

**DNMI****ARBEIDSNOTAT**

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 320, BLINDERN, OSLO 3  
T: (02) 60 50 90

DNMI REF. \*

TITTEL  VINDKLIMATOLOGI FOR NORGE	NOTAT NR.  KLIMA 9
	DATO  29.03.1983
UTARBEIDET AV  LARS ANDRESEN	ANSVARLIG  B. AUNE
OPPDRAGSGIVER  DNMI	PROSJEKTNR.
KOPI TIL  FRI UTDELING	
SAMMENDRAG  Notatet er en forelesning holdt på NIF's kurs nr. 7445: "Master og tårn, belastning, dimensjonering og utførelse" på Lillehammer 16.- 18.mars 1983.  Notatet omhandler:  Datagrunnlaget Middelvindfordeling Stormhyppighet	
Et arbeidsnotat inneholder informasjon beregnet for internt bruk. DNMI hefter ikke for notatets innhold, og det tas forbehold om at resultat/data er foreløpige og kan bli endret i eventuell endelig rapport. Innholdet får ikke gjengis uten skriftlig tillatelse fra DNMI.	

## VINDKLIMATOLOGI FOR NORGE

"Vinden blåser dit den vil, du hører den suser  
men du vet ikke hvor den kommer fra og  
hvor den farer hen." (Joh. 3.8).

Folk har til alle tider vært opptatt av luftmasser i bevegelse. Karakteristisk for vinden er at den er ujevn. Om middelvinden i en periode er jevn, så vil øyeblikksvinden variere omkring middelverdien, både i retning og hastighet. Noen ganger blir det store utslag, andre ganger små. Vi skal ikke her ta for oss vindens turbulente egenskaper, derimot middelvinden over 10 minutter, som brukes offisielt i værvarsling og i statistisk bearbeidelse ved Det norske meteorologiske institutt (DNMI). En slik middelvindhastighet lar seg karakterisere som vindstyrke etter Beauforts vindskala (figur 1), og lar

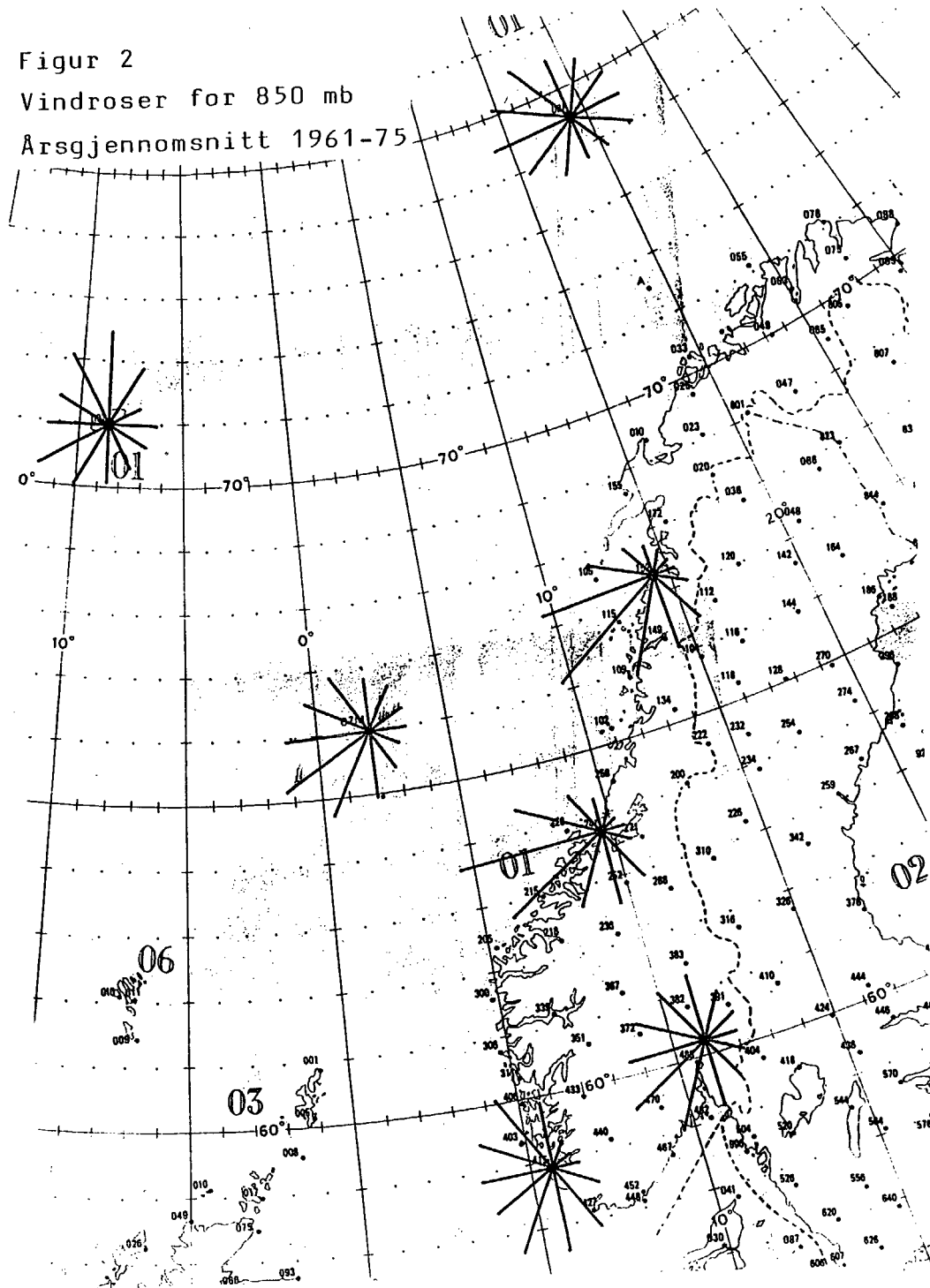
Beauforte skala	Navn på vindstyrken	Vindstyrke i knop i 10 m høyde over flatt land	Vindstyrke i meter pr. sek. i 10 m høyde over flatt land	Virkning på land	Virkning på sjøen
0	Stille.	Mindre enn 1	0.0—0.2	Røyken stiger rett opp.	Sjøen er speilblank (havblått).
1	Flau vind	1—3	0.3—1.5	Vindretningen sees av røykens drift.	Krusninger danner seg på havflaten.
2	Svak vind.	4—6	1.6—3.3	Følbar, rører på trærnes blad, løfter en vimpel.	Små korte men tydelige belger, med glatte kammer, som ikke brykker.
3	Lett bris.	7—10	3.4—5.4	Laur og småkvister rører seg, vinden strekker lette flagg og vimpler.	Småbelgene begynner å toppes seg. Det dannes skum, som ser ut som glass. En og annen skumskavl kan forekomme.
4	Labor bris.	11—16	5.5—7.9	Løfter støv og løse papirer, rører på kvister og smågrener, strekker større flagg og vimpler.	Belgene blir lenger. En del skumskavler.
5	Frisk bris.	17—21	8.0—10.7	Småtrær med lav begynner å svale, på vann begynner småbelgene å toppes seg.	Middelstore belger som har en mer utpreget langstrakt form og med mange skumskavler. Sjøsprøyt fra toppene kan forekomme.
6	Liten kuling.	22—27	10.8—13.8	Store grener og mindre stammer rører seg, det kviser i telegrafstakene, det er vanskelig å bruke paraply, en merker motstand når en går.	Store belger begynner å dannes. Skumskavlene er større overallt. Gjerno noe sjøsprøyt.
7	Stiv kuling.	28—33	13.9—17.1	Hele trær rører seg, tungvint å gå mot vinden.	Sjøen hoper seg opp og kvitt skum fra belgetopper som brykker, begynner å blåse i strimer i vindretningen.
8	Sterk kuling.	34—40	17.2—20.7	Brekker kvister av trærne, tungt å gå mot vinden.	Middels høye belger av større langde. Belgekammene begynner å brytes opp til sjørøkk, som driver i tydelig markerte strimer med vinden.
9	Liten storm.	41—47	20.8—24.4	Hele store trær svaier og hiver, taksten kan blåse ned.	Høye belger. Tette skumstrimer driver i vindretningen. Sjøen begynner å erulle. Sjørøkket kan minske synsvidde.
10	Full storm.	48—55	24.5—28.4	Sjelden inne i landet, trær rykkes opp med rot, stor skade på hus.	Meget høye belger med lange overhengende kammer. Skummet som dannes i store flak driver med vinden i tette kvite strimer, så sjøen får et kvitaktig utseende. Rullingen blir tung og støtende. Synsvidde nedsettes.
11	Sterk storm.	56—63	28.5—32.6	Meget sjelden, følges av store ødeleggelsar.	Ualmindelig høye belger (små og middelstore skip kan for en tid forsvinne i belgedalene). Sjøen er fullstendig dekket av lange, kvite skumflak som ligger i vindens retning. Overallt blåser belgekammene til frådellignende skum. Sjørøkket nedsetter synsvidde.
12	Orkan.	over 63	over 32.6	Forekommer meget sjelden. Uvanlig store ødeleggelsar.	Luften er fylt av skum og sjørøkk som nedsetter synsvidde betydelig. Sjøen er fullstendig kvit av drivende skum.

NB! Når en skal bedømme vinden ut fra dens virkning på sjøen, må en være oppmerksom på følgende vanskeligheter:

- 1) Om naturen er det ikke lett å bedømme vindstyrken ut fra sjøgangen.
- 2) Ved skende vind, tiltar ikke sjøgangen like fort som vinden.
- 3) Avstand fra land, dybde, danning, sterkt regn, tidevann og andre strømmer virker på sjøens utseende.
- 4) Ved fralandsvind nær land er vindens virkning anderledes enn beskrevet i tabellen.

Figur 1. Beauforts vindskala

Figur 2  
Vindroser for 850 mb  
Årsgjennomsnitt 1961-75



seg dermed beskrive uten bruk av kostbart, teknisk utstyr. Ved hjelp av middelvind-data vil vi nedenfor gi en oversikt over de viktigste trekk ved vindforholdene i Norge. Norge ligger i vestavindsbeltet. Det betyr ikke nødvendigvis at vestavinden er den mest fremtredende vindretning her i landet. Mange steder blåser det heller østavind. Et typisk eksempel er Bodø, der det blåser østavind i nærmere 50% av tiden og vestavind i underkant av 30%. I Oslo blåser det oftere fra sektoren NØ - SØ enn fra sektoren SV - NV. Når

vi sier at vi ligger i vestavindsbeltet, så betyr det at vinden i høyere luftlag i mesteparten av tiden kommer fra vestlig kant. Se figur 2. Vi regner vanligvis med at lavtrykk og nedbørområder driver med luftstrømmen i ca. 5000 meters høyde. Når et lavtrykk nærmer seg Vestlandet fra vest eller sørvest, vil lufta strømme ut fjordene. Under visse forutsetninger kan østavinden bli meget sterk. Vinden er i stor grad avhengig av lavtrykksbanene og lavtrykksaktiviteten. Er aktiviteten liten og trykkfeltene svake, så vil vindforholdene i stor grad være bestemt av andre faktorer. Spesielt vil de topografiske forhold være av avgjørende betydning, som vi skal se senere.

#### DATAGRUNNLAGET

Vi skal nå se på de data DNMI har for å kunne lage den vindstatistikken som er nødvendig for å beskrive vindklimaet i Norge.

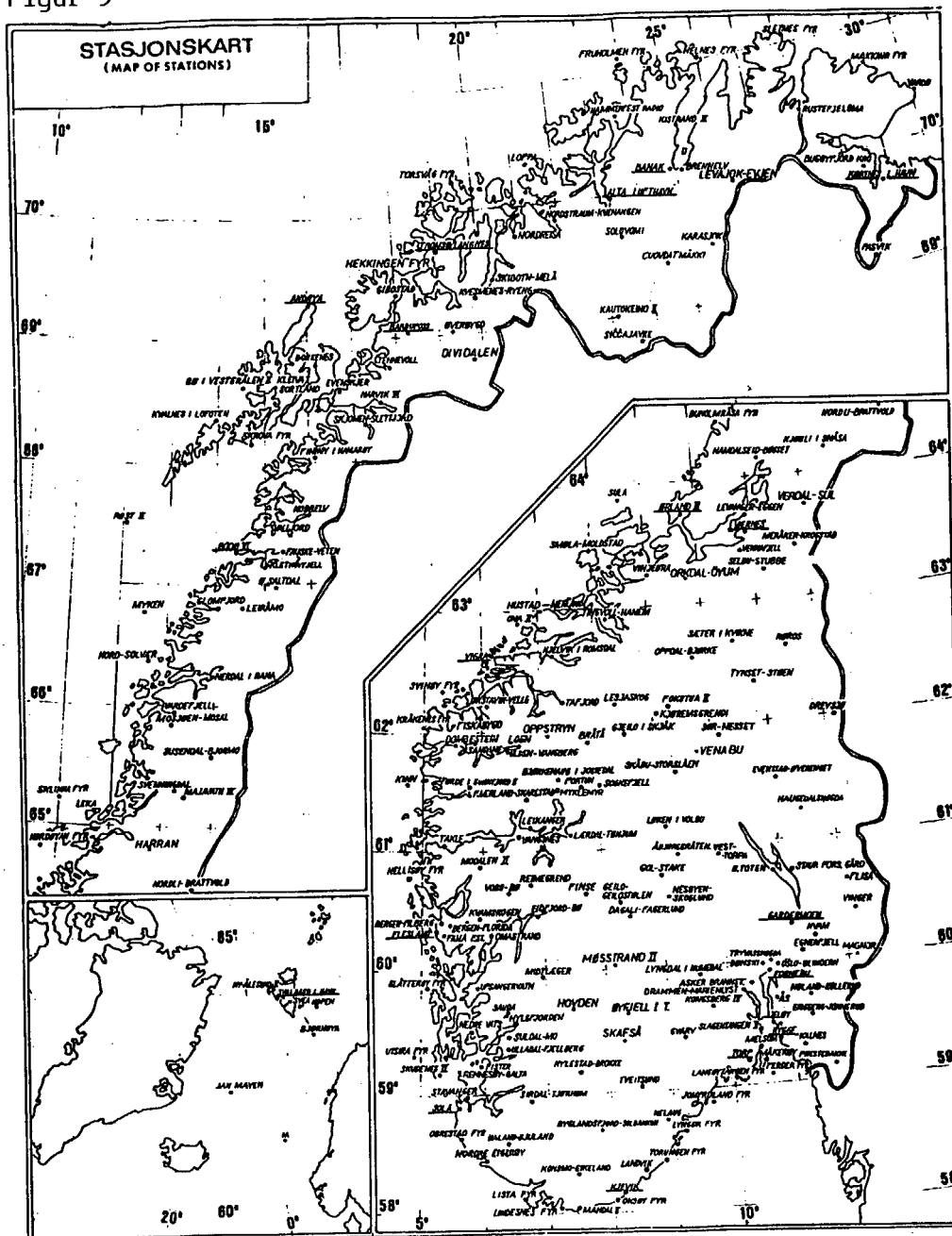
Stasjonsnettet. Radiosonde-stasjonene gir oss vindforholdene i store trekk fra høyere luftlag i atmosfæren. Vi har på fastlandet 4 stasjoner som sender opp ballonger 2 ganger pr. døgn. Det er Sola, Gardermoen, Ørland og Bodø. I tillegg kommer så Mike, Jan Mayen og Bjørnøya. Stasjonenes posisjoner fremgår av figur 2. (Mike betegner posisjonen til et værskip på  $66^{\circ}\text{N}$ ,  $2^{\circ}\text{Ø}$ ). Vi har i dag programmer som gir oss mulighet for å lage vindstatistikk fra forskjellige, faste trykkflater, som 850 mb, 700 mb, 500 mb og videre oppover. De nevnte flatene representerer høyder på omkring 1500 m, 3000 m og 5500 m.

Værstasjonene, litt over 200 i antall, ligger spredt over hele landet. (Se figur 3). De aller fleste av disse ligger i lavereliggende strøk, som tabellen under viser:

0 -	99 m:	126	stasjoner
100 -	299 ":	39	"
300 -	999 ":	38	"
1000 -	1499 ":	3	"

I tillegg kommer så alle de nedlagte stasjonene. Omtrent 200 har vært i drift, i kortere eller lengre tid, i tidsrommet 1957-1982, ved siden av de vel 200 som er i drift pr. i dag. Observasjonene. Alle stasjonene tar vindobservasjoner minst 3 ganger pr. døgn: kl. 07 (08), 13 og 19. Snaut 50 stasjoner observerer også kl. 01.

Figur 3



De fleste vindobservasjoner er skjønnsmessige. Det betyr at vindretningen angis i dekadgrader ved hjelp av kompass eller vindfløy. Vindstyrken angis i Beaufort ut fra vindens virkninger på omgivelsene, i løpet av omtrent 10 minutter. (Se figur 1).

Vel 50 værstasjoner er utstyrt med anemograf, der middelvindhastigheten over 10 minutter registreres fortløpende. 70% av anemografene registrerer også momentanvind og vindretning. I tillegg til værstasjonenes vindinstrumenter, er det tilsvarende instrumentering på en del kortbaneflyplasser. Noen få værstasjoner har anemometer med indikatortilkopling,

slik at momentanvinden kan følges fortløpende av observatøren.

Statistisk bearbeidelse av vinddata gjøres på vindretning og vindstyrke (evt. middelvindhastighet) ved observasjonstidspunktet, og på den maksimale vindstyrke (eller middelvindhastighet) siden forrige hovedobservasjon. Fra og med 1982 kan vi lage statistikk på maksimale vindkast, uten manuell avlesning av vindregistreringene på DNMI.

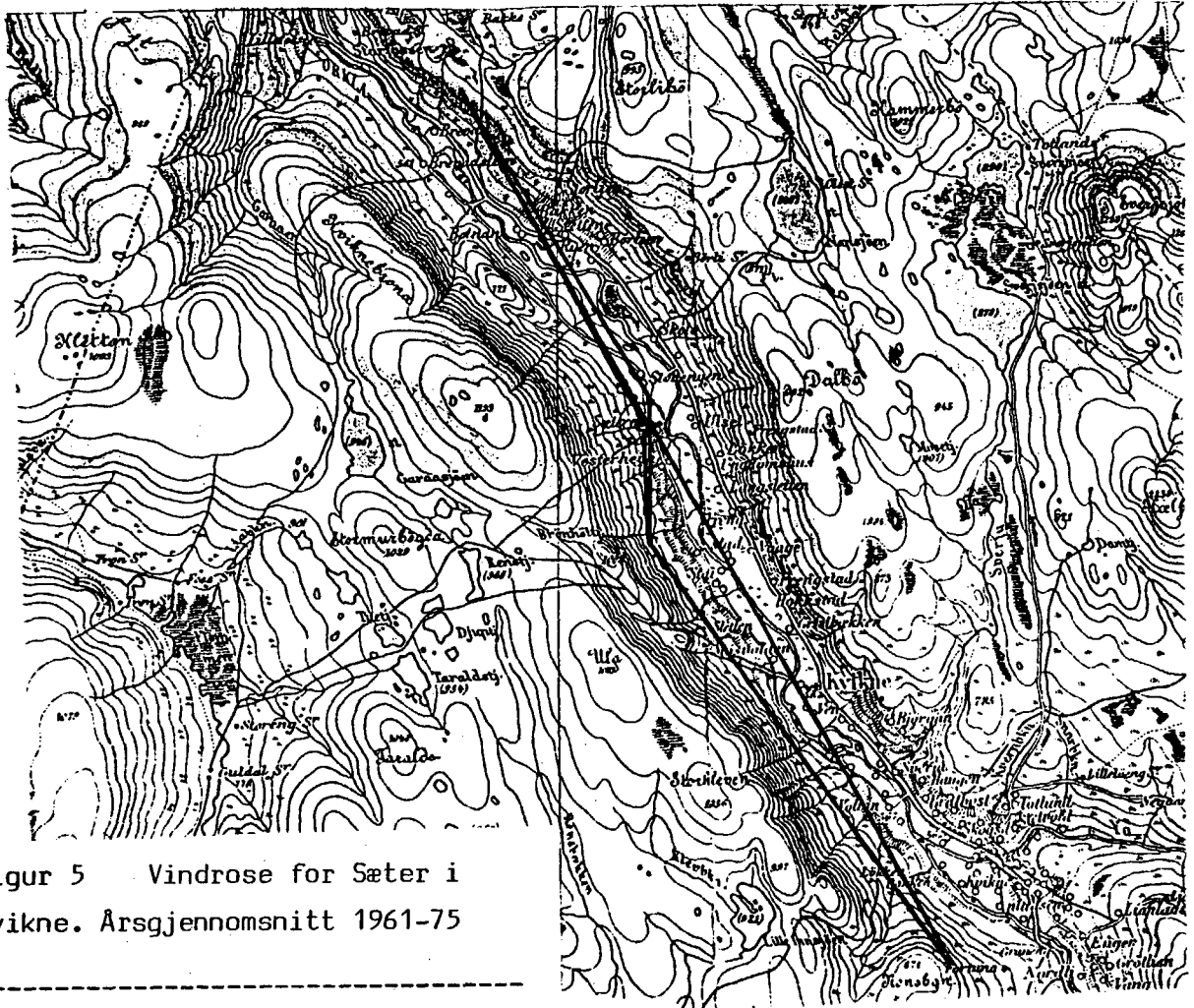
Forskjell mellom skjønnsmessige og instrumentelle observasjoner. En direkte sammenlikning mellom skjønnsmessige og instrumentelle 10-minutters verdier for vindhastigheten kan være problematisk. En skjønnsmessig verdi representerer et flatemiddel (værstasjonens omgivelser), mens en instrumentell verdi angir vindhastigheten i ett punkt. På flyplassene er det neppe noen forskjell på et flatemiddel og et punktmiddel, men på flere av fyrstasjonene langs kysten er det opplagt en økende vindhastighet over toppen av øya, der instrumentet er plassert, sammenliknet med omgivelsene rundt øya. En må også være klar over at hver observatør som skal vurdere vindstyrken, ubevisst lager seg sin egen private vindstyrkeskala, som er mer eller mindre i overensstemmelse med Beaufort-skalaen. Spesielt i den øvre del av skalaen og i svært byget vind er det en del observatører som har problemer med å finne det riktige nivå, naturlig nok. Dette må brukere av vinddata være klar over!

Forskjell mellom vindinstrumenter. Man bør også være klar over at DNMI bruker forskjellige typer vindinstrumenter. Skålkorsene er av 2 hovedtyper, begge av eldre årgang (ca. 30 år) med relativt tunge skålkors, som ikke følger vindfluktuasjonene like bra som mer moderne skålkors. Den eldste av de to typene finnes fortsatt på noen fyrstasjoner, den andre typen finnes på samtlige flyplasser og på diverse andre stasjoner. I dag, som det gjøres vindmålinger av andre enn DNMI, og med moderne utstyr, bør man være klar over at DNMI's instrumenter viser for høye middelverdier i sterkt fluktuerende vind, i forhold til små og lette skålkors.

#### MIDDELVINDFORDELING

Hva er det som bestemmer vindklimaet i Norge? Vi har så vidt

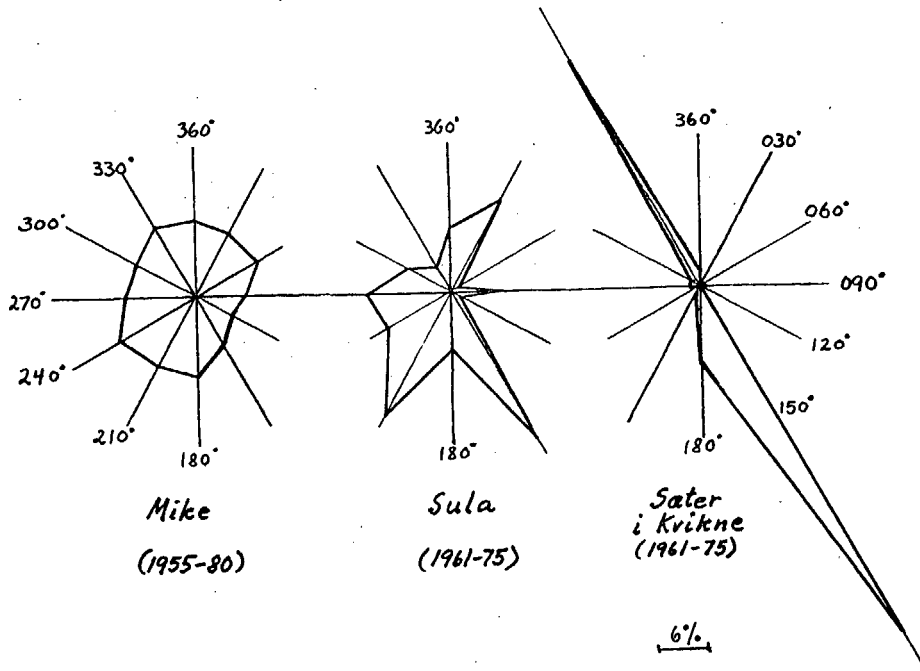




Figur 5 Vindrose for Sæter i Kvikne. Årsgjennomsnitt 1961-75

ved værstsituasjonen natt til den 23. november 1982. Det var en relativt sterk SV-lig luftstrøm over Sør-Norge. Lufta var ustabil. Høydevinden var sterk, ca. 50 m/s (180 km/t) i 5000 m høyde. Det har i denne luftstrømmen vært sirkulasjonsceller av stor vertikal utstrekning, og luft fra høyden, med stor horisontal hastighetskomponent, er blitt presset ned mot bakken. Det ble mange steder observert vindkast på omkring 30 m/s i 10 meters høyde. En konstant vindhastighet på 30 m/s i 10 minutter tilsvarer sterk storm.

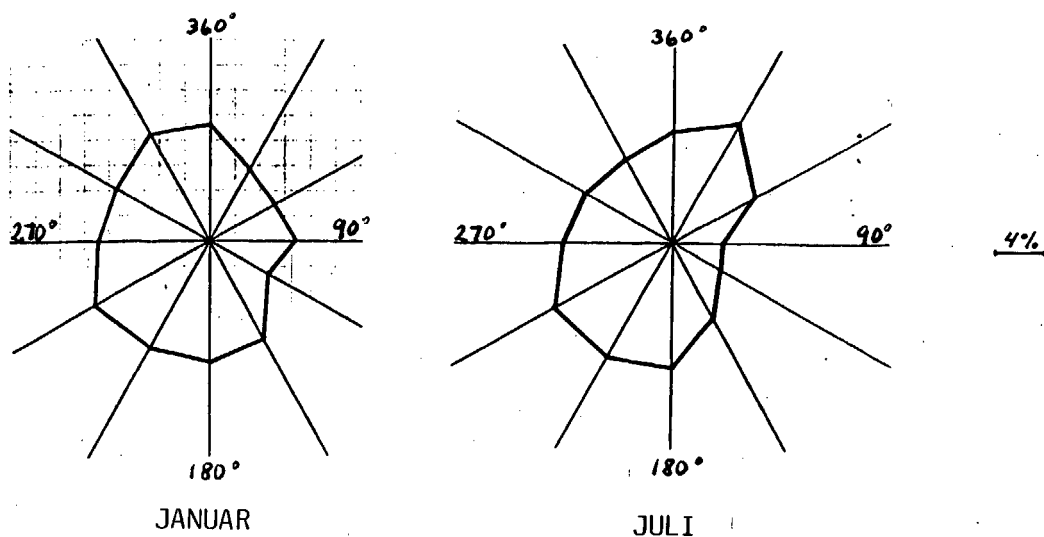
Topografien. Både vindretning og vindhastighet er sterkt influert av underlagets beskaffenhet og terrengformasjonene. I et land som Norge, med lange og smale fjorder, med høye fjell, store og små daler i forskjellige retninger, så blir luftas bevegelser i stor grad bestemt av terrenget. Vindforholdene i Norge blir således svært lokale med fremherskende vinder langs med daler og fjorder. To nabodistrikter kan ha vidt forskjellige vindforhold. Terrengets betydning vises tydelig på figur 5. Værstasjonen Sæter i Kvikne ligger i en bred dal med lengderetning SSØ - NNV. Vinden blåser nesten



Figur 6 Vindroser basert på årsmiddelverdier

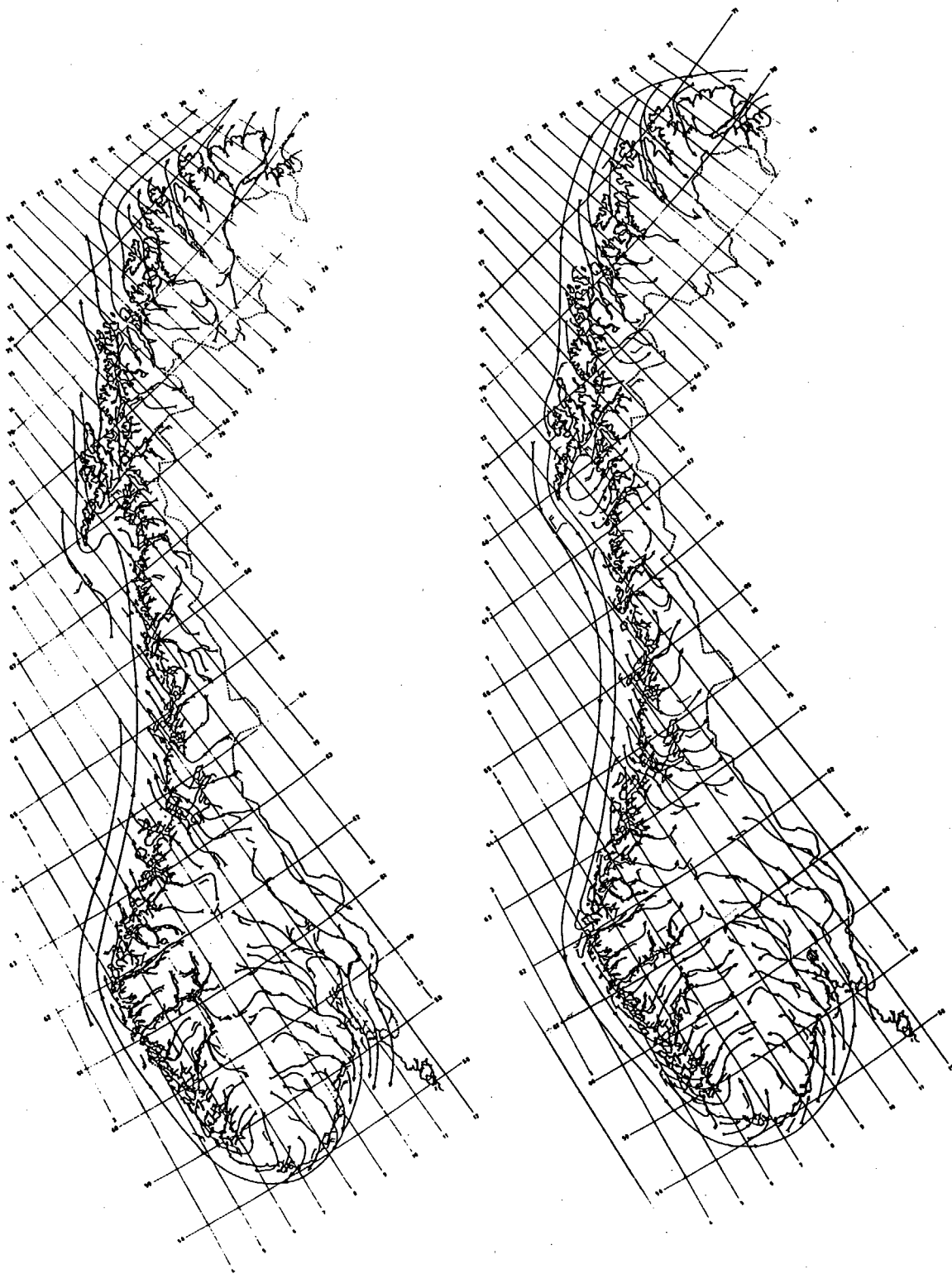
alltid fra en av disse retningene. For sammenlikningens skyld, viser vi i figur 6 vindrosene på årsbasis for værskipet Mike og værstasjonene Sula fyr og Sater i Kvikne. I posisjon  $66^{\circ}\text{N}$ ,  $2^{\circ}\text{Ø}$  er det en jevn endring i vindretningen fra sektor til sektor. Vindretningen er bestemt av lufttrykkfordelingen. Den danner stort sett en gitt vinkel med isobarene, og vindstyrken er proporsjonal med trykkgradienten. Inne ved kysten, på Sula, er fordelingen ujevn, selv om de fleste sektorer er representert. Inne i et dalføre med høye fjell på begge sider, er det bare vind ut og inn dalen, nestenuansett hvilken trykkfordeling man måtte ha. Vindstyrken på et slikt sted er heller ikke lenger proporsjonal med trykkgradientens skalaverdi. Trykkgradienten som vektor, i samspill med terrenget, og sammen med de øvrige vindeffekter som behandles, bestemmer vindstyrken.

Monsun-effekten. Monsunvind er kjennetegnet ved en temmelig stabil vindretning - mot land om sommeren, fra land om vinteren. Monsunen er vel best kjent fra Sør- og Sørøst-Asia. Også i Norge har vi en sirkulasjonstype med en utpreget variasjon i vindretningen fra sommer til vinter. Denne variasjonen er ikke så stor langt til havs. Se figur 7. Men i kystnære farvann og på fastlandet endrer den fremherskende



Figur 7 Vindroser for MIKE, 1955 - 80

vindretning seg 120-180° de fleste steder fra sommer til vinter (i middel over en lengre periode). Om sommeren er det en tendens til lavtrykksdannelse over land pga. soloppvarmingen. Havluft blåser gjennom alle fjorder og opp etter alle daler. Om vinteren er det relativt høyt lufttrykk over land. Lufta nær bakken blir avkjølt av det kalde underlaget og "renner" mot lavereliggende terreng. Innlandsluft blåser ut gjennom alle daler og fjorder. Hovedtrekkene i det vi kan

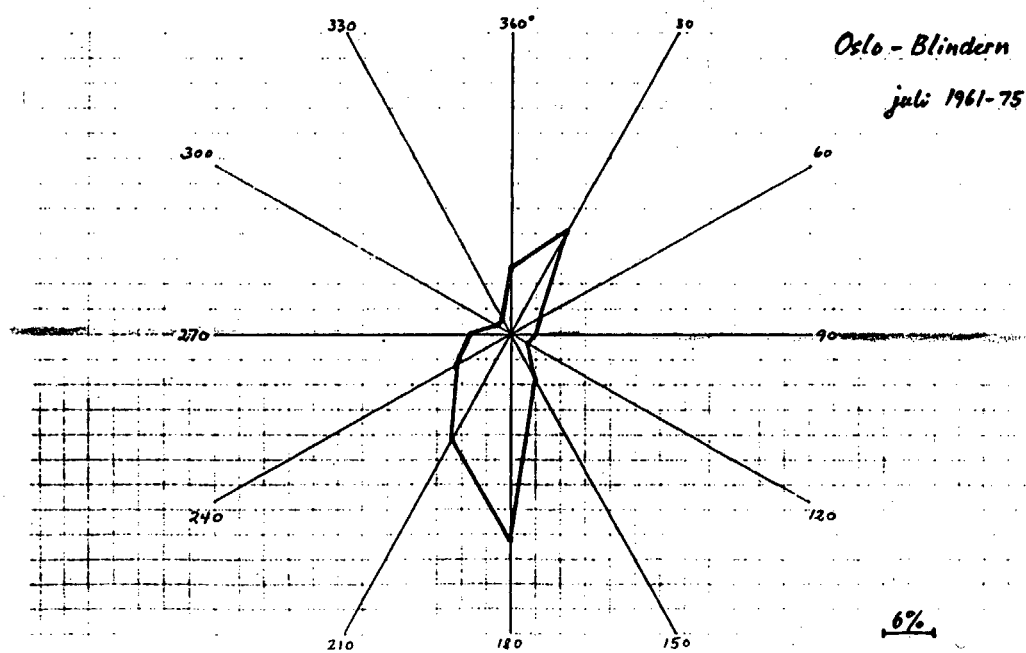
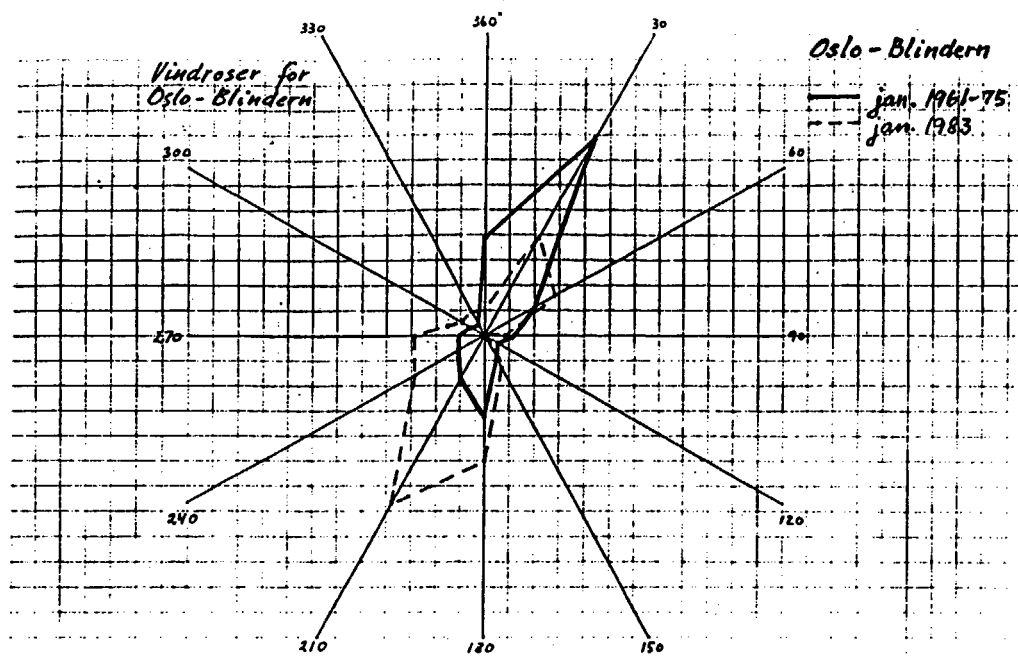


Figur 8 Fremherskende vindretninger  
om vinteren

Figur 9 Fremherskende vindretninger  
om sommeren

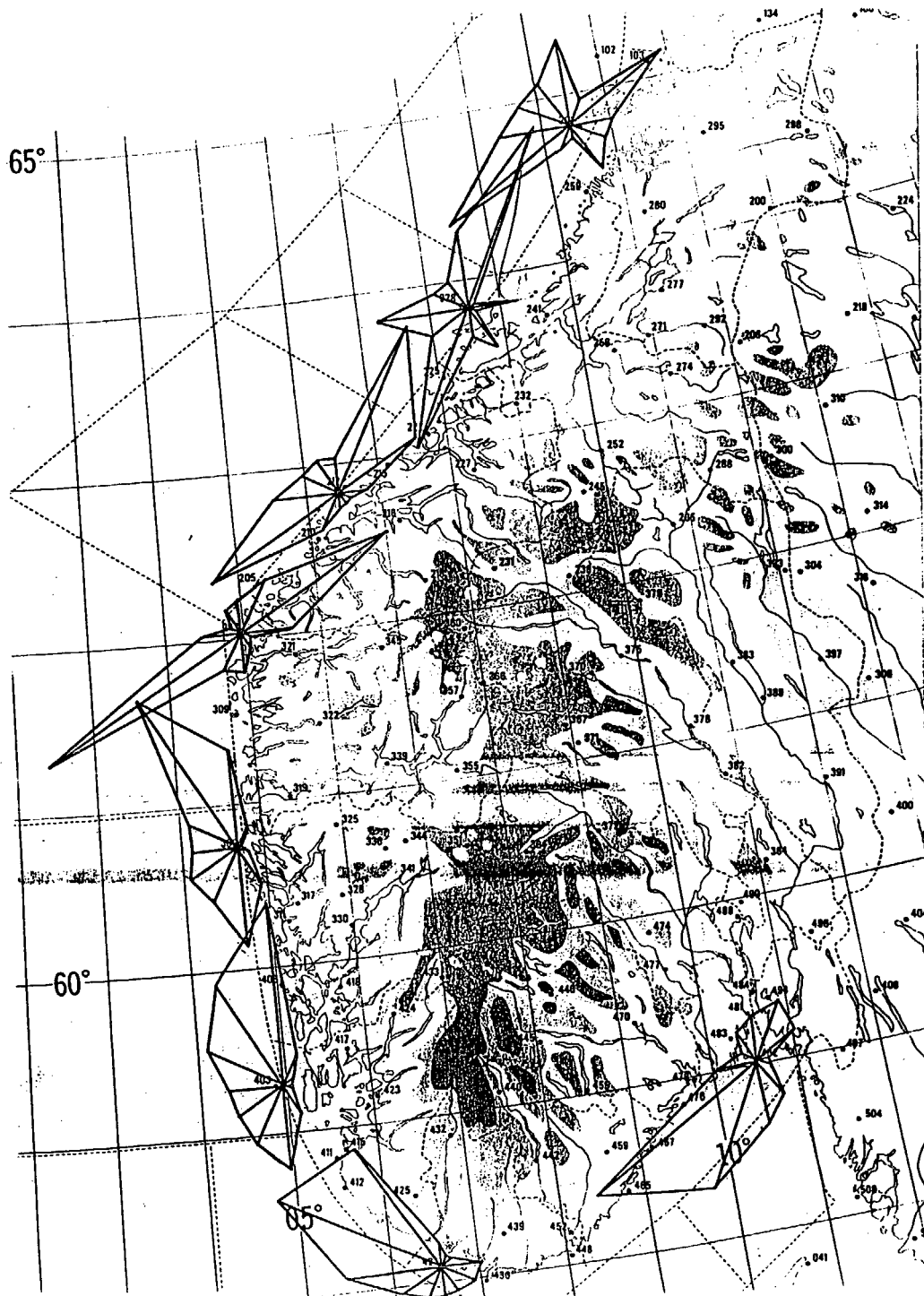
(Thor Werner Johannesen 1960)

kalle den norske monsunsirkulasjon er vist på figurene 8 og 9. Vi ser at utenfor kysten blåser vinden langs med kystlinjen, med land til venstre om sommeren, med land til høyre om vinteren.



Figur 10 Vindroser for Oslo - Blindern

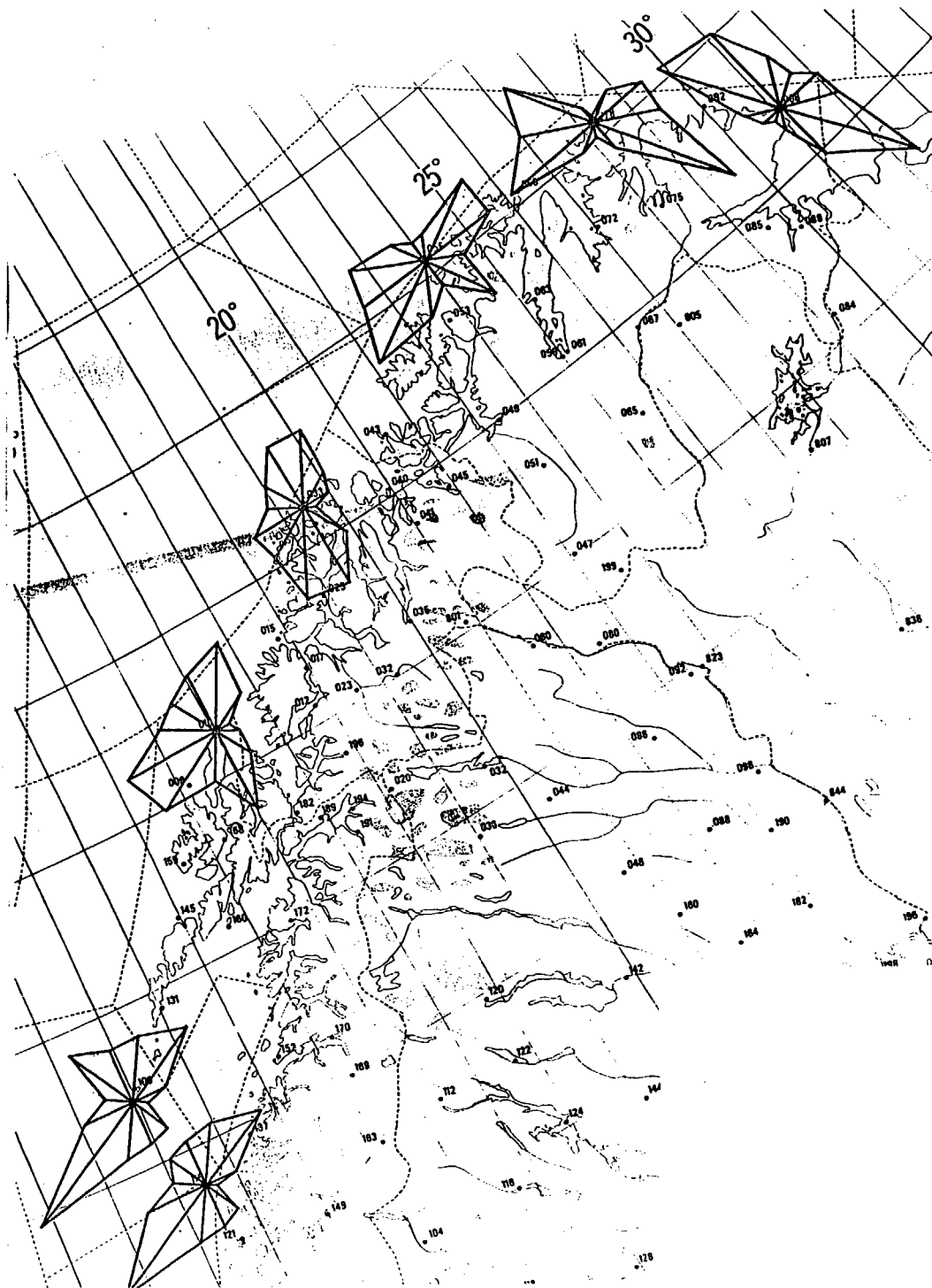
Det er langt større variasjon i vindretningsfordelingen fra år til år i Norge enn i de typiske monsun-områdene. Et nærliggende eksempel er vindfordelingen i januar 1983 på Østlandet. Den minner mer om juli enn januar. Se figur 10.



Figur 11 Vindfordeling i juli (1961-75)

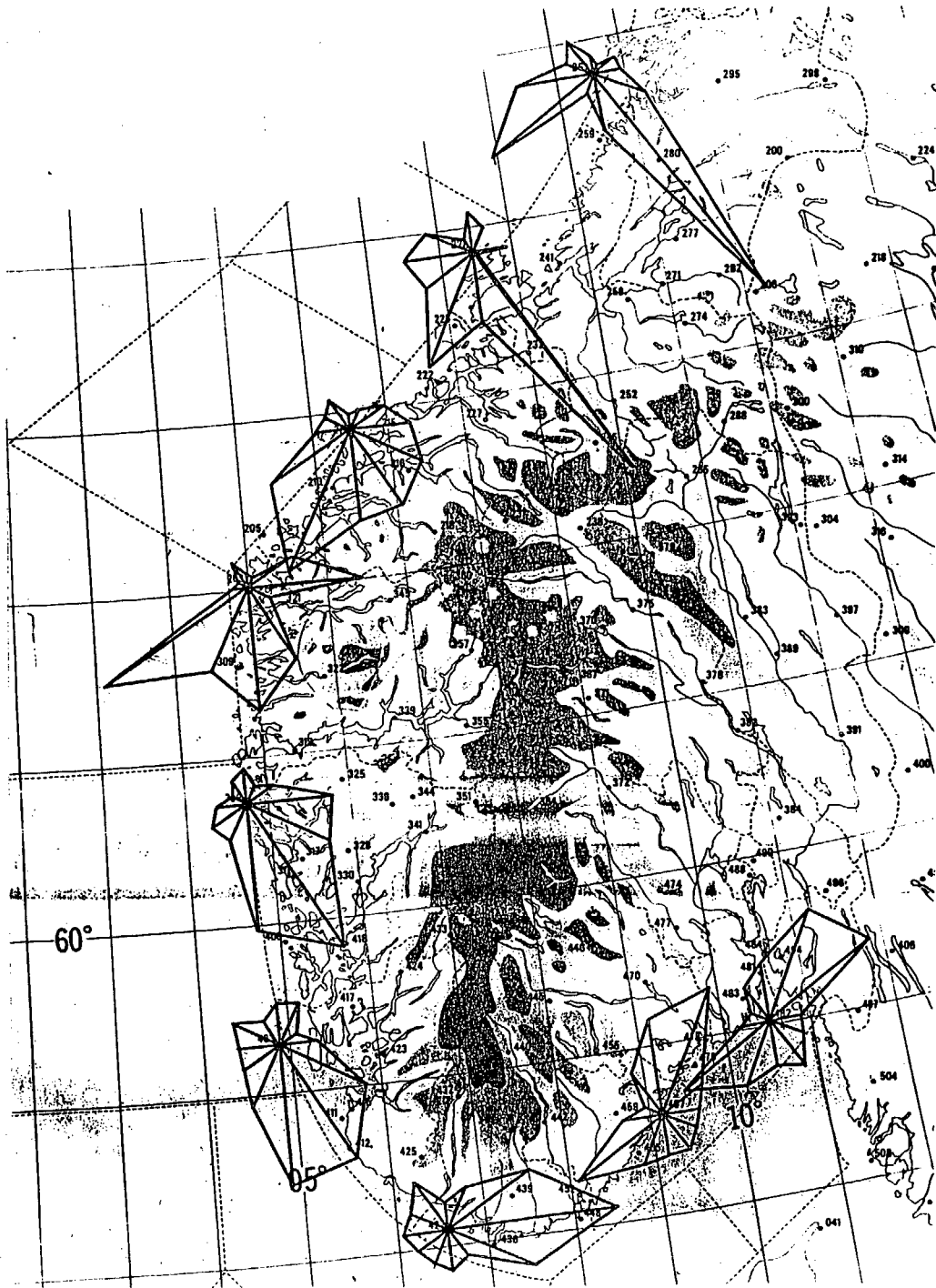
Vi vil nå se nærmere på detaljer i vindretningsfordelingen langs Norskekysten, sommer og vinter.

Om sommeren er det et ensartet mønster fra Oslofjorden til Nordfjord. Langs Skagerrak blåser det hovedsaklig fra SV, fra Lindesnes til Nordfjord hovedsaklig fra N eller NV. Se figurene 11 og 12. Fra Stad og videre nordover skulle vi



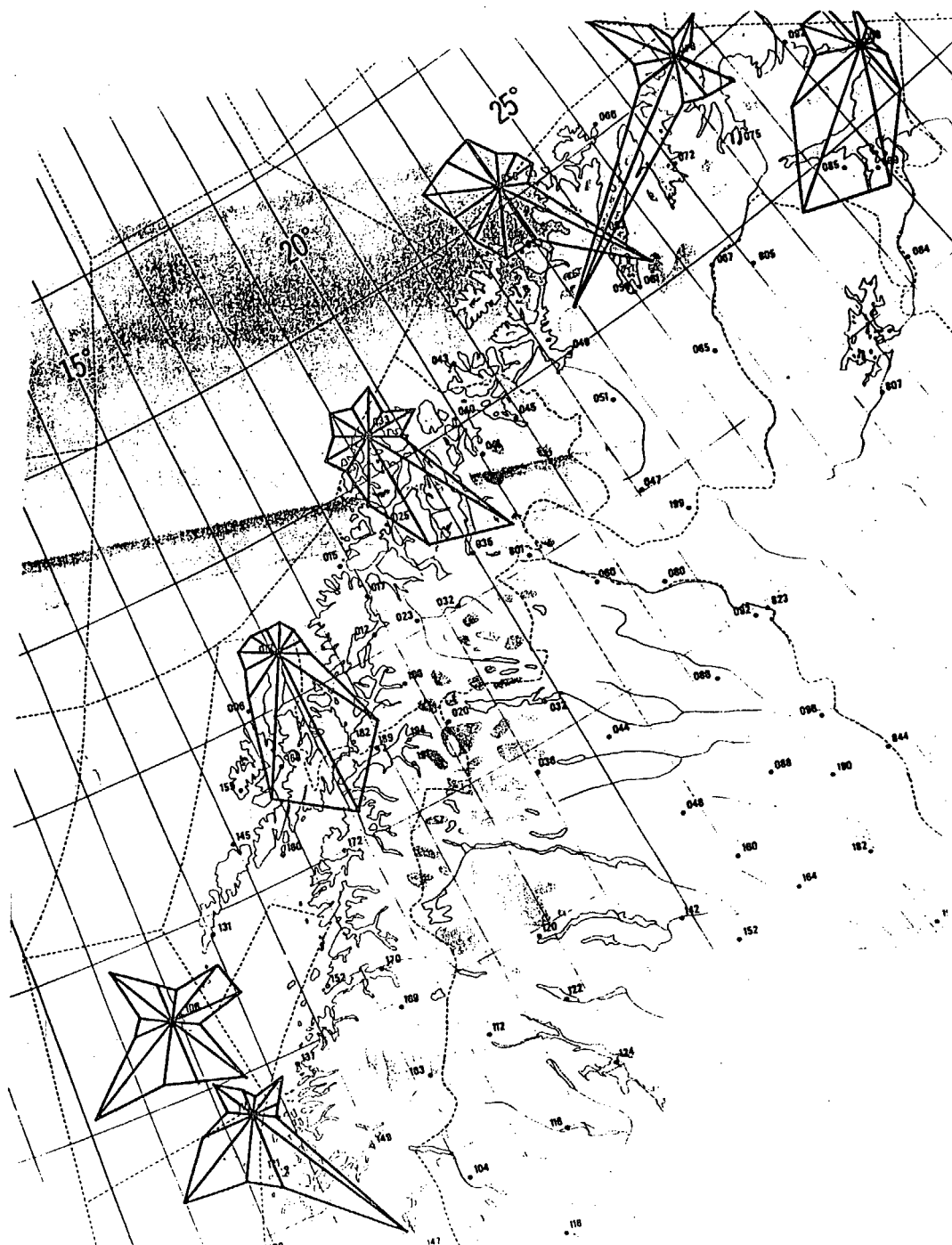
Figur 12 Vindfordeling i juli (1961-75)

vente NØ-lige vinder, men det er bare delvis riktig til Trøndelag. SV er nesten like hyppig vindretning som NØ. Fra Helgeland til Nordkapp er det hyppigst vind omkring SV. Dette skyldes antagelig innvirkning fra de mange lavtrykk som går fra SV til NØ i Norskehavet. Langs kysten av Øst-Finnmark er det mye vind fra SØ, men også en del fra sektoren V - N.



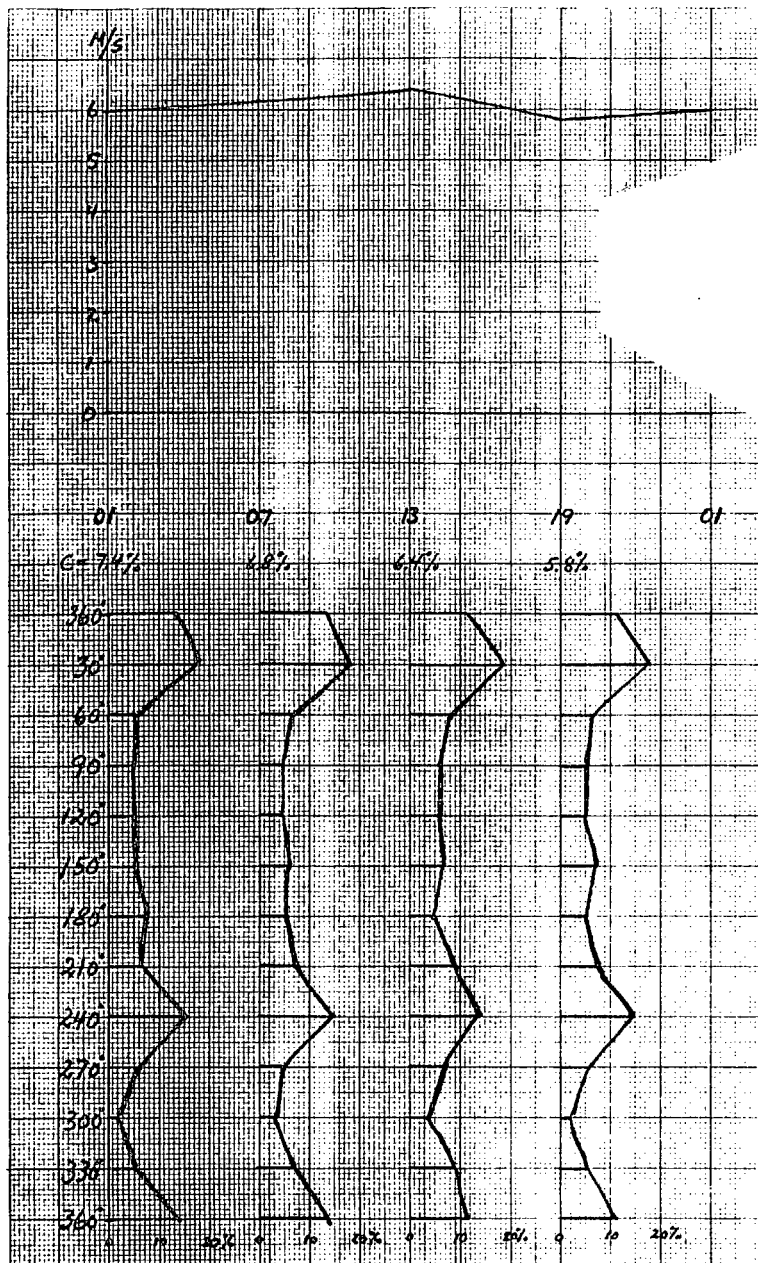
Figur 13 Vindfordeling i januar (1961-75)

Om vinteren blåser det mye fra NØ på Skagerrak-kysten, men også en del fra SV. Se figurene 13 og 14. Fra Lindesnes til Nordfjord er det vesentlig vind fra sektoren Ø - S. Nord for Stad helt til Nordkapp er det en stor overvekt av SØ-lige vinder (med noen få unntagelser). Det er relativt kald luft som strømmer ut gjennom fjordene, de såkalte utfallsvinder. Forklaringen er at dalene og fjordene i hoved-



Figur 14 Vindfordeling i januar (1961-75)

trekk har retningen Ø - V eller SØ - NV. Langs kysten av Øst-Finnmark blåser det også fralandsvinder, men retningen er nå tydelig SV. Et topografisk kart viser at fjordretingen i denne delen av landet er SSV - NNØ. Dette kan forklare fremherskende vind på denne kyststrekningen, men det er fortsatt vanskelig å forstå hvorfor overgangen fra SØ til SV utenfor Finnmarkskysten er så markert. Se figurene 13 og 14.

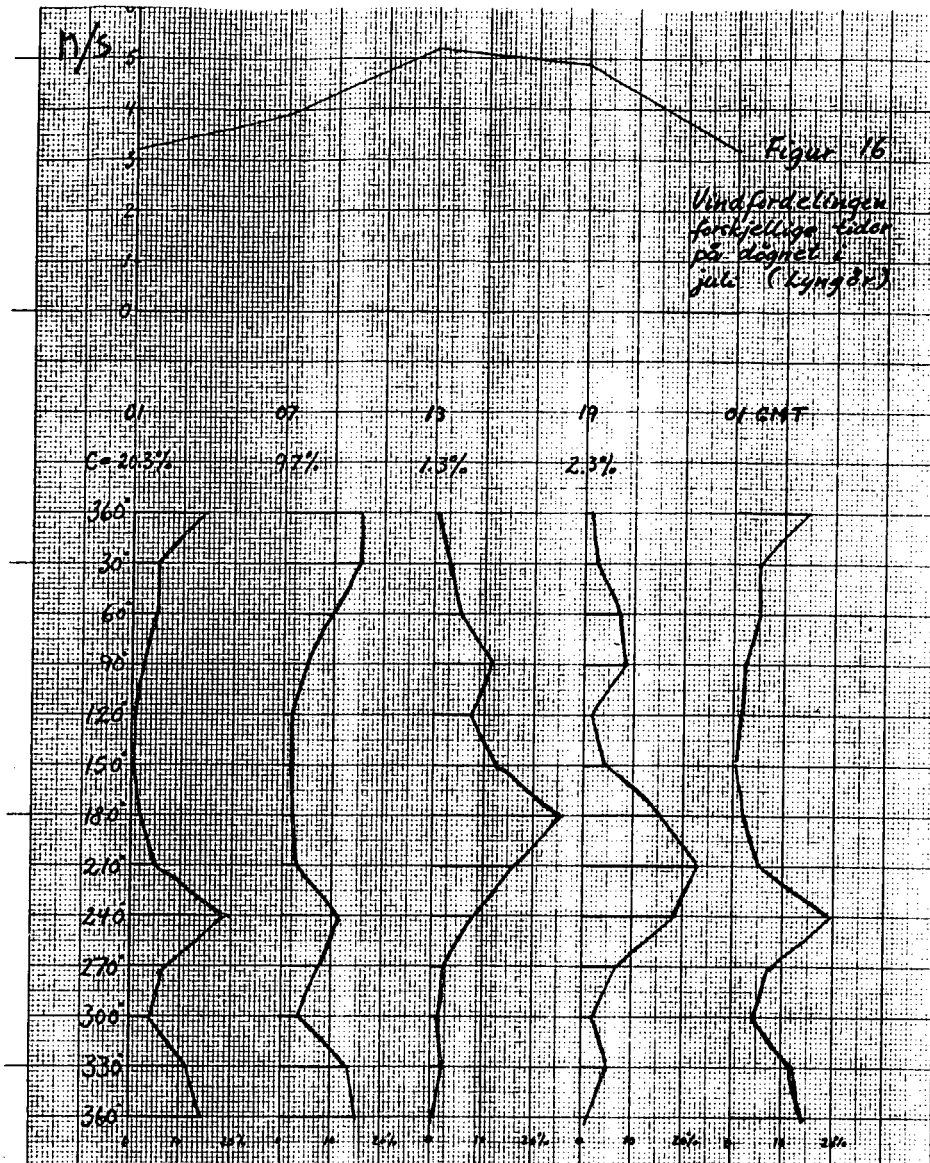


Figur 15

Vindfordelingen forskjellige tider i døgnet i januar på Lyngør fyr (1971-80)

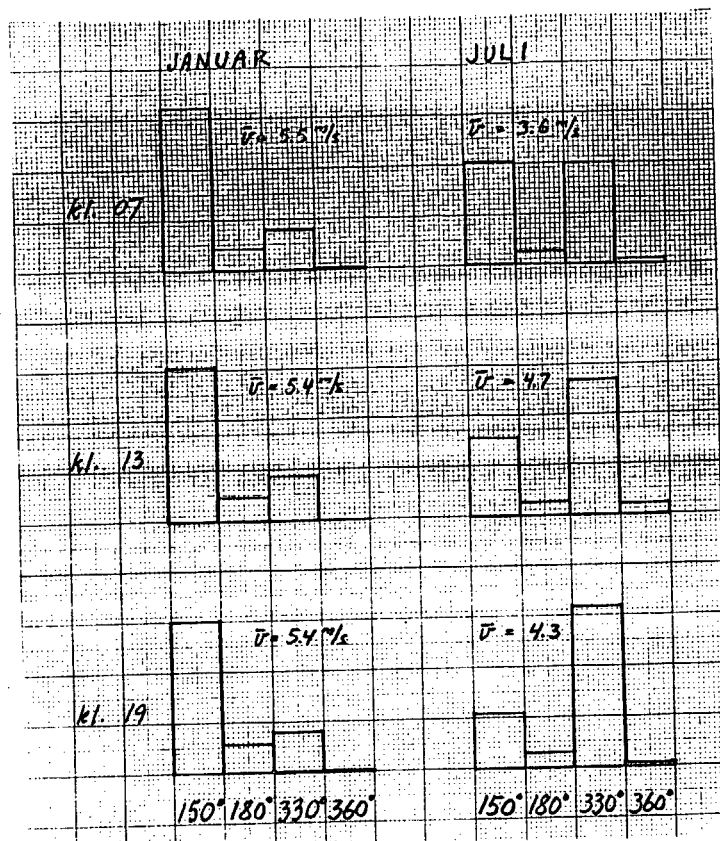
Land- og sjøbris/Berg- og dalvind. Monsunsirkulasjonen har, som vi har sett, en årlig periode. Om sommeren har vi to sirkulasjonssystemer som har en døgnlig periode. De er termisk betinget, dvs. at de er avhengig av sterk innstråling om dagen, utstråling om natten. Det må altså være relativt lite skyer om sirkulasjonen skal bli av betydning.

Sjø- og landbrisen opptrer i kyststrøkene og er sterkest på Skagerrak-kysten. Det skyldes at innstrålingen er sterkest lengst i sør og at denne kyststrekningen er den mest solrike i Norge. Figurene 15 og 16 viser et eksempel fra denne delen av kysten. I januar er det ingen døgnlig variasjon og hovedvindretningen er, som vi har sett, NØ. Det er heller ingen særlig



Figur 16 Vindfordelingen forskjellige tider i døgnet i juli på Lyngør fyr (1971-80)

endring i vindhastigheten gjennom døgnet. I juli, derimot, er det store variasjoner både i vindretning og vindhastighet. Om morgenen (kl. 07) er det vind fra N og NØ som dominerer, men dette endrer seg raskt utover dagen. NØ-vinden avtar og det begynner å blåse fra S (se kl. 13). Vinden øker i hastighet. Utover ettermiddagen dreier vinden mot SV (kl. 19) og er fortsatt ganske sterk. Utover kvelden avtar vinden, noen ganger dreier den ytterligere mot VSV, noen ganger er det vind fra NØ som igjen begynner å gjøre seg gjeldende (kl. 01).

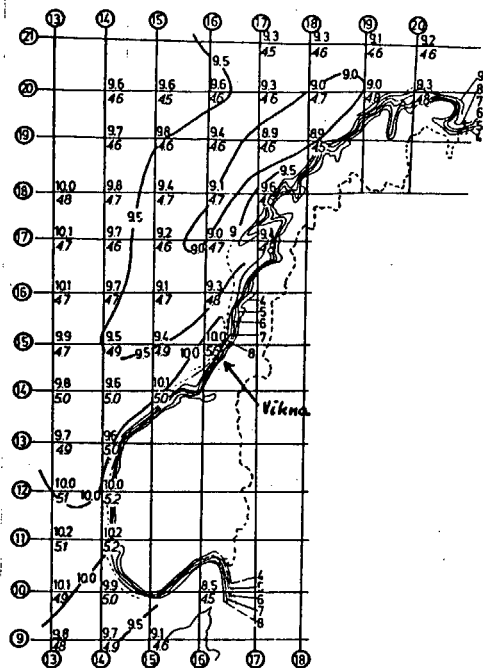


Figur 17  
Vindfordelingen forskjellige  
tider i døgnet i januar og  
juli på Sæter i Kvikne  
(1961-75)

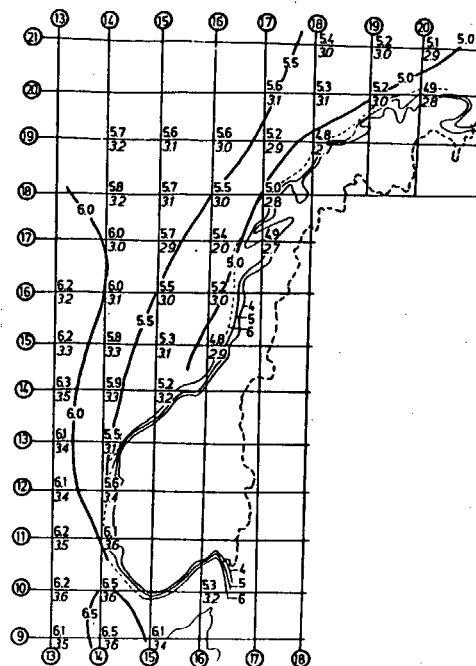
Berg- og dalvinden har et liknende forløp, men vi får ingen gradvis endring av vindretningen. Mellom kl. 7 og kl. 13 skifter vinden fra å blåse nedover dalen til å blåse oppover dalen. Se figur 17.

Ingen av de 2 siste figurene viser de lokale sirkulasjonstypene i rendyrket form. Tvert imot, samtlige observasjoner gjennom en lengre periode er med. Det er bare når trykkgradienten i isobarfeltet er svakt at disse lokale vindsystemene blir tydelige. Årsaken til disse døgnlige variasjonene er å finne i den horisontale forskjellen i oppvarming og avkjøling. Dersom denne blir markert, vil de lokale vindene alltid påvirke det generelle vindfeltet, enten svekke det eller forsterke det.

Vindstyrken er avhengig av de faktorer som er nevnt ovenfor. Vi skal nå se på typiske trekk i vindstyrkefordelingen. Figurene 18 og 19 viser medianvinden langs med kysten i hhv. januar og juli (middelvindhastigheten ligger stort sett 0.5-1.5 m/s over medianvindhastigheten). Et typisk trekk sommer og vinter er den sterke økningen av vindhastigheten fra kysten og utover. Langs med kysten er det mindre varia-



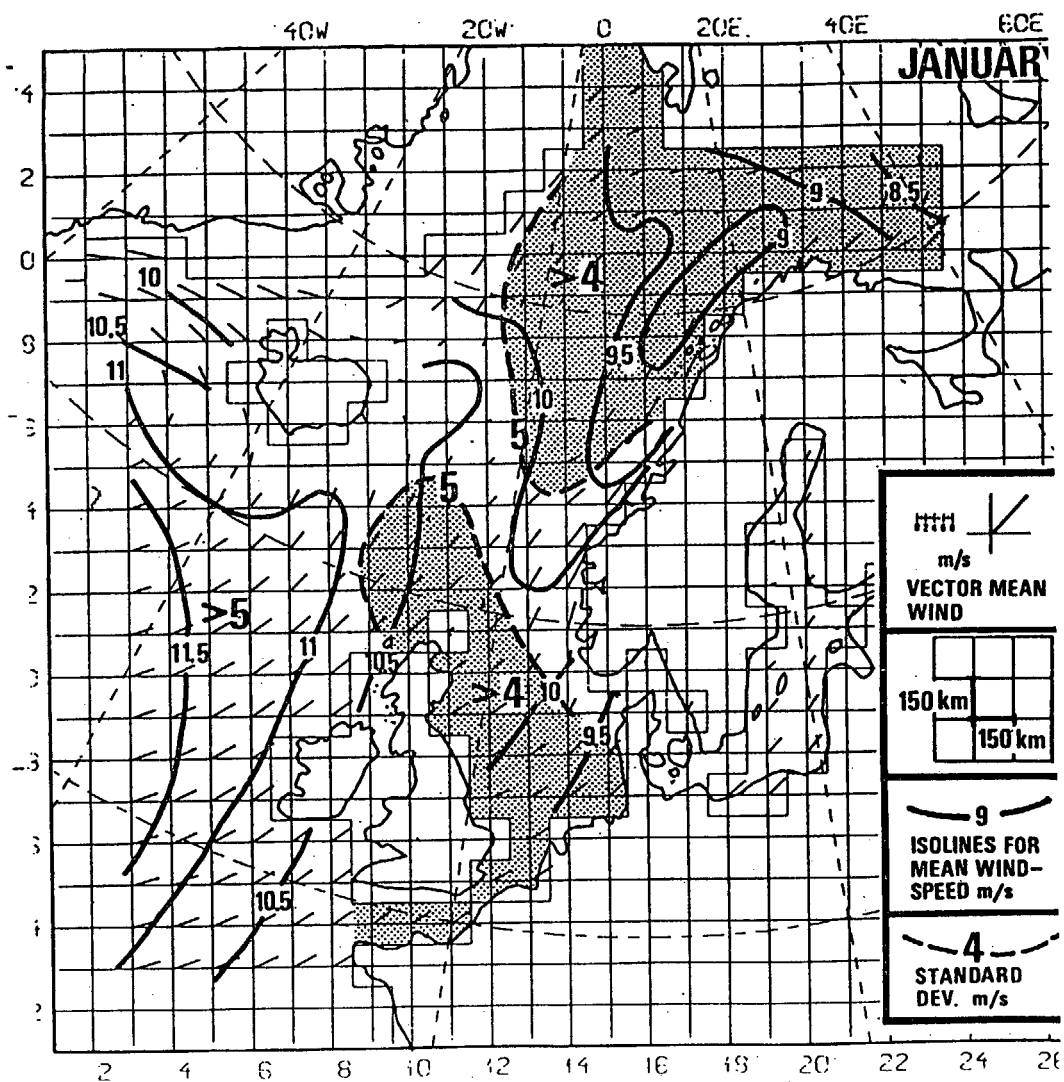
Figur 18 Januar



Figur 19 Juli

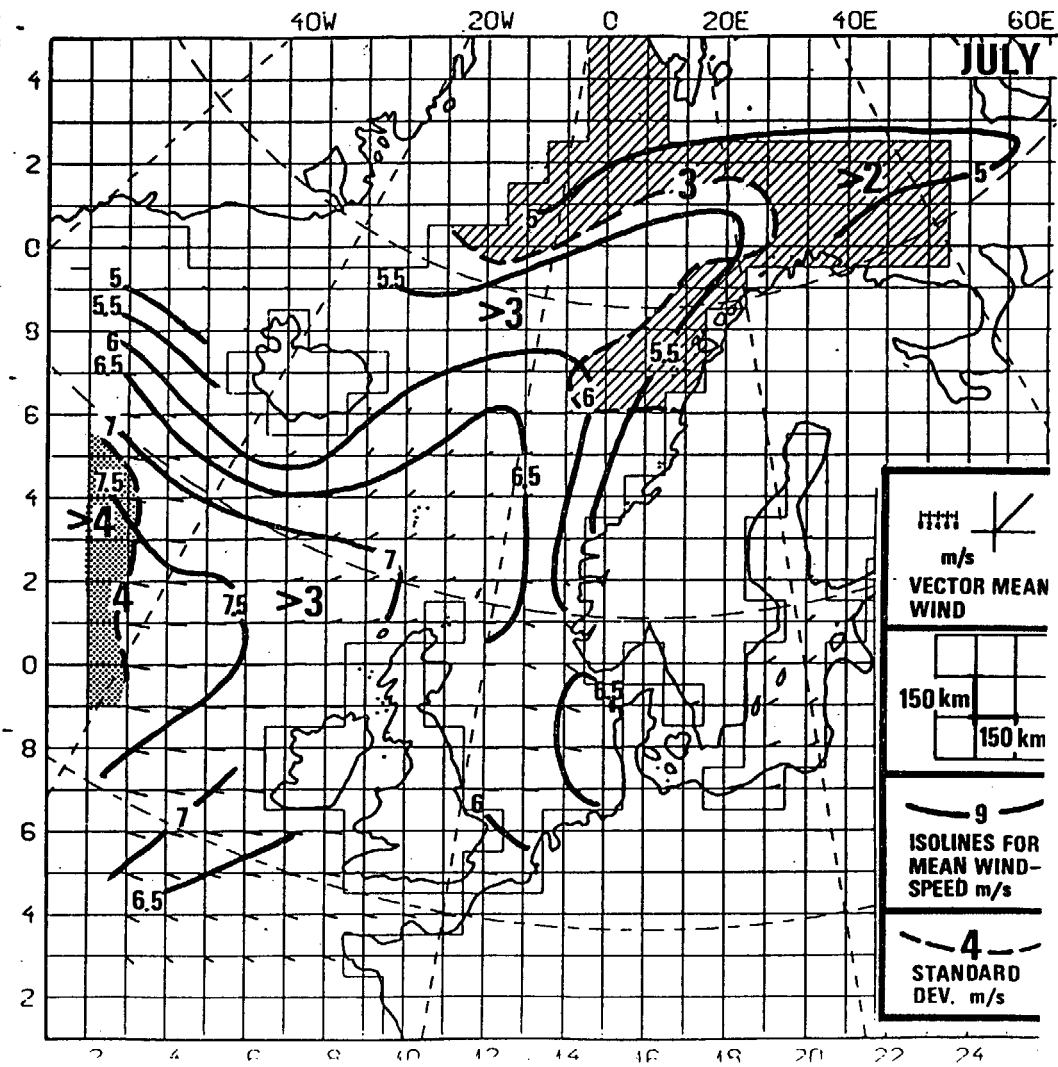
Medianvinden langs kysten (Johannesen, Johansen, Spinnangr 1980, Børresen 1983)

sjoner. Et spørsmål som stadig kommer igjen er dette: Hvilken kyststrekning er mest vindutsatt? Det er ikke så lett å svare på fordi vi ikke vet i hvilken grad stasjonene langs kysten er representative for større områder. Tidligere hadde vi bare disse, nå er også vinddata fra skip utenfor Norskekysten bearbejdet, slik at vi har et bedre grunnlag å gå ut fra. Om vinteren (januar) ser det ut til at kysten fra Stad til Vikna (øygruppe i Nord-Trøndelag) har den sterkeste middelvinden. Om sommeren er det sterkest vind på strekningen fra ytre Oslofjord til Vikna. At kyststrøkene i Sør-Norge har såpass sterk vind skyldes nok solgangseffekten, som er sterkest i denne delen av landet. Sannsynligvis er det også et lokalt maksimum omkring Stad og Nordkapp, både sommer og vinter pga. den såkalte hjørneeffekten. Middelvindkartene fra Norskehavet

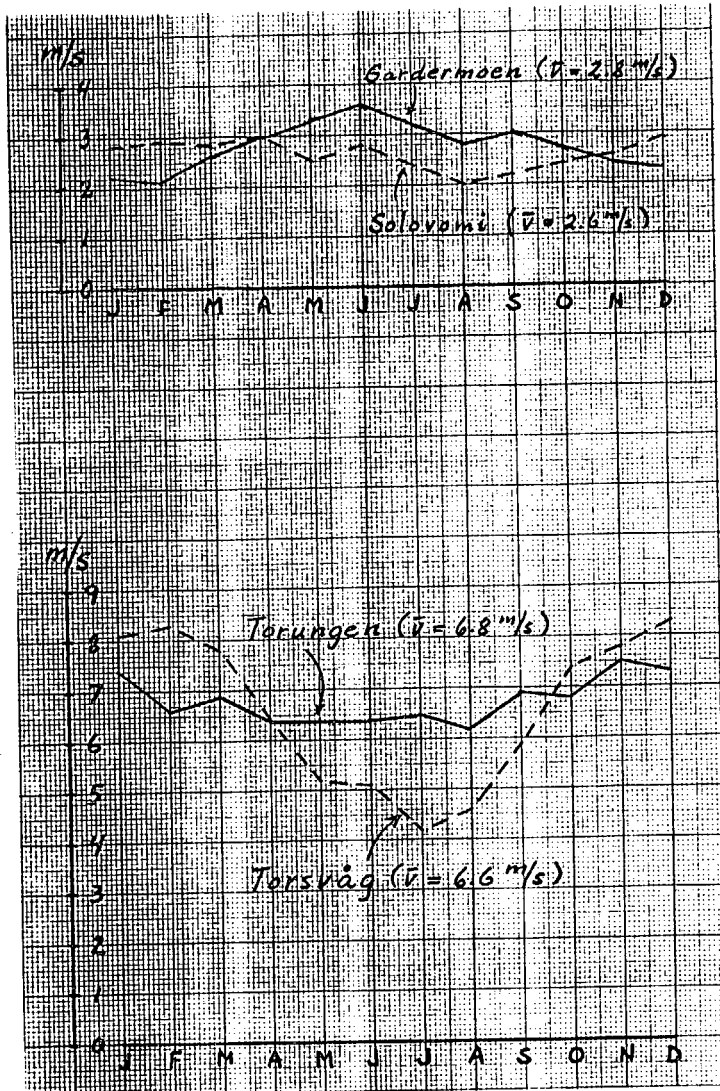


Figur 20 Middelvindkart for Norskehavet (Børresen 1983)

for januar og juli (figurene 20 og 21) får ikke frem alle effekter. De viser generelt at middelvindhastigheten er sterkest 200-400 km fra Norskekysten og at den avtar nordover. I januar er det faktisk et minimumsområde utenfor Troms. Men kartet viser også at middelvinden, i et smalt belte, er sterkere langs kysten fra Stad til Nordkapp enn like utenfor.



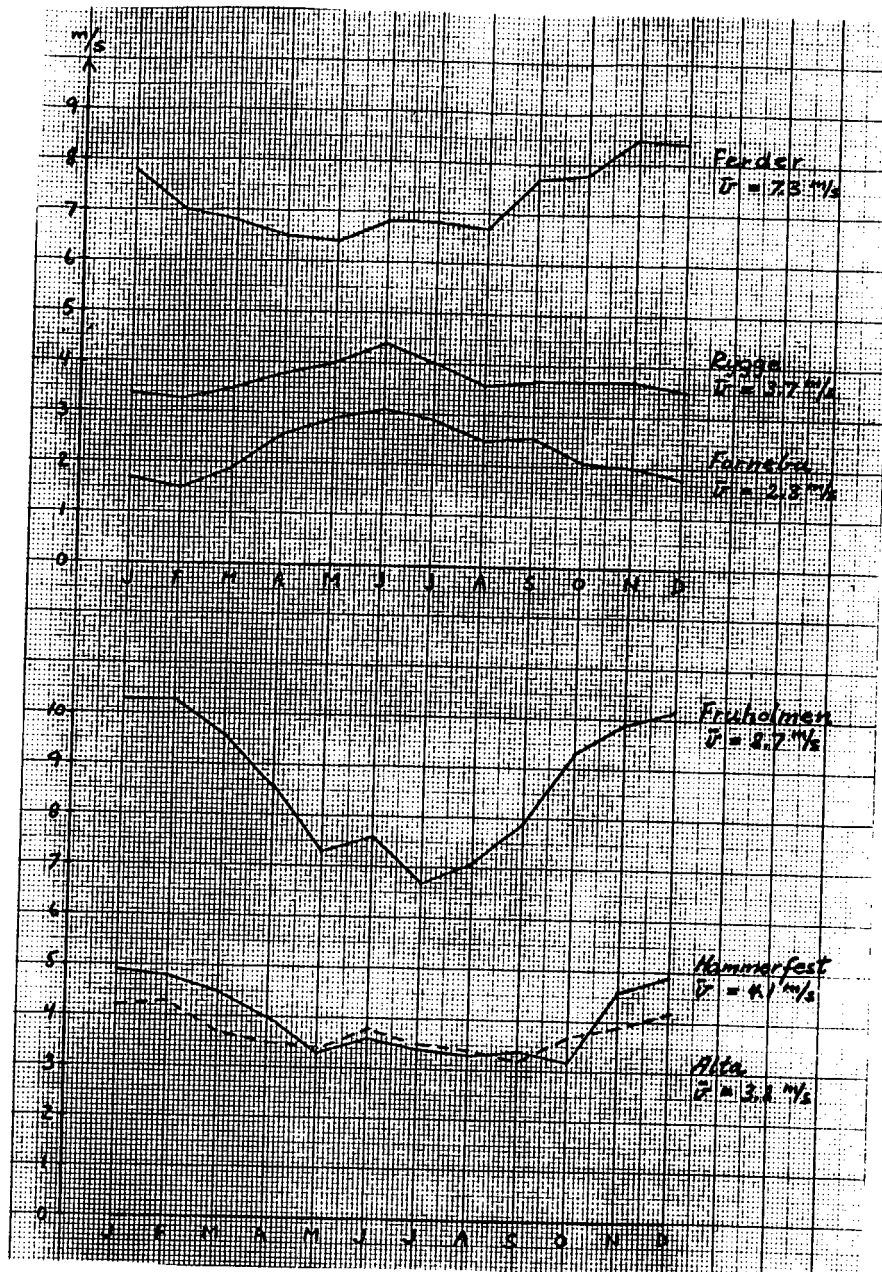
Figur 21 Middelvindkart for Norskehavet (Børresen 1983)



Figur 22

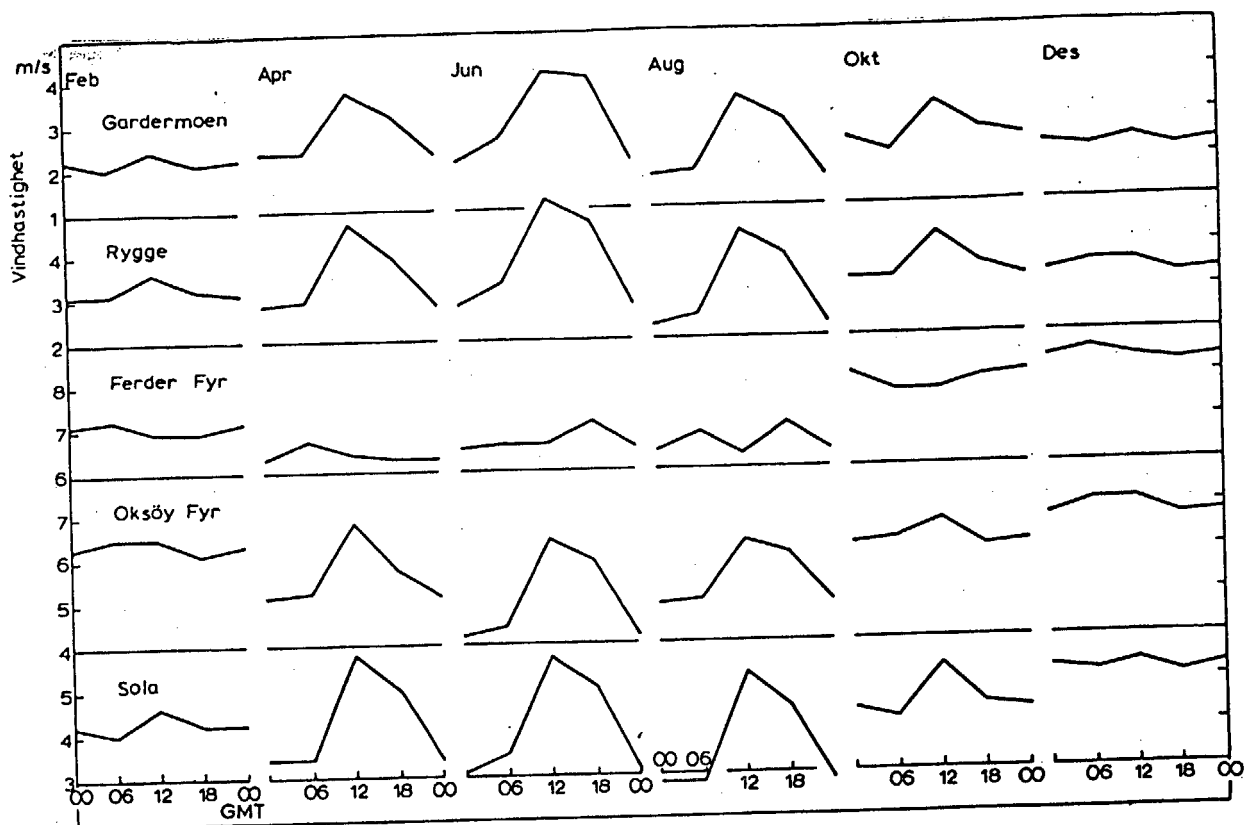
Middelvindhastighetens variasjon gjennom året (1961-75)

Det er interessant å se variasjonen i middelvindhastigheten for værstasjoner i nord og sør. Figur 22 viser 2 innlandsstasjoner og 2 kyststasjoner, der begge kategorier har omtrent samme årsmiddel. Gardermoen har lavest middelvindhastighet om vinteren, Solovomi i sommerhalvåret, bortsett fra juni. Da har også innlandsstasjoner i nord et sekundært maksimum. Solovomi ligger forholdsvis ubeskyttet på den nordlige del av Finnmarksvidda. Områder på Vidda som ligger lavere og mer skjermet, har en årsvariasjon som minner mer om Østlandet. På Skagerrak-kysten (Torungen) er det bare en liten variasjon gjennom året. Når lavtrykksaktiviteten går ned i sommerhalvåret, slik vi ser er tilfelle på kysten av Troms (Torsvåg), så kommer virkningen av soloppvarmingen for fullt på Torungen. Derved opprettholdes en jevnt sterk middelvind hele året igjennom.



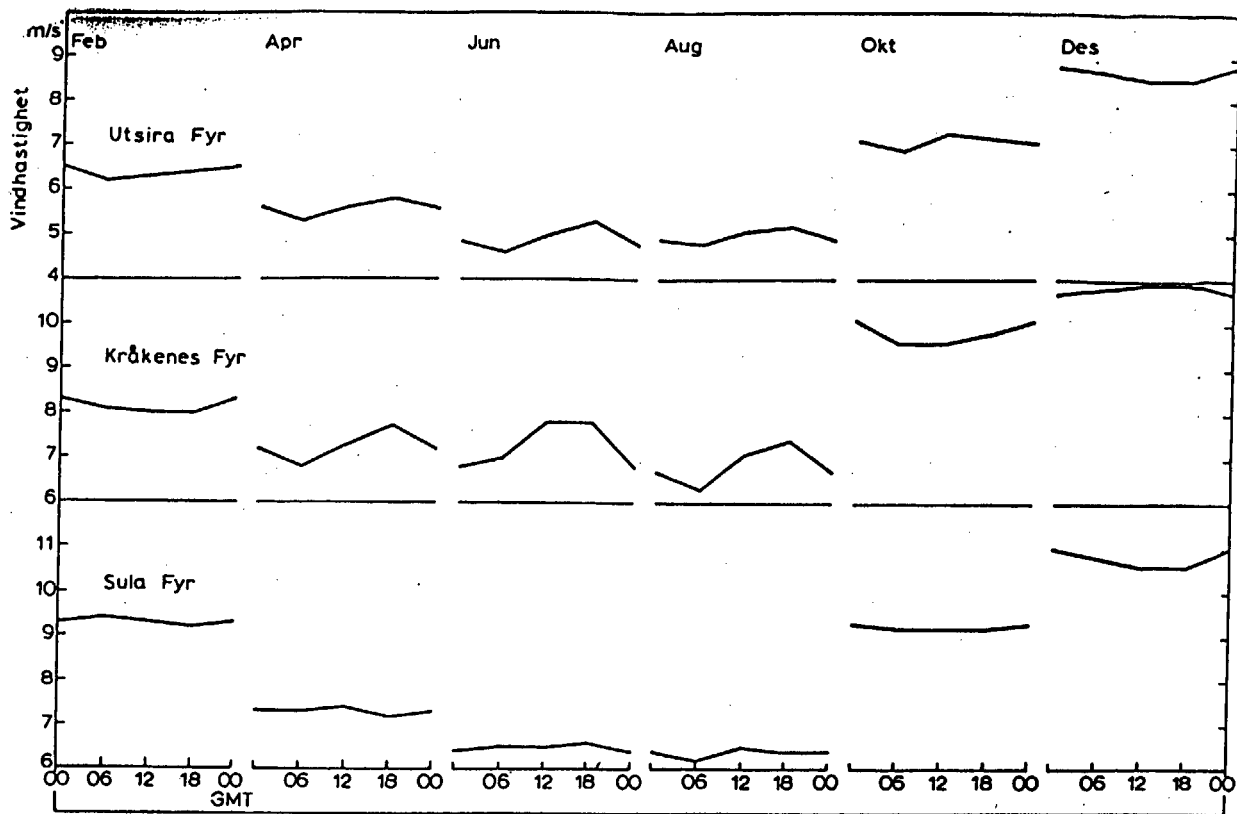
Figur 23 Middelvindhastighetens variasjon gjennom året (1961-75)

I figur 23 ser vi på variasjonen innerst i Oslofjorden og Altafjorden og går så utover i fjorden hhv. sørover og nordover. Vi ser da at det blir en markert økning i vindhastigheten i vintermånedene etter hvert som vi fjerner oss fra innlandet. Middelvinden om sommeren øker også denne veien, men ikke like raskt.

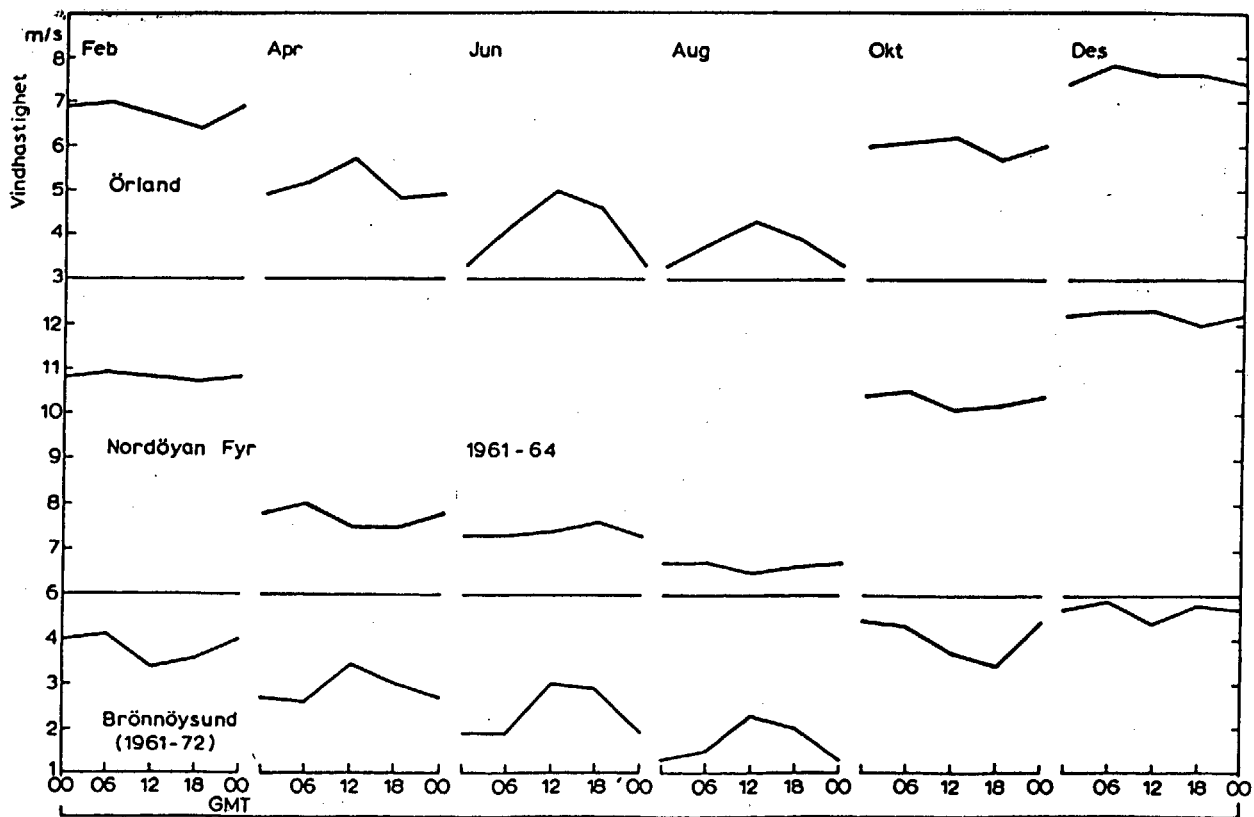


Figur 24 Døgnlig variasjon i middelvindhastigheten (m/s) gjennom året (1961-75).

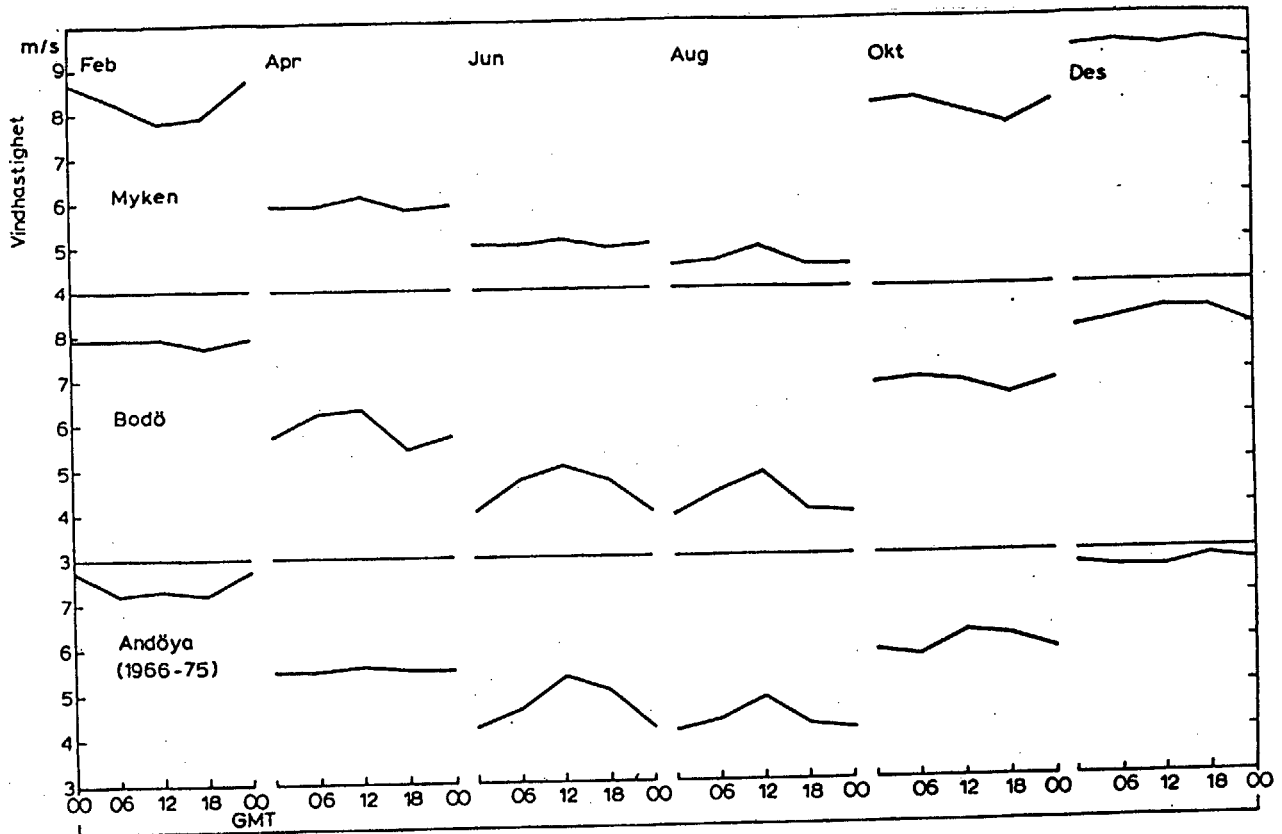
Vi har sett at den årlige variasjonen i vindstyrken kan være meget stor. At det også er en døgnlig variasjon, viser figurene 24-28. Av de stasjonene som er med, ligger alle, bortsett fra Gardermoen og Bardufoss, langs kysten. Noen ligger på småøyer eller holmer utenfor fastlandet. Se fig. 3. Hvis vi tenker oss en utjevnet kystlinje, så ligger Ferder fyr ca. 10 km fra denne, Oksøy fyr 3 km, Utsira fyr 15 km, Sula fyr 15 km, Nordøyan fyr 10 km, Myken 25 km og Fruholmen fyr 20 km fra. Av disse er det bare Oksøy fyr som har en markert døgnlig gang i vindhastigheten. Avstanden ut fra kysten ser altså ut til å være en avgjørende faktor for hvorvidt det vil være en døgnlig gang i vindhastigheten eller ikke. Værstasjoner som ligger mer enn 10-15 km fra land (fastland eller store øyer) kan ikke sies å ha noen utpreget døgnlig variasjon i noen tid av året. Virkningen av det lokale sirkulasjonsmønsteret langs kysten i sommerhalvåret blir for liten i forhold til det storstilte vindfeltet, som derved blir den



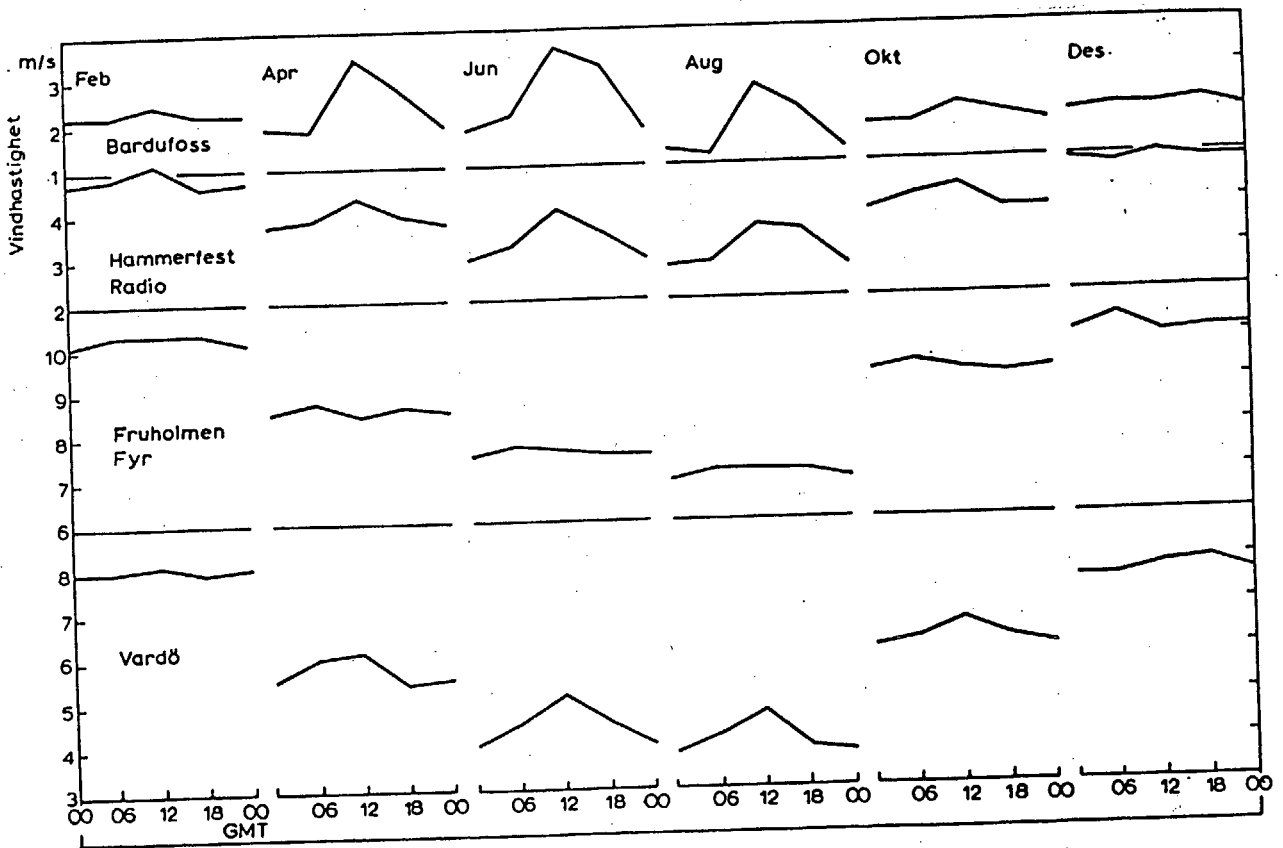
Figur 25 Døgnlig variasjon i middelvindhastigheten (m/s) gjennom året (1961-75).



Figur 26 Døgnlig variasjon i middelvindhastigheten (m/s) gjennom året (1961-75).



Figur 27 Døgnlig variasjon i middelvindhastigheten (m/s) gjennom året (1961-75).



Figur 28 Døgnlig variasjon i middelvindhastigheten (m/s) gjennom året (1961-75).

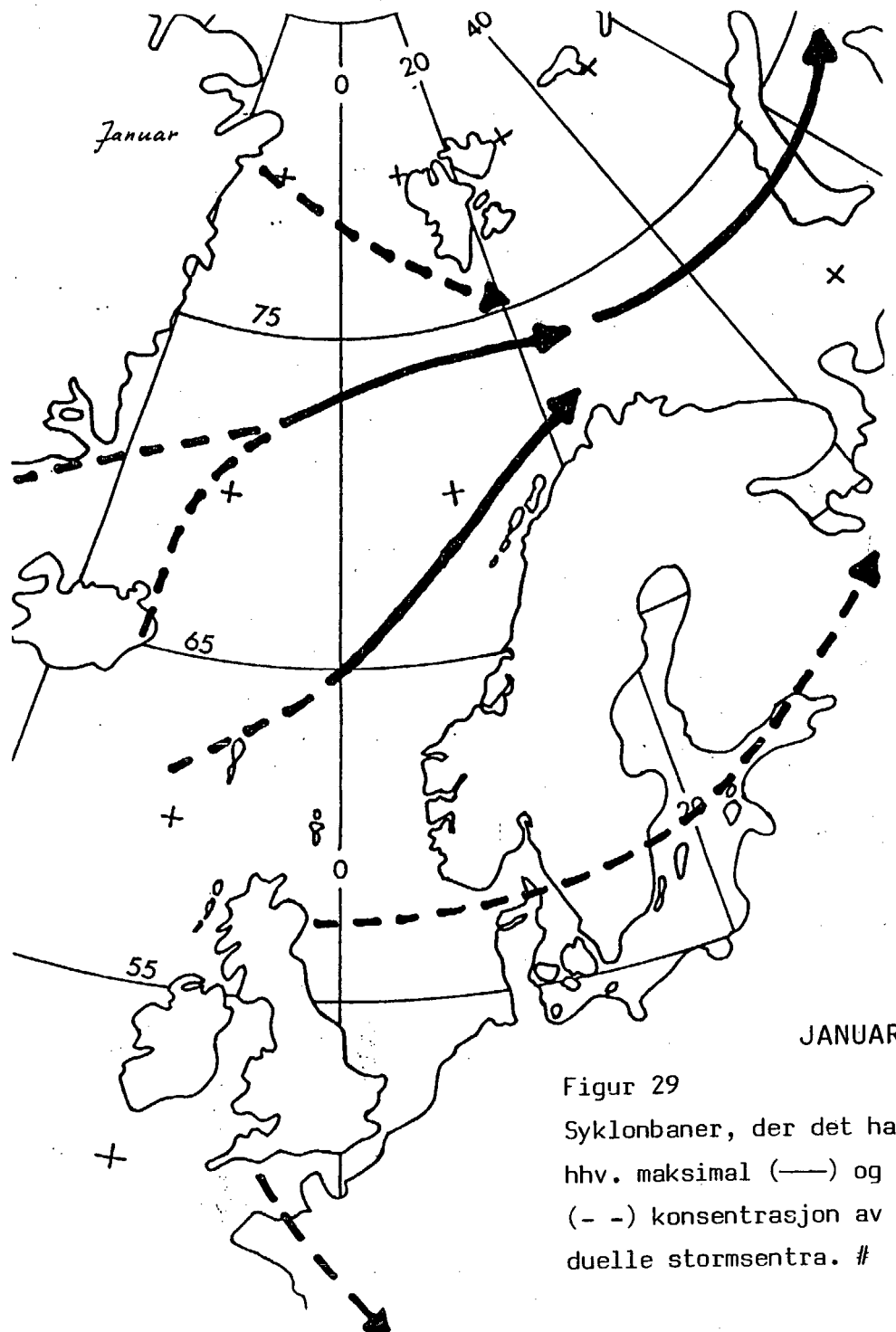
bestemmende faktor for vindforholdene. Vi ser av figuren at differensen mellom høyeste og laveste hastighet midtsommers for de fleste stasjonene utenfor fastlandet ligger mellom 0.2 og 0.4 m/s. På Utsira fyr og Ferder fyr er det en døgnlig variasjon på 0.7 m/s. Dette kan skyldes at Utsira fyr ligger på en relativt stor øy (sammenlignet med de andre fyrstasjonene utenfor kystlinjen), som setter opp sitt eget lokale sirkulasjonsmønster og at Ferder fyr i virkeligheten ikke ligger lenger unna Tjøme enn ca. 6 km. På Oksøy fyr er det i gjennomsnitt en differens på 2.2 m/s mellom kl. 13 og kl. 01, men her er avstanden til fastlandet bare 3 km. I april og august er det fortsatt en markert døgnlig gang, mens det i månedene desember-februar bare er opptil 0.4 m/s mellom høyeste og laveste verdi. Om vinteren er det således ingen tydelig variasjon i vindhastigheten for noen av stasjonene utenfor kystlinjen.

På fjellstasjoner som Fanaråken (2062 m.o.h.), Vennafjell (671 m.o.h.), Vardefjell (635 m.o.h.) og Kletkovfjell (794 m.o.h.) er det bare liten eller ingen døgnlig variasjon i vindhastigheten (0.3-0.8 m/s). Disse stasjonenes vindklima er i langt større grad enn for lavlandsstasjonene bestemt av de storstilte vindfelter. Ja, endog Egnerfjell (247 m.o.h.) har bare en variasjon på 0.5 m/s i juli.

De øvrige fastlandsstasjonene har alle en markert døgnlig gang i vindhastigheten om sommeren. Variasjonen er størst i sør (Sola: 2.6 m/s), men også tydelig i nord (Bardufoss: 1.8 m/s). Det ser ikke ut til å være noen særlig forskjell på kyststasjoner og innlandsstasjoner. Midtvinters er det ingen døgnlig variasjon av betydning.

#### STORMHYPPIGHET

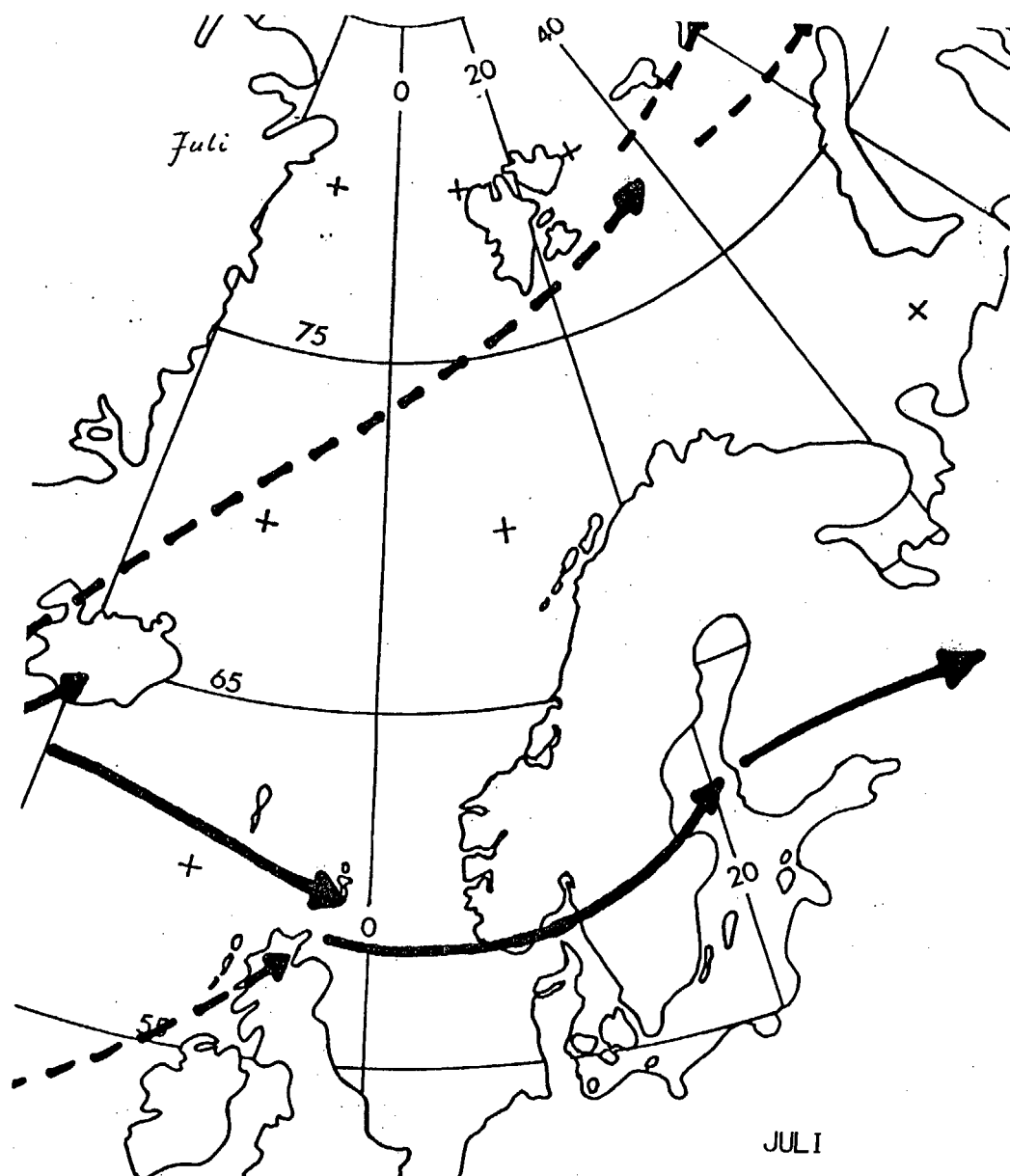
Vi har hittil sett alle vindobservasjoner under ett. Nå vil vi se på de tilfelle da middelvinden over 10 minutter er høyere enn 20 m/s, eller over 20.7 m/s for å holde oss strengt til Beaufort-skalaen. Se figur 1. Som oftest er det nærgående, intense lavtrykk som forårsaker storm i Norge. Lavtrykkene har stor fart. Høydestrømmen er sterk. Slike lavtrykk omgir seg med et sterkt vindfelt, og det kan blåse storm mer enn 500 km unna selve lavtrykksentret.



Figur 29  
 Syklonbaner, der det har vært  
 hhv. maksimal (—) og moderat  
 (- -) konsentrasjon av indivi-  
 duelle stormsentra. #

Figur 29 viser de områdene som har hatt størst konsentrasjon av individuelle stormsentra i januar. Vi skal særlig konsentrere oss om den stormbanen som går langs kysten av N-Norge. Den vil forårsake sterk vind over hele S-Norge, sterkere jo lenger nord vi kommer. Fra Stad og nordover får vi først en periode med sørøstlig vind, som øker i styrke etter hvert som lavtrykket nærmer seg, opptil storms styrke, dernest en periode med sørvest som vil være av storms styrke.

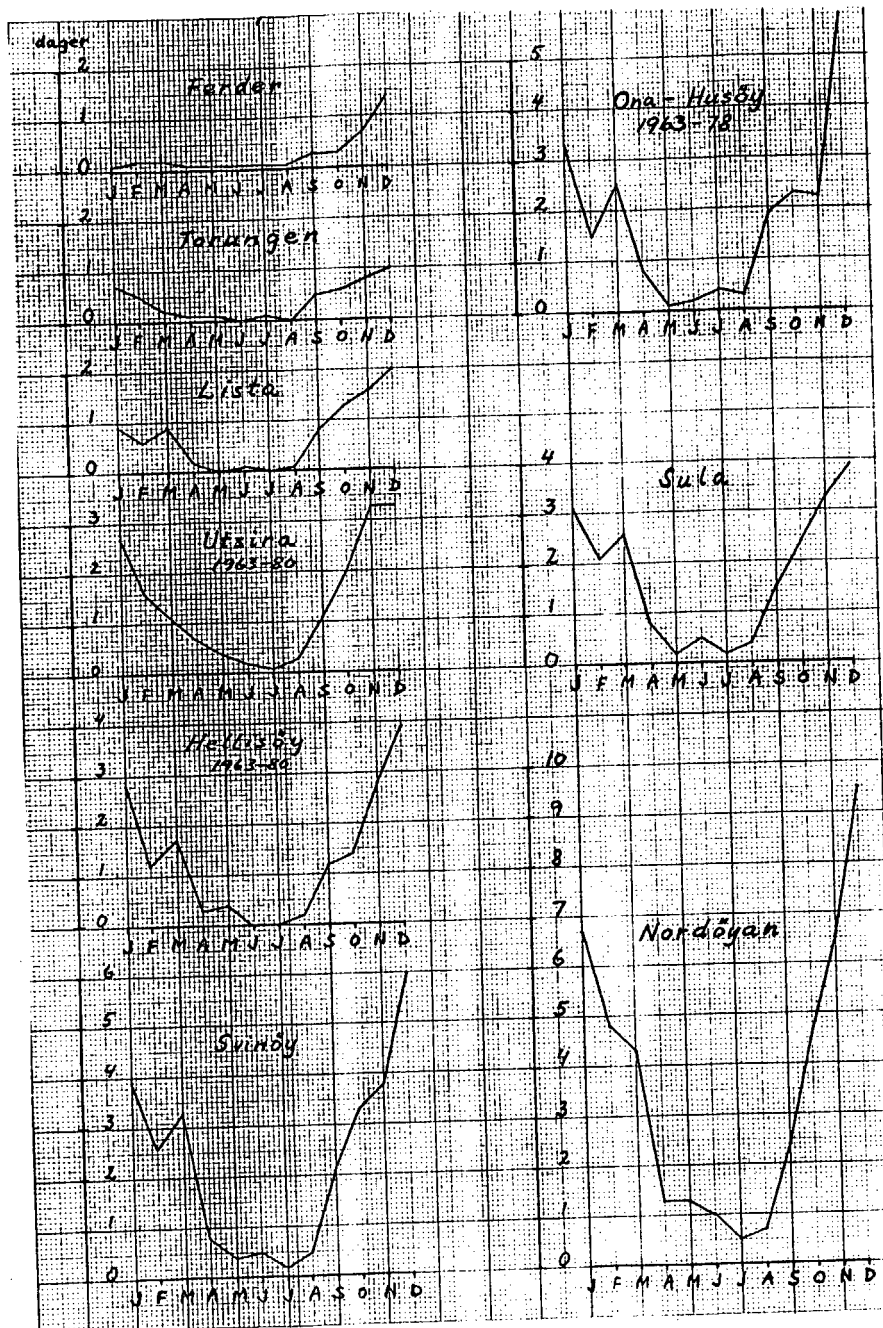
-----  
 #Kilde: U.S.Navy Marine Climatic Atlas of the World (5 - 10 års data)



Figur 30 Syklonbaner, der det har vært hhv. maksimal (—) og moderat (- -) konsentrasjon av individuelle stormsentra. #

Til slutt kommer en periode med nordvestlig vind, som kan bli meget sterk, i form av stormbyger. Kysten av N-Trøndelag er kanskje det området av landet som i størst grad får storm i alle disse fasene. Områdene lengst i nord, i hvert fall øst for Nordkapp, opplever sjelden storm av noen særlig varighet.

Også om sommeren kan det bli kraftige uvær, men de når sjelden opp i storms styrke. Figur 30 viser størst konsentrasjon av stormsentra utenfor S-Norge, men fordi hyppigheten er liten på denne tiden av året og perioden med data er kort, så blir usikkerheten i stormbanene relativt stor.

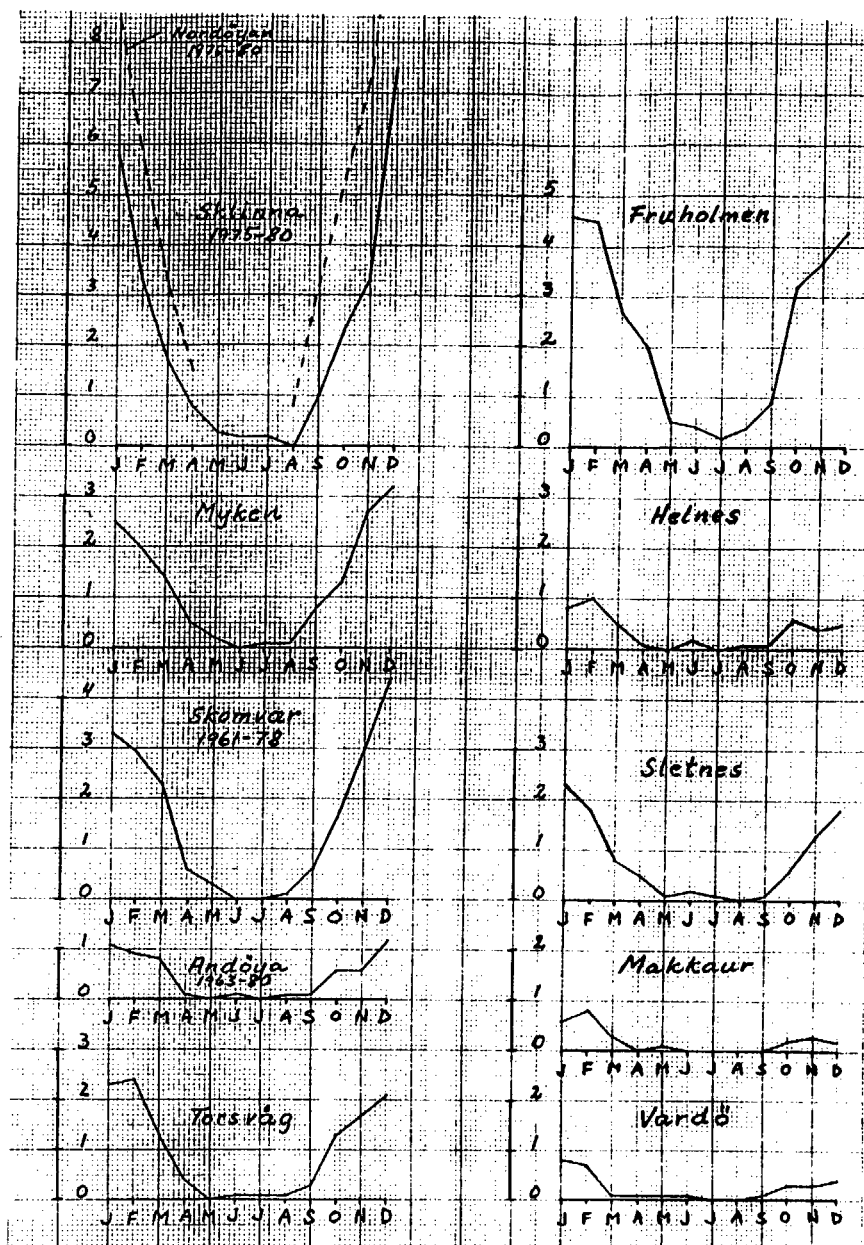


Figur 31

Gjennomsnittlig antall stormdager i perioden 1961 - 1980

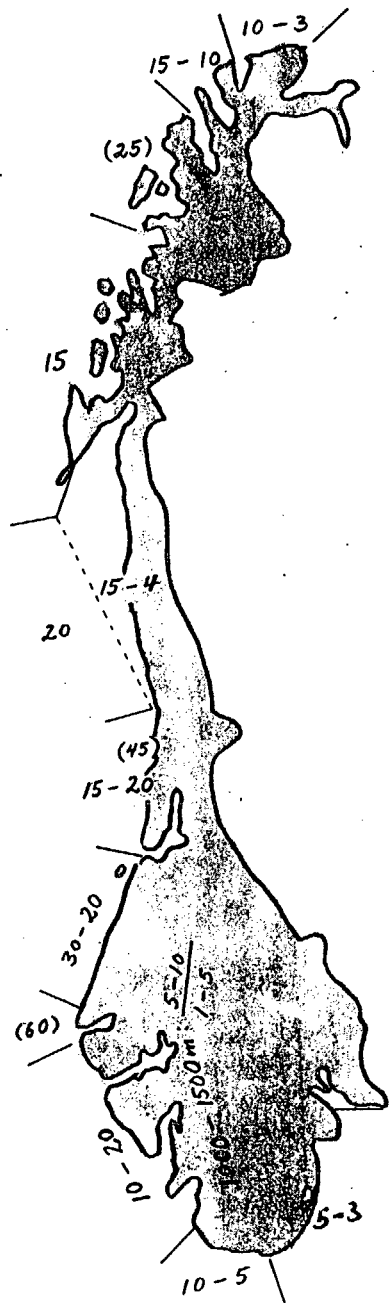
Stormdager på kysten. En stormdag, i meteorologisk terminologi, er en dag det en eller annen gang i tidsrommet kl. 19 til 19, har blåst storm. En 10-minutters periode i løpet av 24 timer med middelvindhastighet over 20.7 m/s, er altså tilstrekkelig. Vi har beregnet antall stormdager for en del utvalgte stasjoner langs Norskekysten (figurene 31 og 32). Fra Ferder til Lindesnes er den mest stormfulle måneden desember, med 1-2 stormdager i gjennomsnitt. Fra Lindesnes til Sklinna er det omkring 4-6 stormdager i desember, ved Nordøyen fyr hele 9-10 dager. Videre nordover avtar stormdagene igjen.

Figur 32  
Gjennomsnittlig  
antall stormdager i  
perioden 1961 - 1980



(Andøya er ikke representativ for kysten utenfor). På kysten av Troms og Finnmark er det hyppigst storm i januar og februar, og hyppigheten avtar øst for Nordkapp. Langs Varangerhalvøya er det i gjennomsnitt under 1 stormdag i den "uroligste" måneden.

Det er en stor variasjon i antall stormdager året gjennom. Spesielt er nedgangen fra mars til april stor. (I Troms og Finnmark er nedgangen fra februar til mars mer markert). Økningen fra august til september er stor i S-Norge og øker jevnt utover høsten frem til nyttår. I Troms og Finnmark er det relativt rolige vindforhold også i september. Generelt for landet kan vi vel si at storm-sesongen varer fra september til mars sør for Vestfjorden, og fra oktober til mars/april nordafor.



Figur 33

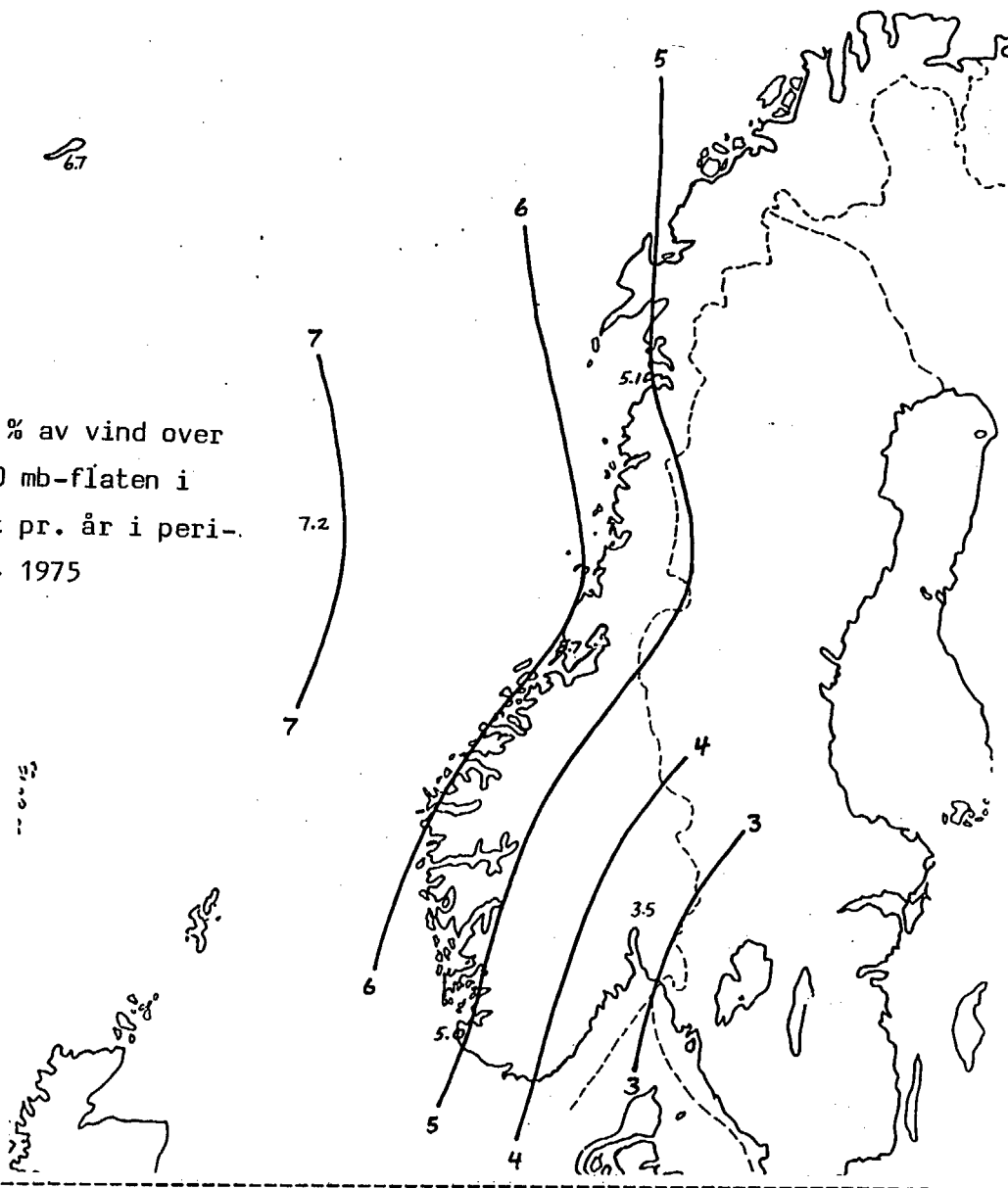
Midlere antall stormdager pr. år  
(1961 - 80)

Ser vi på det midlere antall stormdager totalt for året, viser det seg at kyststrekningen fra Stad til Vikna er mest utsatt med over 20 stormdager pr. år. Se figur 33. Nå er disse tallene basert på observasjoner som er gjort på fyrstasjoner relativt langt til havs. Antall stormdager avtar raskt innover. På Ørland ved utløpet av Trondheimsfjorden, er det f. eks. bare 5 stormdager i året. Til sammenligning har Sula 21 dager. Figuren viser ellers den omtrentlige fordelingen langs kysten. Vi er litt usikre på hvor representative stasjonene Kråkenes, Nordøyan og Fruholmen er. De fleste fyrstasjonene utenfor kysten er antagelig påvirket av forsterkende vindeffekter, og vi tror at Kråkenes i særlig grad er utsatt for dette.

Stormdager i fjellet. I fjellet er det også mange lokale effekter og det er vanskelig å si hvor store områder de enkelte stasjonene representerer. Vi antar at det i de vestlige fjelltrakter er 5-10 stormdager pr. år i 1000-1500 meters høyde, utenom toppene. Stormhyppigheten avtar østover. På fjelltopper over 1500 m, må en regne med verdier som tilsvarer det man har ytterst på kysten. Den tidligere meteorologiske stasjonen på Fanaråken (2062 m) hadde i perioden 1961-78 hele 57 stormdager pr. år. Vi nevner ellers: Gaustatoppen (1828 m) 3, Vennafjell (671 m) 10, Vardefjell (635) 16 og Kletkovfjell (794 m) 6

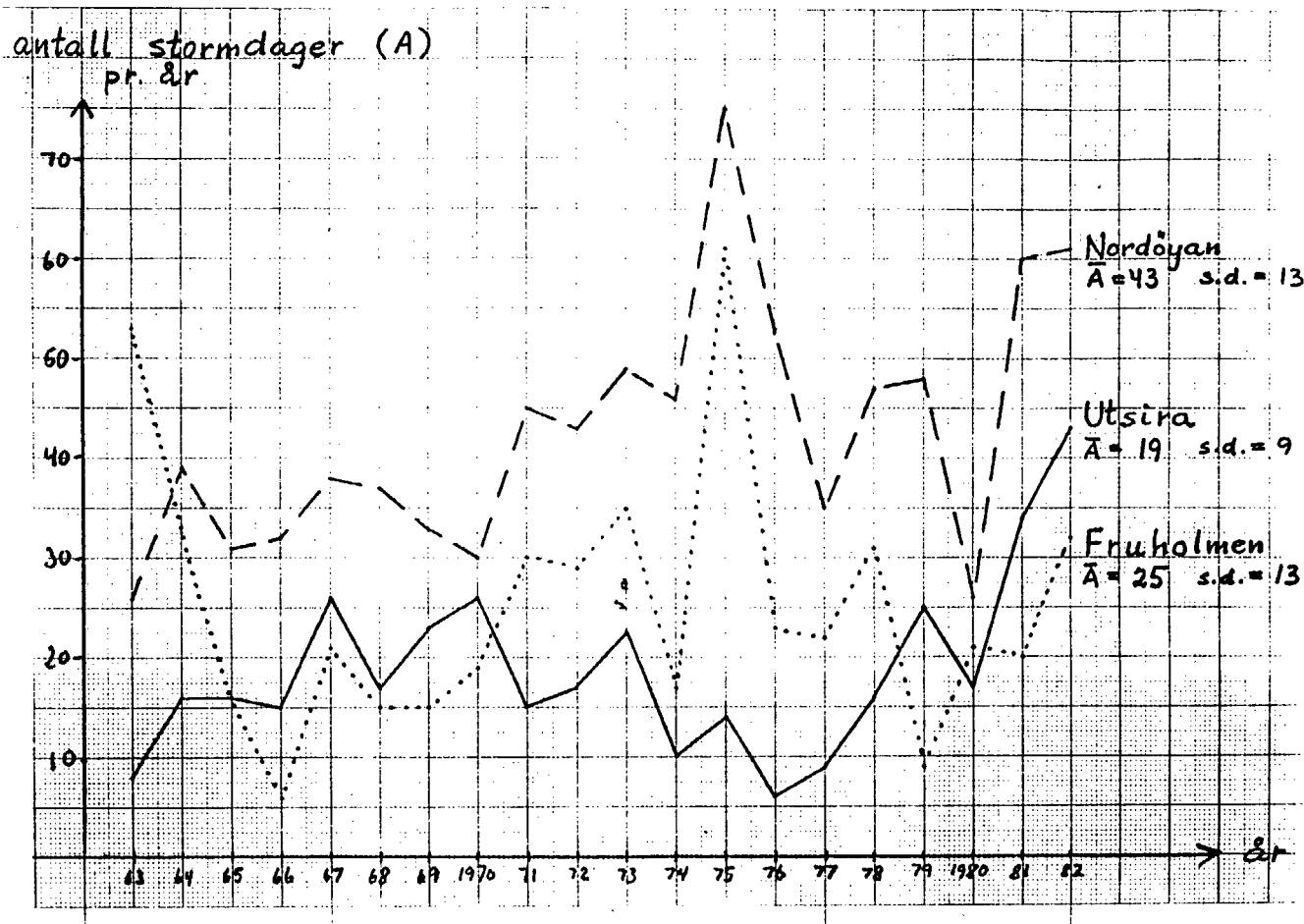
Figur 34

Hyppighet i % av vind over  
21 m/s i 850 mb-flaten i  
gjennomsnitt pr. år i peri-  
oden 1961 - 1975



stormdager pr. år. Men vær oppmerksom på at alle disse obser-  
vasjonene er skjønsmessige, med de usikkerheter som da kommer  
inn ved sammenlikninger mellom stasjonene. Av disse observa-  
sjonene synes Fanaråken å være for høy, mens Gaustatoppen synes  
å være for lav.

I figur 2 så vi på vindretningsfordelingen i ca. 1500  
meters høyde i den frie atmosfære. Nå vil vi se litt på antall  
observasjoner over 21 m/s i luftrommet over de få radiosonde-  
stasjonene vi har. Figur 34 viser den årlige prosent med obser-  
vasjoner over den angitte vindhastighet. Vi ser at stormhyppig-  
heten avtar østover og at vi langs kysten har størst hyppighet  
fra Stad til Vikna. Kurvetrekkingen er imidlertid meget sub-  
jektiv og viser bare én av flere mulige løsninger.



Figur 35 Antall stormdager pr. år

Langs med kysten fra Sola til Bodø har vi 20-40 dager pr. år i gjennomsnitt med vind over 21 m/s (tallet ligger nok nærmere 20 enn 40) i 850 mb-flaten. I den frie atmosfære over Østlandet er det bare litt over halvparten så mange slike dager. Med vind av denne styrke ligger antagelig høyden av trykk-flaten nærmere 1000 enn 1500 m over havets nivå, fordi det er en sammenheng mellom sterk vind og lavtrykksutvikling. Polarlavtrykk. I de nordligste havområdene opptrer av og til lavtrykk på liten skala i ustabil luft om vinteren. De kommer svært ofte overraskende på meteorologene, pga. det glisne stasjonsnett til havs. Disse polarlavtrykkene eller instabilitetslavtrykkene kan gi meget sterk vind, men forsvinner fort om de kommer inn over land. Det er altså bare i kyststrøkene disse lavtrykkene kan gi storm, og da blir det som regel av kort varighet.

Fallvinder. I fjord- og dalstrøk på Vestlandet og i Nord-Norge kan man oppleve fallvinder av meget stor styrke. Dette forekommer om vinteren, når det er samlet opp et forråd av kald luft på et fjellplatå innenfor, og denne lufta settes i bevegelse. Da renner den utfor fjellssidene i forsenkninger i terrenget og kan oppnå meget stor hastighet. Betingelsen er at det er stor horisontal temperaturkontrast i luftrommet mellom kyst og fjell, slik at kaldlufta hele tiden er tyngre enn den omgivende luft. Dersom vi etter en periode med kaldt vær, får et lavtrykk inn mot kysten og dette bringer med seg mild havluft, da vil de viktigste forutsetninger være til stede for fallvinder.

Referanser.

Lars Andresen:

*"Monthly and annual frequencies of concurrent wind forces and wind directions in Southeastern Norway, Western Norway and Trøndelag, Northern Norway and the Arctic for the period 1961-75. Climatological summaries for Norway".*

Det norske meteorologiske institutt, Oslo 1979.

Lars Andresen:

*"Grovkartlegging av vindforholdene i Norge. Døgnlig gang i vindhastigheten og vind som energiressurs, basert på observasjoner i perioden 1961-75".*

Institutt for energiteknikk, Det norske meteorologiske institutt, oktober 1980.

Jan Børresen:

*"Vindatlas for Norskehavet".*

Det norske meteorologiske institutt (ikke publisert ennå).

Arnt Eliassen og Kaare Pedersen:

*"Meteorology, an Introductory Course, Volume II: Application to Weather and Weather Systems".*

Universitetsforlaget 1977.

Thor Werner Johannesen:

"Monthly frequencies of concurrent wind forces and wind directions in Norway. Climatological summaries for Norway".

Det norske meteorologiske institutt, Oslo 1960.

Thor Werner Johannesen, Sverre Johansen og Gunnar Spinnangr:

"Grovkartlegging av vindforholdene i Norge. Generell vindstatistikk basert på observasjoner i perioden 1961-75".

Institutt for energiteknikk, Det norske meteorologiske institutt, februar 1980.

U.S. Navy, Chief of Naval Operations:

Marine Climatic Atlas of the World

Volume VI : Arctic Ocean (NEVWEPS 50-1C-533, 1963)

Volume VIII: The World (NAVAIR 50-1C-54, 1969)

Government Printing Office, Washington.

Asbj. Hagander:

"Kontroll av anemometre i vindtunnel". Technical Report no. 54

Det norske meteorologiske institutt, 1980.