP fra stasjonen til MET's FTP-server FOG. Datafilene overføres én gang per døgn. For å følge standard prosedyre for måling av middelvind, registreres også 10- og 2-minutters verdier for vindhastighet og vindretning. Vind-analysene bygger på disse 10-minuttersverdiene innhentet for minutt-tallene 00, 10, 20, 30, 40 og 50, i alt 144 verdier per døgn.

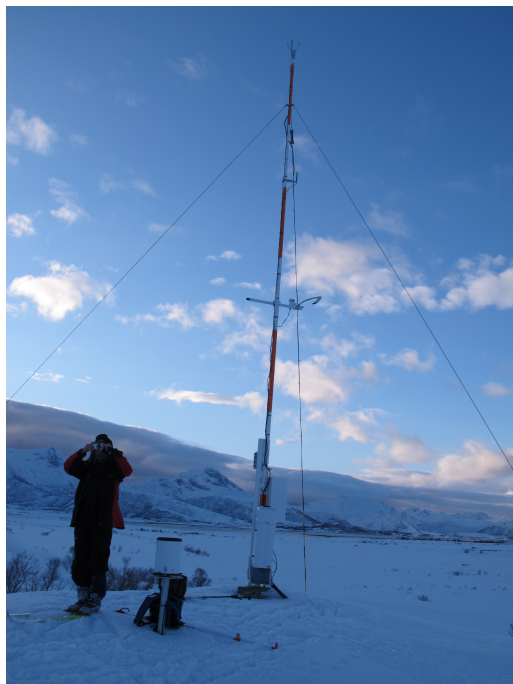
For perioden 18. oktober 2012 - 28. februar 2014 er datadekningen på 97,2 %. En oppsummeringsstatistikk for alle elementene har vist at dataene har god kvalitet, med

bare sporadiske forekomster av sterkt avvikende verdier.

Alle parameterene fra Gimsøy inngår i en database for kvalitetskontroll på MET. Det gjenstår litt arbeid med å gjøre den automatisk.



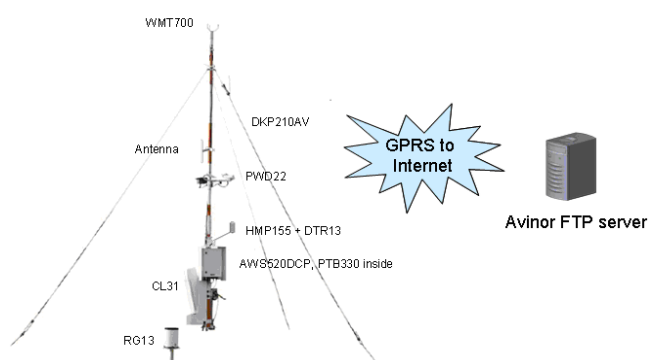
Figur 3: Figuren viser rullebanens og værstasjonens plassering.



Figur 4: Værstasjonen sett mot sørøst.



Figur 5: Værstasjonen sett mot vest med fjellet Hoven i bakgrunnen.



Figur 6: Oppsettet på værstasjonen Vaisala AWS520.

4 Resultater

4.1 Sidevind

Ved flygning angis sidevindkomponenten i knop. Sidevindskomponenten er da komponenten av vindvektoren normalt på baneretningen:

$$\beta_c(D) = \beta(D) * |\sin(230 - D)| \quad \text{lign. 1}$$

$$P(U_c > U_k; D) = P(D) * e^{-(U_k/\beta_c(D))^\alpha} \quad \text{lign. 2}$$

Her er $\beta(D)$ (kts) skalaparameteren i Weibullfordelingen for hver av de 12 sektorene, D. Denne er beregnet ut fra målinger på dagens målestasjon. $\beta_c(D)$ er komponenten av β normalt på en akse langs rullebanen (050 - 230°) i sektor D omregnet til knop. Det er så beregnet samlet frekvens av sidevind, $U_c > U_k$. Frekvensbidraget fra hver av sektorene, D beregnes da ved ligning 2 som prosentvis forekomst i sektoren, gitt som P(D) ganger relativ forekomst gitt ved Weibull-fordelingen. Sektorielt og samlet bidrag for ulike grenseverdier av U_k er gitt i tabell 2 for Gimsøy. Det må gjøres oppmerksom på at disse tall vil variere for “touch-down” ved de to bane-endene.

Som eksempel ser vi fra tabell 2 at det er en forekomst på 12.9 % av sidevind med vindhastighet over 15 knop og 4.6 % over 20 knop.

Tabell 2 viser også at vind fra 180° utgjør nesten halvparten av sidevindstilfellene, mens vind fra sørøst (120 - 150°) og nordvest til nord (330 - 360°) står for resten. På grunn av den bratte og ujevne topografien vil disse tallene kunne endre seg mot “touch-down” for bane 05 og 23.

Langtidskorrigerings av vind er beskrevet i kapittel 5.

| Sektor | >15.0 | >16.0 | >17.0 | >18.0 | >19.0 | >20.0 | >21.0 | >22.0 | >23.0 | >24.0 | >25.0 |
|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 360 | 0.8 % | 0.6 % | 0.5 % | 0.5 % | 0.4 % | 0.3 % | 0.3 % | 0.2 % | 0.2 % | 0.2 % | 0.1 % |
| 30 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 60 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 90 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 120 | 0.9 % | 0.7 % | 0.5 % | 0.4 % | 0.3 % | 0.3 % | 0.2 % | 0.2 % | 0.1 % | 0.1 % | 0.1 % |
| 150 | 2.4 % | 1.9 % | 1.5 % | 1.2 % | 1.0 % | 0.8 % | 0.6 % | 0.4 % | 0.3 % | 0.2 % | 0.2 % |
| 180 | 6.3 % | 5.4 % | 4.5 % | 3.7 % | 3.1 % | 2.4 % | 1.8 % | 1.4 % | 1.1 % | 0.8 % | 0.6 % |
| 210 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 240 | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 270 | 0.3 % | 0.2 % | 0.2 % | 0.1 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % | 0.0 % |
| 300 | 1.1 % | 0.9 % | 0.7 % | 0.6 % | 0.4 % | 0.3 % | 0.2 % | 0.1 % | 0.1 % | 0.1 % | 0.1 % |
| 330 | 1.2 % | 1.0 % | 0.9 % | 0.8 % | 0.6 % | 0.5 % | 0.5 % | 0.4 % | 0.3 % | 0.3 % | 0.2 % |
| SUM | 12.9% | 10.8 % | 8.9 % | 7.3 % | 5.9 % | 4.6 % | 3.6 % | 2.8 % | 2.2 % | 1.6 % | 1.2 % |

Tabell 2: Tabell over målte sidevindskomponenter av middelvind [knop], gitt som frekvens over gitte grenser i 12 sektorer [°], samt samlet forekomst, ved målestasjonen på Gimsøy for perioden 18.10.2012 - 28.02.2014. Sidevindskomponenten er beregnet i forhold til akse 050 - 230°.

4.2 Turbulens

Vinden er aldri helt jevn. Graden av ujevnhet kan knyttes til “turbulent kinetisk energi” (TKE) og “Energy Dissipation Rate” (EDR). Sistnevnte er et mål på den kontinuerlige om-danningen av kinetisk energi til laminær energi. EDR øker med TKE. $EDR^{1/3}$ benyttes av ICAO. Den kan lett måles på sensorer som moderne, større trafikkfly er utrustet med. Videre er den også proporsjonal med lastvirkningen turbulensen får på flyet, og kan derved tallfestes som kriterier for *lett* ($EDR^{1/3}=0.1 - 0.4$), *moderat* ($0.4 - 0.7$) og *sterk* (>0.7) turbulens. Dette har relevans for inn og ut-flygningsbanene og er ikke direkte koblet til vindmålingene på stedet. Slike forhold bør undersøkes ved modellkjøring/lidarmålinger.

For selve landingen er forskjellen mellom vindkast og middelvind målt på vindmåleren på plassen mer relevant. $U_g - U_m > x$ kts viser prosentvis forekomst av tilfelle der forskjellen mellom 10 minutters middelvind, U_m , og største vindkast innenfor samme 10 minutters periode, U_g , overstiger 10, 15 og 20 knop.

$U_g - U_m$ er direkte koblet til standardavviket (σ_u) av innsamlede sekunddata, og til turbulent kinetisk energi. Dess høyere verdi, dess mer problematiske landingsforhold. Formelen er gitt ved $\sigma_u = (U_g - U_m)/2.6$. Tabell 3 viser hvilke sektorer som har mest turbulens på målemasten på Gimsøy. De tre kolonnene med $U_g - U_m > x$ kts viser prosentvis forekomst av tilfelle der forskjellen mellom 10 minutters middelvind, U_m , og største vindkast innenfor samme 10 minutters periode, U_g , overstiger 10, 15 og 20 knop.

Bemerk at for landinger i sterke byggesituasjoner eller nær bratt terreng kan det også være utfordringer knyttet til spesielle vertikale vinder eller vindskjær som bare delvis er dekket av $U_g - U_m$ -kriteriet.

Tabell 3 viser at det er klart mest vind fra sør, men slik vind oppleves sjelden som svært turbulent, unntatt ved meget sterk vind. Den sterkeste turbulensen kommer fra sektor 300° , og har sammenheng med passasje av fjellet Hoven. Også vind fra sørøst (120°) kan bli svært turbulent. Begge disse retningene kommer på tvers av banen. Da statistikken gjelder målestasjonen, og fjellformasjonene som skaper turbulensen er bratte og varierende, er det sannsynlig at forholdene ved “touch-down” for bane 05 og 23 kan variere fra tabell 3. Likeledes kan det være helt andre forhold ved innflygningstraséene. Det utvidete måleprogrammet, med vindmålinger nær begge tersklene, vil kunne studere disse forholdene nærmere.

| Sektor | N | U_m (kts) | $U_g - U_m$ >10 kts | $U_g - U_m$ >15 kts | $U_g - U_m$ >20 kts | σ_u [kts] |
|---------------|----------------|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| 360 | 7.6 % | 9.61 | 0.2% | 0.0% | 0.0 % | 1.37 |
| 30 | 6.0 % | 7.95 | 0.0% | 0.0% | 0.0 % | 1.12 |
| 60 | 3.1 % | 6.41 | 0.1% | 0.0% | 0.0 % | 1.38 |
| 90 | 2.4 % | 6.72 | 0.4% | 0.1% | 0.0 % | 2.25 |
| 120 | 5.6 % | 9.83 | 1.2% | 0.2% | 0.0 % | 2.76 |
| 150 | 11.0% | 11.09 | 1.3% | 0.2% | 0.0 % | 2.33 |
| 180 | 32.0% | 12.36 | 2.4% | 0.4% | 0.0 % | 1.86 |
| 210 | 13.4% | 6.70 | 0.2% | 0.0% | 0.0 % | 0.97 |
| 240 | 5.0 % | 6.90 | 0.5% | 0.2% | 0.1 % | 1.46 |
| 270 | 3.9 % | 10.21 | 0.7% | 0.2% | 0.1 % | 2.19 |
| 300 | 4.9 % | 10.51 | 1.2% | 0.4% | 0.1 % | 2.76 |
| 330 | 5.1 % | 10.19 | 0.3% | 0.1% | 0.0 % | 1.69 |
| Totalt | 100.0 % | 9.97 | 8.6% | 1.8 % | 0.3 % | 1.78 |

Tabell 3: Vind- og turbulensfordeling for de ulike sektorene på Gimsøy for perioden 18.10.2012 - 28.02.2014.

5 Langtidskorrigerings av vind

I et prosjekt har man kan hende bare ett eller to år med vindmålinger. En såpass kort måleserie er ikke nødvendigvis representativ for vindforholdene på stedet, da f eks en bestemt vindretning kan ha forekommet unormalt ofte i perioden. For å undersøke om vinden i måleserien er representativ, bruker man en såkalt finskala-modell. I dette prosjektet har man brukt WRF-modellen. En nærmere beskrivelse av denne finnes i Appendiks B. De viktigste inngangsparametrene i modellen er geografiske og meteorologiske. De geografiske dataene er fra National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), og inkluderer topografi og albedo (refleksjonsevne). Vegetasjon og overflatedata er hentet fra N50-kartgrunnet. Disse parametrene er spesielt viktig for vindhastighetene i beregningslagene nærmest bakken. Meteorologiske data brukes som grensebetingelser. Globale meteorologiske data med oppløsning på 1 grad og seks timer er gitt fra National Centers for Environmental Protection (NCEP). Data fra NCEP tar utgangspunkt i Final Global Data Assimilation System (FNL). Det globale meteorologiske datasettet består av mange observasjoner, både fra værstasjoner på bakkenivå, vertikalprofilmålinger basert på ra-

diosonder, luftfartøy og satellitter. Alle observasjonene samles i modellen, og man oppnår da et godt bilde av situasjonen i atmosfæren fire ganger per døgn. WRF-dataene dekker perioden 1.1.2000 - 31.12.2013. Ruhetsdata har vært oppdatert ved bruk av N50-data. Oppsettet for simuleringen som dekker Norge har en horisontal oppløsning på 4km x 4km, dvs 4 km mellom hvert gitterpunkt. Det er tatt ut vinddata for de 4 nærmeste gridpunktene til Gimsøy i 10 m høyde over modellterrenget. Disse sammenliknes med de virkelige målingene på målestedet for den samme perioden. Forskjellene som kommer fram kan brukes til å konstruere en såkalt syntetisk serie for målestedet, for hele perioden finskalamodellen har data, dvs 2000-2013. Metoden er forklart mer utførlig i neste avsnitt.

5.1 Kvantil regresjonsmetode (syntetisk tidsserier - ST)

Vi beskriver her metoden som benyttes for å korrigere frekvensfordelingen i en kort måleserie slik at den representerer klimaet i en langtidsserie. Dette er vesentlig for å fjerne tilfeldighetene i den korte måleserien.

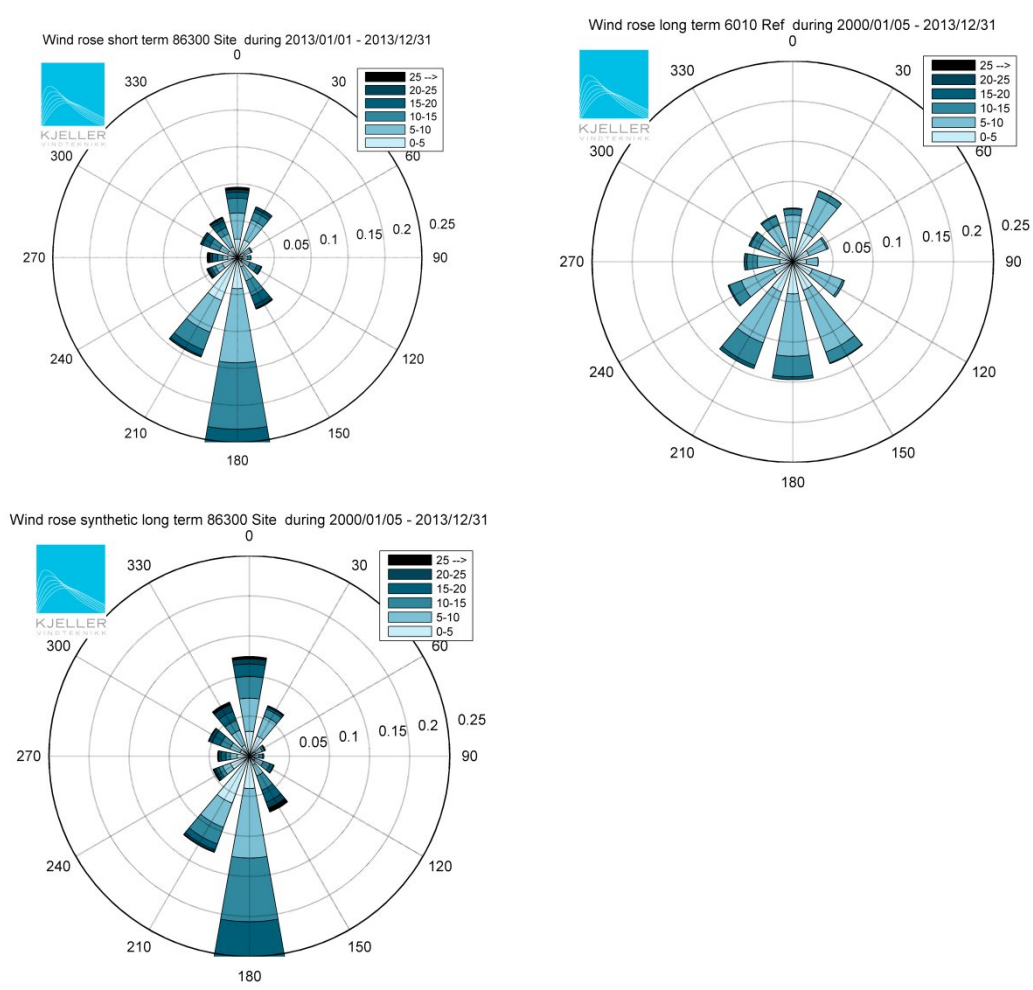
Den kvantile regresjonsmetoden etablerer separate relasjoner mellom to parametre i hver kvantil av to undergrupper. For eksempel kan vindretningen i to datasett deles i N undergrupper ("sektorer") med identisk antall observasjoner i hver undergruppe. For hver undergruppe beregnes overføringskoeffisienten for m - kvantiler, $m = 1, \dots, M$ mellom de to datasettene. Metoden er testet for $N = 12$ og $m = 10$, men i et senere prosjekt skal det søkes etter optimale verdier av $M-N$ parene. Mer teori kan finnes i Koenker et. al., 2001 [1]. Metoden er lagt til rette for vindserier og implementert på Kjeller Vindteknikk av Ove Undheim.

For alle tidspunktene som benyttes skal det eksistere både prosjektdata og referanse-data. Men datasettene sorteres individuelt etter vindretning, slik at kravet om samtidighet da forlates. Retningsendringen mellom datasettene i trinn på 1° er så etablert. Referanse-datasettet er så retningsendret etter denne differensen. For å få en syntetisk tidsserie (ST) er så vindhastigheten multiplisert med overførings-faktoren fra 12×10 matrisen.

Metodikken egner seg godt til langtidsestimering av vindhastighet, selv om en sector-bin metode [2] har vist seg enda litt bedre [3]. For oppgaver der det er nyttig å kjenne hele dataserien for postprosseringer kan imidlertid ikke sector-bin metoden benyttes, mens metoden med syntetiske beregninger er velegnet.

Figur 7 viser tre vindroser. Øverst til venstre er en vindrose for 2013 basert på måleserien fra Gimsøy. Øverst til høyre er vindrosen fra WRF-modellen for gjennomsnittet av de fire nærmeste grid-punktene til Gimsøy for årene 2000-2013. Disse er forskjellige både for-

di de dekker forskjellige tidsperioder, men også fordi modellen ikke klarer å gjengi terrenget riktig. Derfor ser vi ikke den kanaliseringen som terrenget på Gimsøy gir, med klart størst hyppighet av vind omkring sør. Nederst på figuren er det en vindrose for den syntetiske serien for Gimsøy for årene 2000-2013. Den er et "beste estimat" på vindforholdene på Gimsøy i denne perioden, der sammenlikning av den felles perioden med både målinger og modelldata, nemlig hele 2013, gjør at man kan justere modelldataene for hele perioden 2000-2013, og dermed få en så riktig dataserie som mulig. Vi ser tydelig at kanaliseringen med vind omkring sør opptrer i den syntetiske serien. Dessuten er vindhastigheten litt høyere i langtidsserien enn i 2013.



Figur 7: Vindrose for 2013 basert på målingene på Gimsøy (øverst, venstre), for WRF-modellen 2000 -2013, gjennomsnitt for de fire nærmeste punktene til Gimsøy (øverst, høyre) og for den syntetiske langtidsserien gyldige for målestedet (nederst)

5.2 Sidevind

Vi benytter nå det syntetiske datasettet til å beregne sidevind etter metodikken vist i kapittel 4.1 på side 5.

Tabell 4 viser forekomst av sidevind over visse grenser for en bane med 230 graders orientering for den syntetiske serien for 2013 og for måledataene for 2013. Vi ser at tilpasningen er meget god. Det er en svak underestimering (0.2-0.3 knop) av den syntetiske serien. Tabell 5 viser variasjonene for årene 2000 til 2013 i den syntetiske serien. De tre kolonnene lengst til høyre viser hhv gjennomsnittet for hele perioden, samt gjennomsnittet for vinter- og sommerhalvåret.

Vi ser tydelig at 2013 har vært et rolig vindår, vi må tilbake til 2002 for å finne et roligere år. Forekomst av sidevind over 15 knop ligger på 12.8 % i 2013 og øker til 16.4 % for langtidsperioden, mens forekomst over 20 knop ligger tilsvarende på 4.7 og 6.5 %.

| V | 2013 syntetisk | 2013 målt |
|-----|----------------|-----------|
| >10 | 28.5% | 29.2% |
| >11 | 24.9% | 25.4% |
| >12 | 21.4% | 21.8% |
| >13 | 17.9% | 18.7% |
| >14 | 15.1% | 15.9% |
| >15 | 12.8% | 13.3% |
| >16 | 10.6% | 11.1% |
| >17 | 8.6% | 9.2% |
| >18 | 7.2% | 7.5% |
| >19 | 6.1% | 6.1% |
| >20 | 4.7% | 4.8% |
| >21 | 3.6% | 3.8% |
| >22 | 2.6% | 2.9% |
| >23 | 2.% | 2.3% |
| >24 | 1.6% | 1.7% |
| >25 | 1.2% | 1.3% |

Tabell 4: Forekomst av sidevind over V [knop] for 2013, fra syntetisk serie og fra måleserie

| V | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2000-2013 | Nov-mars | April-oktober |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|----------|---------------|
| >10 | 34 | 29 | 27.6 | 33.2 | 31.8 | 34.4 | 33 | 33.5 | 33.5 | 34.5 | 28.7 | 36.8 | 34.5 | 28.5 | 32.4 | 36.8 | 29.2 |
| >11 | 30.3 | 25.3 | 24.1 | 29.9 | 27.9 | 31.2 | 29.3 | 30.2 | 29.5 | 30.8 | 25.5 | 33.2 | 31.1 | 24.9 | 28.8 | 33.6 | 25.4 |
| >12 | 26.5 | 21.4 | 20.9 | 26.2 | 24.5 | 27.7 | 25.6 | 26.3 | 26.1 | 27.3 | 22.2 | 29.8 | 27.7 | 21.4 | 25.3 | 30.4 | 21.7 |
| >13 | 23 | 17.9 | 17.6 | 22.6 | 20.9 | 24 | 22 | 22.7 | 22.2 | 23.2 | 19 | 26.6 | 23.7 | 17.9 | 21.7 | 27.0 | 17.9 |
| >14 | 19.9 | 15.1 | 14.8 | 19.9 | 18 | 21.5 | 19.3 | 19.9 | 19.5 | 20 | 16.2 | 23.8 | 20.8 | 15.1 | 18.8 | 24.2 | 15.0 |
| >15 | 17.3 | 12.9 | 12.2 | 17.4 | 15.5 | 19.1 | 16.8 | 17.3 | 17.1 | 17.4 | 14.1 | 21.3 | 18.2 | 12.8 | 16.4 | 21.6 | 12.7 |
| >16 | 14.5 | 10.7 | 9.8 | 14.9 | 13.3 | 16.8 | 14.6 | 14.4 | 15.1 | 15.1 | 12.1 | 19 | 15.6 | 10.6 | 14 | 19.1 | 10.4 |
| >17 | 12 | 8.8 | 7.7 | 12.8 | 10.9 | 14.2 | 12.4 | 11.8 | 13.2 | 12.1 | 10.1 | 16.2 | 12.9 | 8.6 | 11.7 | 16.5 | 8.3 |
| >18 | 9.7 | 7.1 | 6.1 | 10.9 | 9.3 | 12 | 10.5 | 9.8 | 11.3 | 9.7 | 8.3 | 13.6 | 10.5 | 7.2 | 9.7 | 14.0 | 6.7 |
| >19 | 8 | 6 | 5 | 9.1 | 8 | 10.1 | 9.2 | 8.3 | 9.6 | 7.9 | 6.9 | 11.5 | 8.6 | 6.1 | 8.2 | 12.1 | 5.4 |
| >20 | 6.2 | 4.7 | 3.8 | 7.2 | 6.7 | 8.2 | 7.9 | 6.4 | 7.7 | 6.3 | 5.5 | 9.4 | 6.9 | 4.7 | 6.5 | 10.0 | 4.1 |
| >21 | 4.8 | 3.8 | 3.1 | 5.7 | 5.8 | 6.5 | 6.7 | 5.2 | 6.3 | 5.1 | 4.4 | 7.8 | 5.7 | 3.6 | 5.3 | 8.4 | 3.2 |
| >22 | 3.6 | 3 | 2.3 | 4.3 | 4.9 | 5 | 5.7 | 4.1 | 4.8 | 3.8 | 3.1 | 6.3 | 4.6 | 2.6 | 4.2 | 6.9 | 2.3 |
| >23 | 2.7 | 2.4 | 1.8 | 3.6 | 4.1 | 4.2 | 4.9 | 3.4 | 3.6 | 2.9 | 2.2 | 5 | 3.8 | 2 | 3.3 | 5.6 | 1.7 |
| >24 | 2.1 | 2 | 1.4 | 2.9 | 3.3 | 3.2 | 4 | 2.5 | 2.7 | 2.3 | 1.6 | 4.2 | 2.9 | 1.6 | 2.6 | 4.5 | 1.3 |
| >25 | 1.5 | 1.6 | 1.1 | 2.2 | 2.7 | 2.6 | 3.4 | 1.9 | 2.1 | 1.8 | 1.2 | 3.5 | 2.4 | 1.2 | 2.1 | 3.6 | 1.0 |

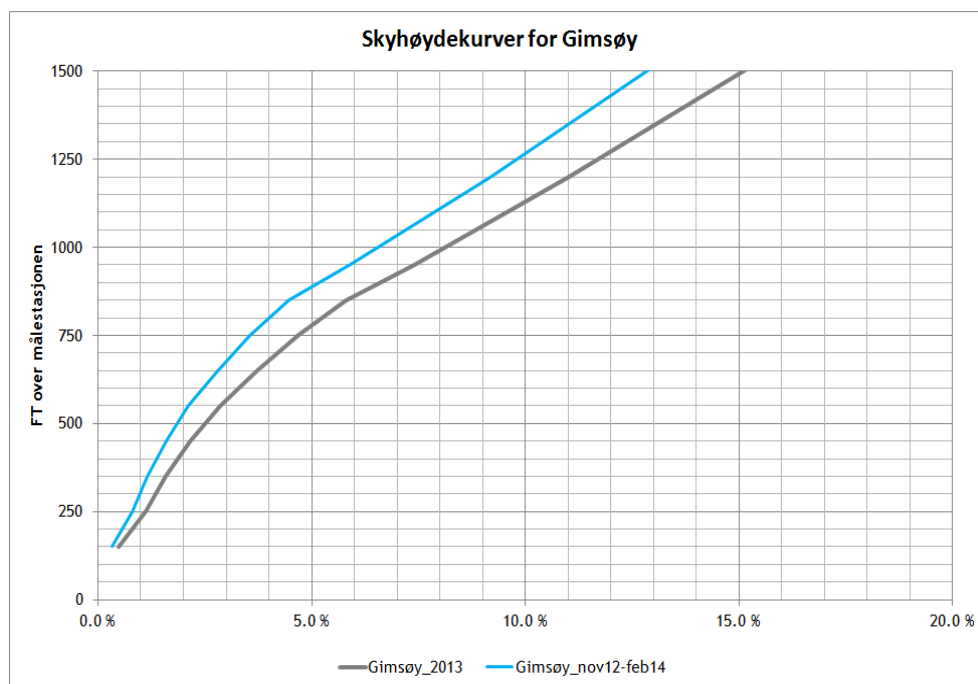
Tabell 5: Forekomst [%] av sidevind over V [knop] for 2000 til 2013, fra syntetisk serie

6 Langtidskorrigerings av sikt og lav skyhøyde

En meget viktig informasjonen for planlegging av en flyplass er knyttet til begrepet "værmessig tilgjengelighet". Når bakkekontakt like før landing ikke kan oppnås, skal flygningen avbrytes. Hvilke høyder og distanser som er minimumskrav for visuell bakkekontakt på den enkelte flyplass, avhenger av terreng, instrumentering på flyplassen og andre krav knyttet til bruk av flyplassen. På en flyplass på Gimsøy har Avinor angitt 219 FT for bane 05 og 851 FT for bane 23. I figur 9 kan det leses av frekvenser av slik kriteria, og også andre mulige minima ved eventuell revidering av minima senere. Vi har også tatt med bidrag for horisontal sikt når denne er lavere enn 300 m, hvilket røft sett svarer til en rullebanesikt på 550 m. Dette forekom i 0.2 % av tida i 2013, men 86 % disse tilfellene var inkludert i lav vertikalsikt/lav skyhøyde. Økes kravet til 500 m horisontal sikt går prosentdelen marginalt opp (fra 0.2 til 0.3 %), mens 64 % av disse er også nå inkludert i vertikalsikt/lav skyhøyde. I videre analyse ser vi derfor bort fra bidragene fra horisontal sikt.

Dataserien fra Gimsøy viser tidvis både lav skyhøyde (parameter HL gir høyden av laveste skybasis) og vertikal sikt (parameter VZ). I slike tilfelle er laveste verdi benyttet. Men det er da en betingelse på laveste skyhøyde: Det skal være minst 5/8 av himmelen som er dekket av dette skylaget. Instrument og oppsett på Gimsøy gir ut en AUTO-METAR og optellingen er gjort etter standard prosedyre, se Appendiks A.

Figur 8 viser at det i 2013 var ca 1 % av tida skybasis under 219 FT og ca. 6 % av tida



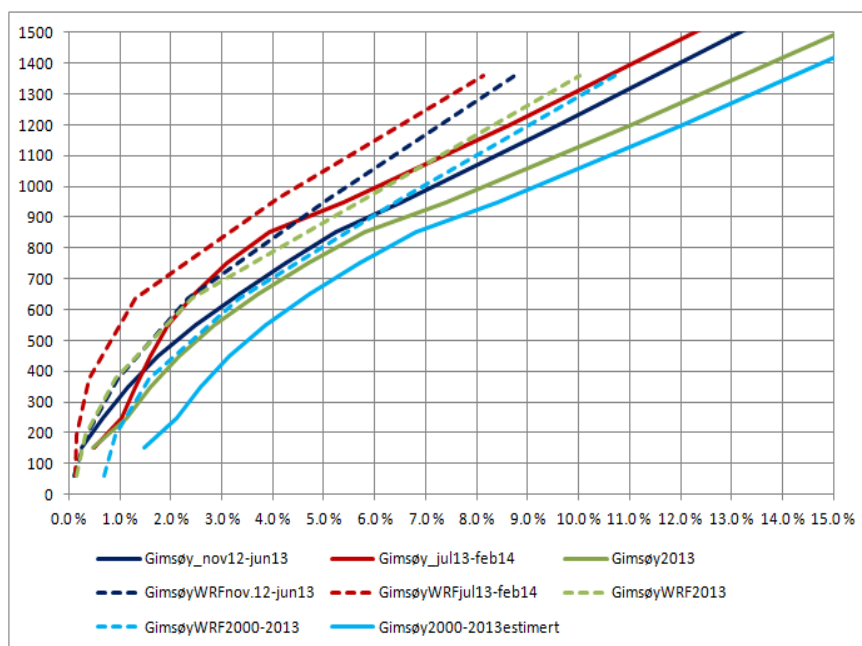
Figur 8: Skyhøydekurver for perioden Nov 2012 til Feb 2014, samt for året 2013 på Gimsøy.

skybasis under 851 FT.

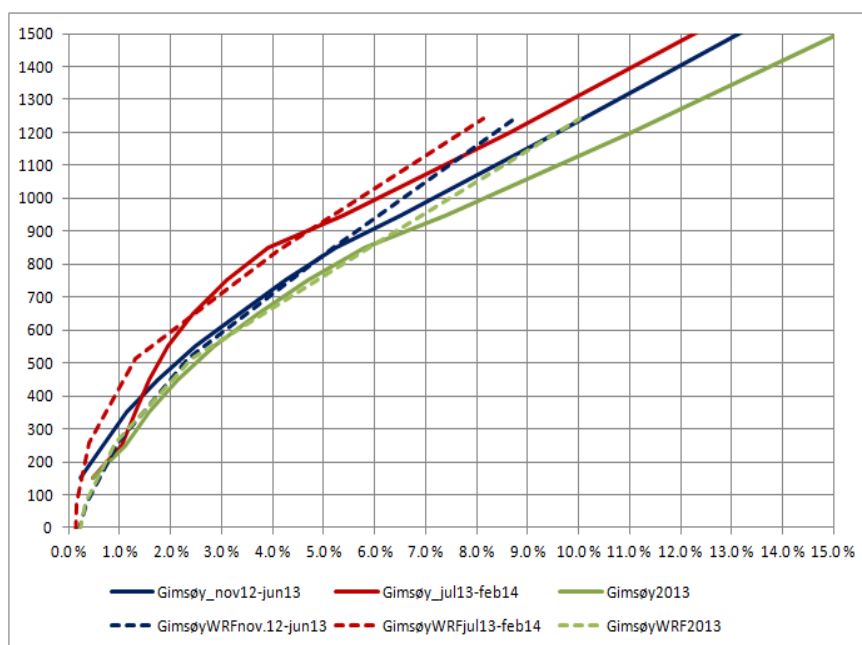
Langtidsestimering kan gjøres mot Leknes lufthavn eller mot WRF modelldata fra Gimsøy. I WRF 4 km x 4 km modell får vi informasjon fra 6 lag under 1500 FT om det er skyer eller ikke i disse lagene. Da det er trykkflater som ligger til grunn, varierer høyden noe fra time til time. I snitt er informasjonen fra lagene 62, 193, 277, 636, 961 og 1361 FT over flyplassnivået. Det er noe tvil om disse representerer skybasen. Det er også helt klart at med glatting av fjellene vil ikke modellert skybasis svare til reell skybasis på Gimsøy. Men det kan være god grunn til å tro at skyforholdene i modelldataene og for Gimsøy varierer i takt, i alle fall når vi tar noen måneders midlingstid og sammenligner. For å studere dette har vi delt datamaterialer i to deler. Perioden november 2012 til juni 2013 og juli 2013 til februar 2014. Mars er utelatt på grunn av mye mangler i datasettet for Gimsøy. I tillegg har vi plottet opp 2013 siden hele år er greiest å langtidskorrigere.

Figur 9 viser resultatet. Her ser vi at kurvene for modell og observasjon følger hverandre godt. Det blir meget god samstemmighet under 1000 FT dersom modellhøyden justeres med 120 FT (Figur 10).

Dette viser at WRF-modellen egner seg godt som referanse. I Figur 9 har vi så justert 2013-kurven i forhold til langtidskurven på 2000 til 2013 på WRF, og får estimert langtidskurve for Gimsøy målestasjon (heltrukken lys blå kurve). Langtidsjusterte verdier for 219 og 851 FT blir da 1.9 % og 6.8 %.



Figur 9: Skyhøydekurver for perioden Nov 2012 til Feb 2014, samt for året 2013 på Gimsøy.



Figur 10: Skyhøydekurver for perioden Nov 2012 til Feb 2014, samt for året 2013 på Gimsøy. Skyhøyden for modelldata er nå senket med 120 FT

7 Værmessig tilgjengelighet

Forutsetningene som ligger til grunn her er at bane 05 har vertikal siktbegrensing på 219 FT og bane 23 har 851 FT. Det tillates inntil 10.0 knops medvind, hvilket medfører at bane

05 vil brukes i en stor del av tida med lavt skydekke. Det er også krav til rullebanesikt, her uttrykt ved meteorologisk horisontal sikt under 300 og 500 m.

I tillegg kommer det krav om sidevind. Det benyttes her to valgmuligheter, sidevindskomponent maksimalt 15.0 knop og maksimalt 20.0 knop.

Dersom det ikke hadde vært noe krav til sidevind, ville utilgjengeligheten vært 2.0 %, dvs flyplassen ville hatt en værmessig tilgjengelighet på 98 % i 2013. Den gode tilgjengeligheten i slike tilfelle skyldes at bane 05 kan brukes når medvindskomponenten fra 230 grader er under 10 knop.

I 2013 var det 12.8 % av tida med sidevind over 15.0 knop og 4.7 % av tida med sidevind over 20.0 knop. Dette viser at det er kravet om sidevind som er den viktigste begrensningen for flygning på en flyplass på Gimsøy.

Siden sidevindskomponenten er det største bidraget til værmessig utilgjengelighet, tar vi utgangspunkt i denne beregningen, og legger til de tilfelle der sidevindkravet er oppfylt, mens siktkravene gjør at flyplassen fortsatt er utilgjengelig. I 2013 var det 12.8 % sidevind over 15.0 knop og 4.7 % over 20.0 knop. Når sidevinden er mindre enn 15.0 knop (eller <20.0 knop) vil også tilfelle med vertikal sikt/skyhøyde under 219 FT bidra til begrensningen. I 2013 var dette tillegget på 0.6 %, tilnærmet uavhengig av sidevindskravet. Ved fortsatt gunstig sidevind, har vi også begrensning ved sikt/skyhøyde mellom 219 og 851 FT, gitt at medvinds-komponenten fra 230 grader er større enn 10.0 knop. Dette blir på bare 0.2 % ved begrensning på 15 knop, men øker til 0.6 % ved begrensning på 20 knop. Totalt sett gir dette et tillegg på 1.2 og 0.8 % og viser tydelig at det er sidevindsbegrensningen som er hovedproblemet på flyplassen.

Analysen viser at året 2013 er gunstigere, både for sidevind og for sikt/skyhøyde, enn en langtidsperiode. Normalårskorrigeringer er gjort for begge kategorier. Men det er vanskeligere å normalårskorrigere kombinasjonene. Vi gjør derfor en forenkling, vi sier at de følger samme prosentvise endring som sidevindsbidraget, og øker derfor til $0.8\% * 16.4/12.8 = 1.0\%$ og $1.2\% * 6.5/4.7 = 1.7\%$.

Dette medfører at estimert værmessig tilgjengelighet er på 83 % for en langtidsperiode gitt sidevindsbegrensning på 15 knop og 92 % gitt begrensning på 20 knop. Se tabell 6.

I og med at det er sidevinden som er hovedproblemet, er det naturlig å spørre om en endring av rullebaneretningen vil gi økt tilgjengelighet. Dessverre viser det seg at andre retninger vil gi høyere minimumskrav ved innflyvning, slik at dette ikke er en aktuell problemstilling.

| Periode | Sidevind <15.0 knop | Sidevind <20.0 knop | Ingen sidevindskrav |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 2013 | 86.4 % | 94.1 % | 98.0 % |
| 2000-2013 | 82.6 % | 91.8 % | 97.0 % |

Tabell 6: Beregnet værmessig tilgjengelighet på en flyplass på Gimsøy med bane 230 grader, gitt minima på 219 FT på bane 05 og 851 FT på bane 23, med tillatt medvindskomponent på inntil 10 knop.

8 Konklusjon

I denne reviderte rapporten er det analysert data for perioden 18. oktober 2012 - 28. februar 2014, dvs en 8 måneder lengre periode enn for den første rapporten. I tillegg er det foretatt langtidskorrigering av sidevind og sikt/skyhøyde ved å kjøre en meteorologisk finskala-modell, WRF-modellen, for perioden 2000-2013.

Analysen viser at hvis det ikke settes krav til sidevind, bare til sikt og skyhøyde, vil den værmessige tilgjengeligheten være 97 % som gjennomsnitt for perioden 2000-2013, mens den i 2013 var 98 %. Legger man til krav om at sidevinden skal være under 20 knop, reduseres tilgjengeligheten til 92 % som gjennomsnitt for 2000-2013, mot 94 % for 2013. Det enda strengere kravet, sidevind under 15 knop, reduserer tallene til hhv 83 % som gjennomsnitt for 2000-2013 og 86 % for 2013. Dermed er konklusjonen at det er sidevind, og ikke sikt/skyforhold, som vil utgjøre det største problemet for en flyplass på Gimsøy.

Referanser

1. Koenker, R. and Hallock, K. (2001). "Quantile regression", *Journal of Economic Perspectives* 15, 143-156.
2. K. Harstveit, "Estimating long-term wind distribution from short-term data set using a reference station", *European Wind Energy Conference, EWEC, London, 22-25 November 2004*
3. Liléo S, Berge E, Undheim O, Klinkert R and Bredesen RE, "Long-term correction of wind measurements. State-of-the-art guidelines and future work", *Elforsk report, 13:18, 2013*

Appendiks A

Om instrumentelle skyobservasjoner og METAR - prosessering fra flyplasser

Det vil alltid knyttes en viss usikkerhet til skyhøydebestemmelsen fordi skybasis ikke er en skarp grenseflate, men en gradvis overgang fra dråpefri luft til skyluft. Identifikasjon av skybasis skjer da ved at mottatt informasjon fra skyhøydemåleren går gjennom et dataprogram som beregner skybasis med oppløsning på 10 meter (30.48 FT). Når skybasis nærmer seg bakken vil det bli vanskelig å definere skybasis og instrumentet gir i stedet vertikal sikt med samme oppløsning. Skyene kan i en del tilfelle bestå av flere lag, da vil instrumentet alltid gi høyden til det laveste laget den registrerer.

Samtidig vil en rekke registreringer gi grunnlag for å identifisere disse lagene, derved registreres også inntil tre signifikante skylag på grunnlag av gjentatte målinger. Slik identifiseres skylagene som kan oppgis i METAR værkode. Slik værkode vil av en observatør bli midlet over rom, mens instrumentet midler over tid innenfor en angitt romvinkel.

Skyhøydemåleren er et laserinstrument som sender ut et strålingssignal. Dette spres i vanndråper eller ispartikler i lufta og noe fanges opp av mottakeren. Tiden mellom sending og mottak omregnes til avstand siden lyssignalfarten er kjent. Er signalet tilstrekkelig sterkt, tolkes avstanden som skyhøyde, HL. Flere påfølgende målinger vil ofte gruppere seg omkring en typisk skybasis, HLN. Det kan være flere skylag, neste lag blir da HM og HH. Hyppigheten av treff avgjør skymengden i de forskjellige lagene.

Laveste observasjon (HL) kan være lavere eller høyere enn laveste signifikante skylag (HLN). Det kan også lages en frekvenstabell for en gitt høyde, z , vil vi ha at $p(\text{HL}(z) \leq p(\text{HLN}(z)); \forall z$. Det viser seg at dersom vi bruker metodikken slik den er beskrevet mer utførlig nedenfor på HLN, får vi HL som resultat. HL er altså en ren opptelling av treff på laveste skytrinn, mens HLN vil overestimere skymengden og må gå gjennom en opptellingsprosedyre som bygger på sjansene for å få bakkekontakt ved å gå gjennom et signifikant skylag. Et krav er at skyene er omtrent likt fordelt på himmelvelvingen sett fra en observatør i forhold til midling i et punkt, i det lange løp. Over et område nær fjellene i Lofoten, kan det være situasjoner der det er flere skydotter på fjelltoppene enn rett over måleren. Tar observatøren disse med, vil en observatør rapportere noe mer skyer enn instrumentet.

I metartelegrammet er det angitt inntil tre skylag med tilhørende mengder og høyder. Høydene er gitt for hver 100 fot, mens mengdene er gitt som FEW (1-2 åttedeler), SCT

(3 til 4 åttedeler), BKN (5-7 åttedeler), eller OVC (8 åttedeler). Dataserien fra Gimsøy inneholder informasjon av skylag inndelt i 8-deler og 9 når skyhøyde ikke kan gies.

Frekvens av lavt skydekke fra metarobservasjoner beregnes ved en statistisk metode. Når mengden av lave skyer er halvparten eller mindre, vurderes situasjonen som skyfri og det gis ingen skyhøyde. Nå mer enn halvparten av himmelen er dekket av lave skyer, skal situasjonen beskrives ved en skyhøyde. Ved 1. lag blir denne en gitt verdi fra metaren. Ved 2. lag fordeles skyhøyden på to lag og vektet i forhold til forekomst av de to lagene slik at vektet sum blir 1. Er der tre identifiserte lag, får vi en tilsvarende tredeling. Høydene og vektingsgrunnlaget finner vi i METAR værkode i form av skybasishøyder og skymengder.

Metodikken er testet på Leknes lufthavn der skyhøydefrekvenser ble funnet ved AW11 Vaisala laserutstyr, og beregnet fra metardata fra flyplassen. I tillegg ble det rapportert fra en del flygere når visuell bakkekontakt ble oppnådd. Det ble funnet god statistisk samstemmighet mellom metodene i et tidsrom på ca. 6 måneder, hvilket styrker både metarprosesseringen, tiltroen til instrumentelle skymålinger og relevansen for flygning.

Data kan også analyseres med den såkalte "2-forsøksmetoden". Det er mulig å tenke seg at det blir benyttet to landingsforsøk når det er skiftende skyforhold. Dette kan programmeres inn ved å redusere sannsynligheten for det laveste skynivået etter gjennomflygning av et høyere lag. Dette gjøres etter en ren statistisk binominaltankegang, der skydekke SCT $(3-4/8) = 0.4375$ gis sannsynlighet $0.4375^2 = 0.19$ og FEW $(1-2/8) = 0.1875^2 = 0.035$.

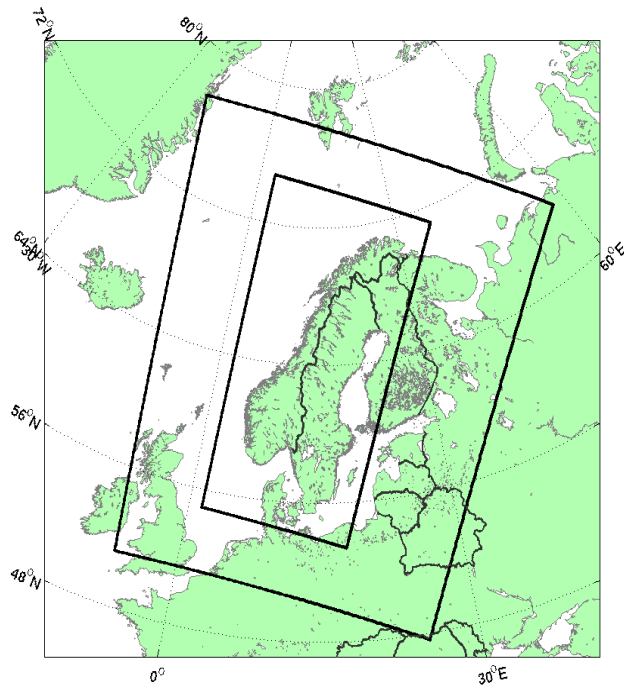
Appendiks B

WRF-modellen

The Weather Research and Forecast (WRF) model is a state-of-the-art meso-scale numerical weather prediction system, aimed at both operational forecasting and atmospheric research needs. A description of the modelling system can be found at the home page <http://www.wrfmodel.org/>. The model version used in this work is v3.2.1 described in Skamarock et al. 2008¹. Details about the modelling structure, numerical routines and physical packages available can be found in for example Klemp et al. (2000)² and Michalakes et al. (2001)³. The development of the WRF-model is supported by a strong scientific and administrative community in U.S.A. The number of users is large and it is growing rapidly. In addition the code is accessible for the public. The most important input data are geographical data and meteorological data. The geographical data is from National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). The data includes topography, surface data, albedo and vegetation. These parameters have large influence for the wind speed in the layers close to the ground. Global meteorological data with 1 degree resolution, available from the National Centres for Environmental Protection (NCEP) with 6 hours interval, is used as boundary data for the model. The data originates from the Final Global Data Assimilation System (FNL). FNL is an operational assimilation model that incorporates all available observation data globally, and uses this data to create a global analysis dataset, or a snapshot of the atmosphere, four times every day. The assimilation model incorporates data from several thousand ground based observation stations, vertical profiles from radiosondes, aircrafts, and satellites. See <http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/para/parabout.html> for further description of the data. The global data analysis is based on observational data for the time-frames 00, 06, 12 and 18 UTC. Surface roughness and landuse have been updated from Landmäteriets GSD database in Sweden and from the N50 series from Kartverket in Norway.

The model setup used for this analysis is shown in Figure A-1. The model has been set up with 4 km x 4 km horizontal resolution. The model is run with 32 layers in the vertical with four layers in the lower 200 m. We have used the Thompson microphysics scheme and the YSU scheme for boundary layer mixing. The simulation outputs hourly data starting from 01.01.2000 and updated to current date on a monthly basis.

¹Skamarock WC, Klemp JB, Dudhia J, Gill DO, Barker DM, Duda MG, Huang X-Y, Wang W. and Powers JG, 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3,



Figur 11: Modelloppsett for WRF-modellen i Skandinavia.

NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR, Boulder, June 2008

²Klemp JB., Skamarock WC. and Dudhia J., 2000: Conservative split-explicit time integration methods for the compressible non-hydrostatic equations (<http://www.wrf-model.org/>)

³Michalakes J., Chen S., Dudhia J., Hart L., Klemp J., Middlecoff J., and Skamarock W., 2001: Development of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model. Developments in Teracomputing: Proceedings of the Ninth ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology. Eds. Walter Zwiefelhofer and Norbert Kreitz. World Scientific, Singapore.