

VESTFJORDUNDERSØKELSENE 1978

1. FERSKVANNSBUDSJETT OG VINDFORHOLD

[Investigations in Vestfjorden 1978.

1. Fresh water budget and wind conditions].

Av

SVEIN SUNDBY

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt

ABSTRACT

SUNDBY, S. 1982. Vestfjordundersøkelsene 1978. 1. Ferskvannsbudsjett og vindforhold. [Investigations in Vestfjorden 1978. 1. Fresh water budget and wind conditions]. Fisken Hav., 1982(1):1-30.

Mean monthly values of freshwater run off to the different parts of Vestfjorden has been computed. About 90 per cent of the run off comes from the eastern side of the fjord. There is a pronounced yearly amplitude of the run off with a maximum during summer and a minimum during late winter. Due to evaporation from the sea surface the net flux of fresh water into Vestfjorden is very small in winter, some times it even is negative. Wind conditions during winter is mainly dominated by two kinds of events: drainage of cold air from the mountains with easterly and northeasterly winds, and cyclone passage with southwesterly winds. The topography of the mountains surrounding the fjord is largely influencing the wind conditions. The wind conditions during April 1978 are described particularly.

INNLEDNING

Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen og Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt gjennomførte i april 1978 en større fysisk oseanografisk undersøkelse omkring skreiens gytefeltet i Vestfjorden i regi av samarbeidsprosjektet "Den norske kyststrøm". Undersøkelsen hadde som formål å klarlegge hvilken betydning de

fysiske prosessene har på transport og spredning av egg og larver fra skrei og dermed gi et bedre fysisk grunnlag for de biologiske undersøkelsene i prosjektet "Torskelarvens første næringsopptak" ved Havforskningsinstituttet.

I alt 33 Aanderaa strømmålere ble satt ut, og ca 650 stasjoner bestående av håvtrekk og hydrografi ble tatt. Dessuten ble det gjennomført flere forsøk med drivlegemer på flere steder i Vestfjorden. Deler av dette materialet er publisert i forbindelse med Kyststrømsymposiet i 1980 (ELLERTSEN, FURNES, SOLEMDAL og SUNDBY 1981), (FURNES og SUNDBY 1981).

I denne rapporten behandles to faktorer som har innvirkning på strøm og hydrografiske forhold i fjorden: ferskvannstilførsel og vind. Beregninger av månedsmidler for ferskvannsbudsjett i form av nedbør, fordampning og tilsig fra land er blitt utført både for middelåret (1911-50) og særskilt for året 1978. Midlere månedlig vindmengde og vindenergi for utvalgte meteorologiske stasjoner rundt Vestfjorden er utført for middelåret. I tillegg blir vindforholdene for april 1978 beskrevet i detalj.

MATERIALET

Data for beregning av ferskvannstilsig til fjorden fra land er valgt ut av Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen. Dette består av representative vannmerker for de enkelte områdene rundt Vestfjorden samt isohydatkart. Dataene fra vannmerkene foreligger i form av midlere månedlig avrenning i m^3 pr. sek, mens isohydatkartet viser kotelinjer for midlere årlig avløp i liter pr. sek. pr. km^2 (Fig. 3).

For beregning av nedbør og fordampning til/fra overflaten av fjorden er brukt data fra Det Norske Meteorologiske Institutt for de meteorologiske stasjonene Skrova og Grøtøy.

Til beskrivelse av vindforholdene i Vestfjorden er brukt data fra de meteorologiske stasjonene Myken, Bodø, Grøtøy, Offersøy, Skrova, Glåpen, Værøy og Skomvær.

FERSKVANNSBUDSJETT

Tilsiq fra land

TOLLAN (1975) har klassifisert Norden i hydrologiske regimer. Fig. 1 viser denne oppdelingen.

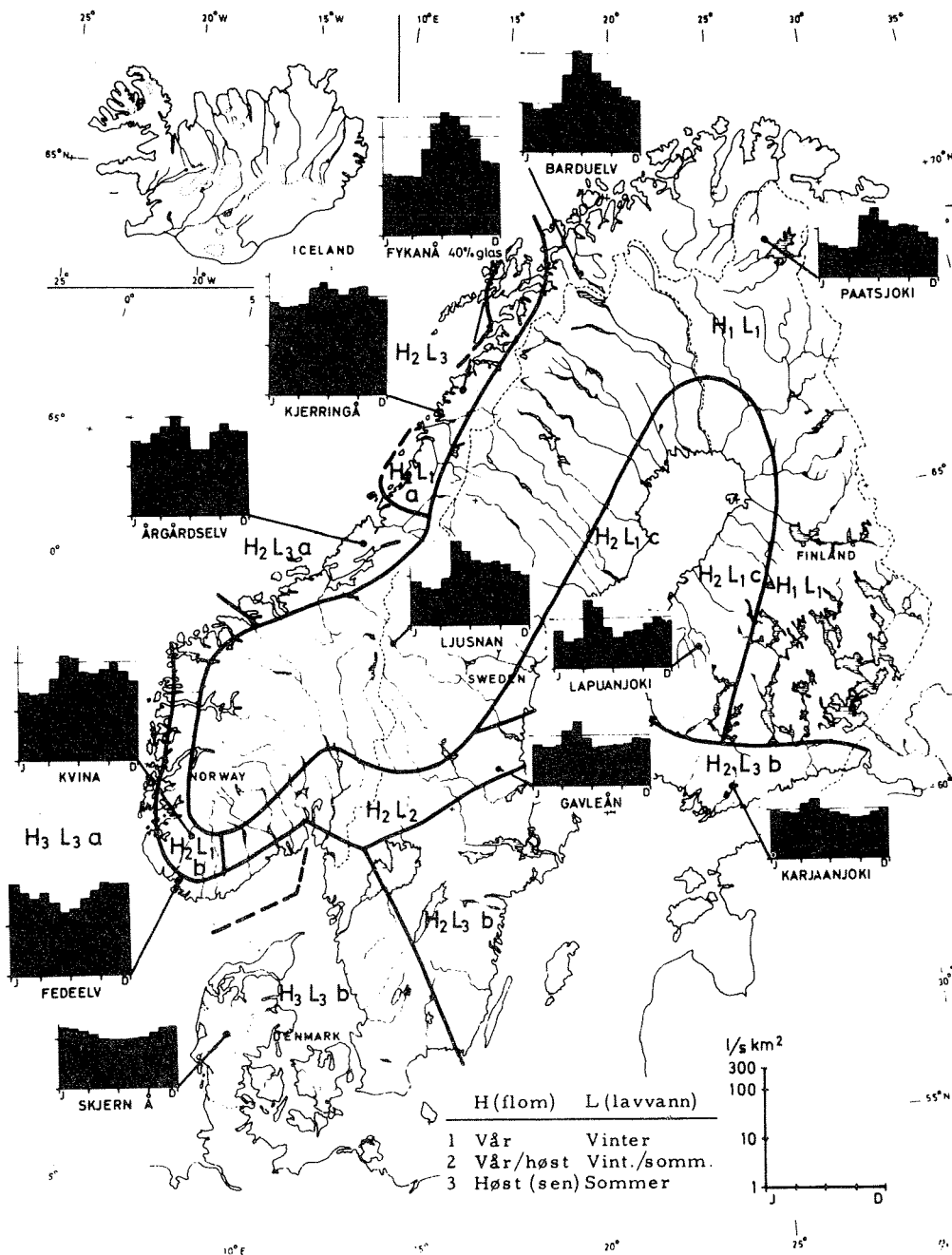


Fig. 1. Områder for hydrologiske regioner. Etter TOLLAN (1975). Søylediagrammene viser midlere månedsavrenning for enkelte vassdrag. Bemerk at skalaen er logaritmisk. [Hydrological regions of Scandinavia. After TOLLAN (1975)].

Nedslagsfeltet til Vestfjorden kan av dette deles i 3 områder:

1. De høye fjellpartiene mot svenskegrensen: dominerende flomtopp vår-sommer og minimumsavløp i vintermånedene.
2. De lavereliggende fjord- og kystpartiene i Salten og Ofoten: overgangssone med sekundær høstflom, men ellers karakteriseres som område 1.
3. Lofotveggen: har også sekundær høstflom og i tillegg til dette et sekundært minimum i avløpet sensommers.

TOLLAN (1975) har også behandlet variabiliteten i årsavløpet

$$c_v = \frac{s}{\bar{Q}}$$

hvor \bar{Q} er middelveidien for årsavløpet og s standardavviket. Det synes som om forandringen i c_v stort sett følger grensene for de 3 områdene som nevnt over. Således har område 1 laveste c_v med 0,10-0,15. Område 2 har c_v -verdi på 0,15-0,20 og område 3 har den høyeste variabiliteten i årsavløpet med 0,20-0,25.

For å få et detaljert bilde av vannbudsjetten i Vestfjorden er tilsiget av ferskvann til fjorden delt inn i sju avsnitt (Fig. 2). Denne oppdelingen er valgt på en slik måte at den faller sammen med fire faste hydrografiske snitt.

- A) Offersøy-Hornneset
- B) Kabelvåg-Fløylandet (Steigen)
- C) Ballstad-Måløy/Skarholmen
- H) Moskenes-Helligvær

De to siste snittene rekker ikke helt inn til land på østsiden. Ut ifra en enkel antagelse om at strømmen setter nordøstover langs østsiden, er grensene her skjønnsmessig trukket noe sørover. Således er det antatt at ferskvannstilsiget nord for Gildeskål strømmer nordøstover mellom Helligvær og land, og at ferskvannstilsiget nord for Kjerringøy passerer mellom Måløy/Skarholmen og land.

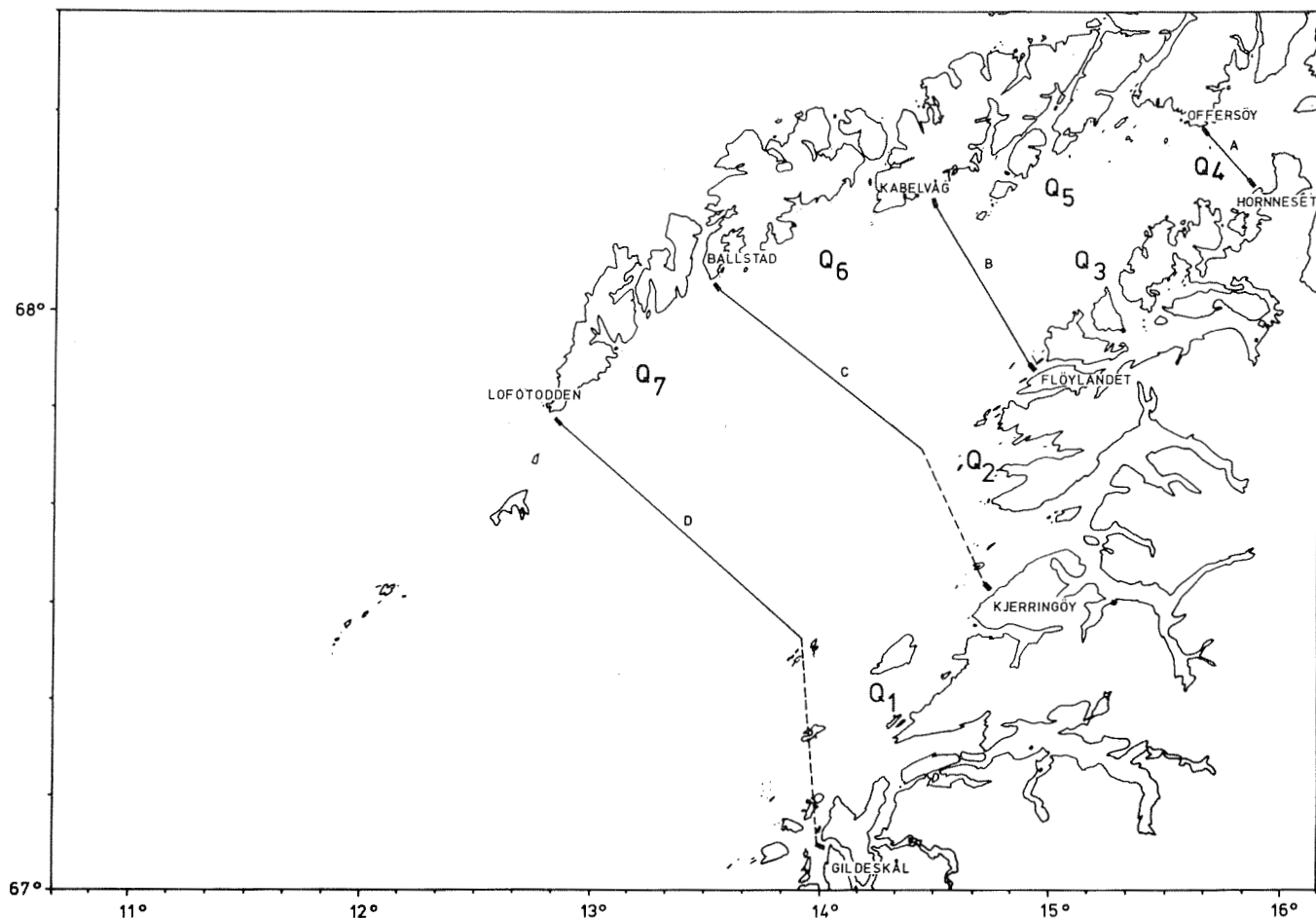


Fig. 2. Oppdeling av Vestfjorden i forskjellige kystavsnitt m.h.t. ferskvannstilførsel. Oppdelingen korresponderer med de fire faste hydrografiske snittene. A) Offersøy-Hornneset, B) Kabelvåg-Fløylandet (Steigen), C) Ballstad-Måløy/-Skarholmen, D) Moskenes-Helligvær. [Dividing Vestfjorden in 7 coast lines].

Som grunnlag for de geografiske variasjonene i årsavrenningen er brukt isohydatkart for Norge (ANON. 1958) (Fig. 3). Kartet viser koter for avløp i liter pr. sek. pr. km² utarbeidet av et data-grunnlag for perioden 1911-50. Dette kartet ble forstørret og vannskillelinjer for de sju nedslagsfeltene ble inntegnet på grunnlag av topografiske NGO-kart serie M 516 nr. 14 og 15. Hvert av de sju nedslagsfeltene ble planimetrert og integrert slik at det midlere årlige tilsiget fra nedslagsfeltene for perioden 1911-50, Q_A , (m³ pr. sek.) ble funnet.

Månedsmidler, Q_M , for middelåret og for året 1978 ble så beregnet ved

$$Q_M = Q_A \cdot \frac{q_M}{\bar{q}_A}$$

hvor q_M er det observerte månedsavløpet fra et representativt vannmerke og \bar{q}_A det tilsvarende midlere årsavløpet fra dette vannmerket.

På grunn av mangel på samtidige vannmerker i drift er måneds-middelverdiene for middelåret regnet ut for noe forskjellige tidsperioder. Eventuelle langtidsvariasjoner i avløpet kan derfor gi endel feil i beregningene. I Tabell 1, lengst til høyre, er vannmerke og midlingsperioden for normalåret ført opp.

I beregningene for 1978 er det for område 4, 6 og 7 (Fig. 3) brukt andre vannmerker enn de som er brukt for middelperioden 1911-50. Dette skyldtes enten at vannmerkene her var nedlagt eller regulert i 1978. De nye vannmerkene hadde vært i drift i for kort tid til å gi et godt nok middel for årsavløpet, og derfor ble dette beregnet på grunnlag av forholdet mellom årsavløpet for 1978 og årsavløpet for middelåret fra de øvrige vannmerker. Det ble således antatt at årsavløpet for 1978 for de nye vannmerkene var 82% av det normale årsavløp.

Vassdragsreguleringene i området har for middelåret vært så små at de er antatt ikke å ha noen vesentlig innvirkning på beregningene. Fra 1974 kom imidlertid Skjomenkraftverket i gang, og dette får således innvirkning på beregningene fra område 4 for 1978. Her ble derfor nedslagsfeltet til Skjomenkraftverkene trukket fra i beregningene, og istedet ble kraftverkets målte avløpsverdier summert til de øvrige beregningene.

Det er vanskelig å gjøre beregninger på usikkerhetsgrensene når det gjelder ferskvannstilsiget. Isohydatkartet som danner grunnlaget for det midlere årlige tilsiget har sine feil som følge av lav måletetthet. Denne feilen vil imidlertid medføre en konstant prosentvis feil på månedsberegningene. I tillegg til dette kommer en varierende feil som følge av at avrenning fra ett område nødvendigvis ikke skjer i takt med den målte avrenningen fra vannmerket.



Fig. 3. Isohydatkart over Lofotområdet etter ANON, 1958. Isoliner for midlere årsavrenning for perioden 1911-50 inntegnet (liter pr. km² pr. sek.). Nedslagsfeltene til de enkelte kystavsnitt rundt Vestfjorden er inntegnet med tykk strek. [Map with isolines of run off in liter per km² per sec, for the mean year 1911-50].

Avrenningene kan variere mye i løpet av én måned. Likevel er det ikke brukt kortere tidsperioder i beregningene av flere grunner. En årsak er tiden det tar fra vannet passerer vannmerket til det

løper ut i sjøen. Terrenget rundt Vestfjorden er imidlertid forholdsvis bratt, og der er få vann som virker som oppholds-bassenger slik at denne effekten burde være av mindre betydning. Særlig vil dette være tilfellet for Lofotveggen hvor terrenget er svært bratt.

Den viktigste faktoren, når det gjelder tidsforsinkelsen fra vannet passerer vannmerket til det er ute i selve Vestfjordbassenget, er effekten av oppholdstiden for ferskvannet i de store tilstøtende fjordsystemene. Dette gjelder først og fremst Skjerstadfjorden, Folla, Sagfjorden og Tysfjorden langs østsiden og Ofotfjorden fra bunnen av Vestfjorden. Spesielle vindsituasjoner og innstrømming av atlantisk vann vil her kunne gi betydelige variasjoner med hensyn til utpumping av brakkvann til selve Vestfjorden. Også denne effekten vil være betydelig mindre for Lofotveggen hvor fjordsystemene er små og uten betydningsfulle terskler (Kirkefjorden unntatt).

Tabell 1 viser beregningen av månedsmidler for middelåret, Tabell 2 beregningene for 1978, og i Fig. 4 er årsvariasjonene for de enkelte kystavsnittene tegnet inn for middelåret og for året 1978. (Fig. 5 viser variasjonene i avløpet for hele Vestfjorden for månedene mars og april i årene fra 1971 til 1978.)

Tabell 1. Midlere månedsavrenning i m^3/s til de forskjellige kystavsnitt til Vestfjorden. Middelåret. [Mean monthly run off in m^3/s for the mean year to the 7 coast lines of Vestfjorden].

	Nedslagsfelt km ²	1911-50		MIDDELPERIODEN												Vannmerke/ Middel- periode
		Midlere årlig avløp l/s km ²	Midlere årlig avløp m ³ /s	Midlere månedlig avløp, m ³ /s												
				J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Q ₁ Glideskål-Kjerringøy	6253	51	319	95	86	74	101	440	910	751	428	334	299	164	127	Selfoss 1916-76
Q ₂ Kjerringøy-Fløyland	2750	60	165	67	55	56	61	203	473	335	164	184	193	107	74	Sørfjordvæn 1916-77
Q ₃ Fløyland-Hornneset	993	57	57	32	24	30	31	76	119	89	53	70	80	50	38	Storvatn 1916-77
Q ₄ Hornneset-Offersøy	5178	49	251	26	18	17	20	176	951	828	441	257	202	72	29	Garnes 1961-76
Q ₅ Offersøy-Kabelvåg	588	90	53	34	27	30	39	85	95	57	44	55	71	52	43	Sneisvatn 1931-60
Q ₆ Kabelvåg-Ballstad	275	85	23	25	18	15	18	25	22	13	15	24	35	33	32	Solbjørg- vatn 1941-49
Q ₇ Ballstad-Lofotodden	175	70	12	13	9	8	9	13	12	7	8	12	18	17	16	" "
Σ Q Vestfjorden	16212	54	880	292	237	230	279	1018	2582	2086	1153	936	898	495	359	

Tabell 2. Midlere månedsavrenning i m^3/s til de forskjellige kystavsnitt til Vestfjorden. 1978. [Mean monthly run off in m^3/s for the year 1978 to the 7 coast lines of Vestfjorden].

	Midlere årlig avløp m^3/s	1978 Midlere månedlig avløp, m^3/s												Vannmerke
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Q ₁ Glideskål-Kjerringøy	245	45	28	16	27	505	855	360	194	182	244	402	82	Selfoss
Q ₂ Kjerringøy-Fløyland	152	87	48	27	28	234	472	188	62	68	211	336	57	Sørfjordvatn
Q ₃ Fløyland-Hornneset	48	22	10	9	14	104	112	39	14	19	84	135	13	Storvatn
Q ₄ Hornneset-Offersøy	205	40	42	34	26	121	750	519	442	234	135	107	60	Sildvikvatn
Q ₅ Offersøy-Kabelvåg	43	17	7	8	23	203	84	15	4	4	58	85	8	Sneisvatn
Q ₆ Kabelvåg-Ballstad	19	15	15	15	16	41	26	12	9	12	22	33	13	Reppvatn
Q ₇ Ballstad-Lofotodden	10	8	8	8	8	22	14	6	5	6	12	17	7	"
EQ Vestfjorden	722	234	158	117	142	1230	2313	1139	730	525	766	1115	240	

Som det framgår av Fig. 4 kommer de største mengdene av ferskvann fra østsiden og fra den indre delen av fjorden. Særlig kommer dette sterkt fram under flomperioden.

Tilsiget fra Lofotveggen er beskjedent hele året. Ved minimum tilsig, i mars, utgjør avrenningen herfra ca 23% av den totale tilførselen til fjorden, mens den under flommen bare er 5% av totaltilførselen. Vårflommen starter i april-mai fra Lofotveggen, i mai fra østsiden og mai-juni fra bunnen av fjorden.

PYTTE ASVALL (1976) har beregnet den midlere årlige flukstettheten av tilsiget uttrykt i m^3 pr. m rett kystlinje for de fem forskjellige hydrologiske regionene i Norge. Det går fram av dette at flukstettheten avtar nordover langs kysten. For region IV, som dekker kystlinjen fra Helgeland til Malangen, er det midlere årsavløpet på $124 \times 10^3 m^3$ pr. m kystlinje eller $3,9 m^3$ pr. sek. pr. km kystlinje. Tilsvarende beregninger utført her for Vestfjorden (Tabell 5) viser $2,8 m^3$ pr. sek pr. km kystlinje. På årsbasis er altså flukstettheten av tilsiget til fjorden ca 3/4 av verdien for hele regionen. Det er imidlertid, som det også går fram av Tabell 5, store lokale variasjoner i Vestfjorden. Således er verdien for indre del av fjorden (mellom Offersøy og Hornneset) $16,8 m^3$ pr. sek pr. km kystlinje, altså 6 ganger middelet, mens det for Lofotveggen bare er 1/4 av middelet. For østsiden av fjorden er verdien nær normalen.

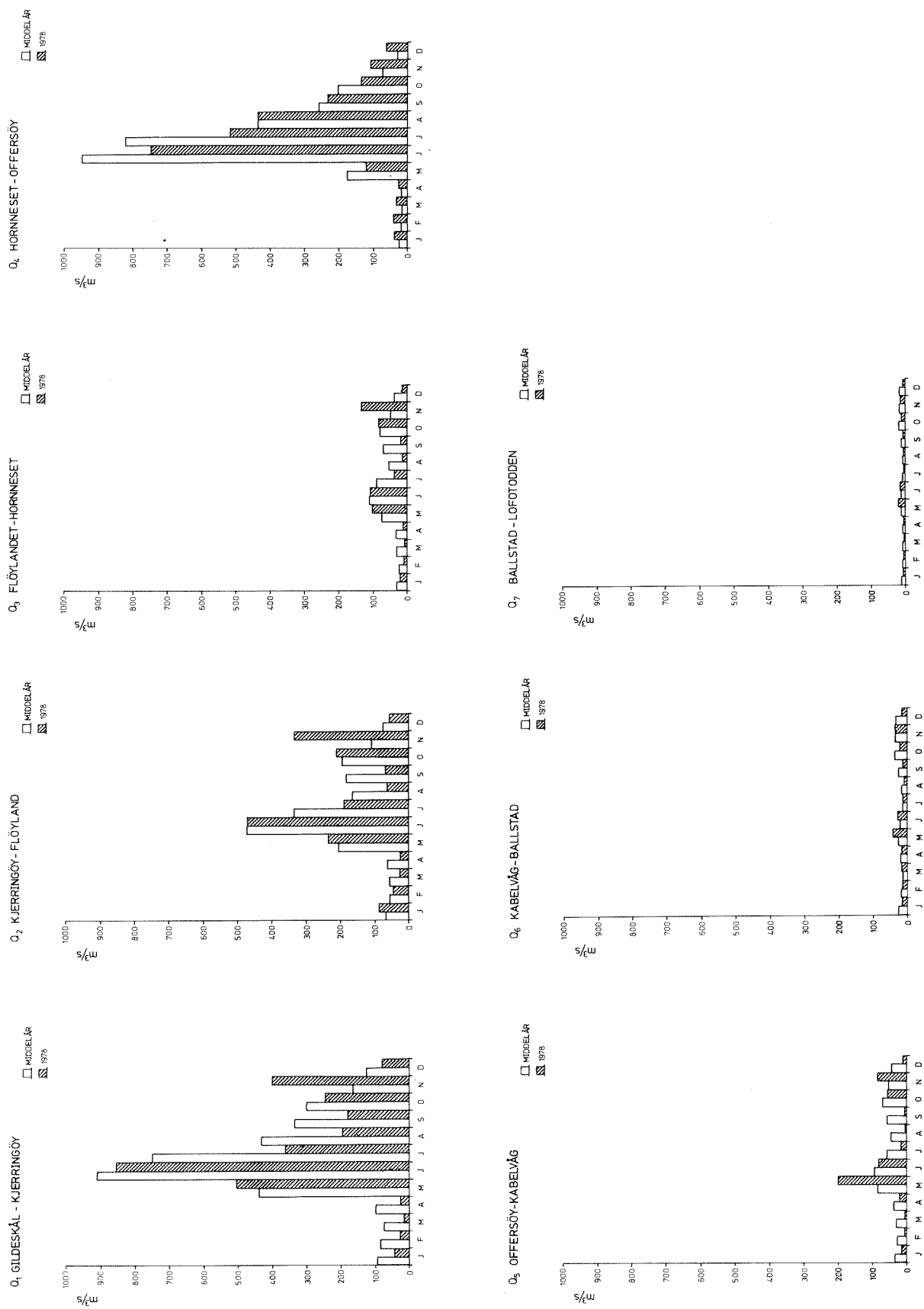


Fig. 4. Månedsmidler for ferskvannstilførselen til de 7 kystavsnitt i Vestfjorden (Fig. 2) for middelåret og året 1978. [Monthly mean values of run off to the 7 coast lines in Vestfjorden (Fig. 2) for the mean year and the year 1978].

Fig. 5 viser variasjonene i månedsavrenningene for månedene mars og april for årene 1971 til 1978. Det fremgår av denne figuren at variasjonene fra en måned til neste kan være like stor som variasjonene fra år til år.

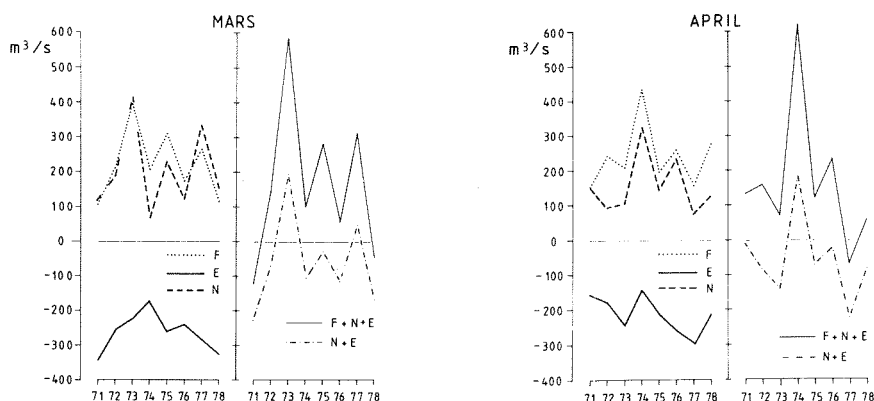


Fig. 5. Ferskvannsbudsjett for Vestfjorden. Månedsmidler for mars og april i årene 1971-78. F) Ferskvannstilførsel fra land, E) Fordampning, N) Nedbør, N+E) Summen av fordampning og nedbør, F+N+E) Summen av ferskvannstilførsel, fordampning og nedbør. [Freshwater budget for Vestfjorden March and April during the period 1971-78. F) Run off, E) Evaporation, N) Precipitation].

På grunn av den spesielle dekningen av forholdene i Austnesfjorden både oseanografisk og biologisk er tilsiget her regnet ut separat. Fig. 6 viser tilsiget henholdsvis innenfor Vesterpollen og mellom Vesterpollen og Vatterøyfjorden. I Fig. 7 er tilsiget fra hele Austnesfjorden plottet opp til sammenligning med tilsiget fra hele området Offersøy-Kabelvåg. Det framgår av dette at Austnesfjorden ikke har noe større tilsig enn den øvrige delen av kystlinjen omkring.

Nedbør og fordampning

Mens ferskvannstilsiget fra land forårsaker konsentrasjon av ferskere vann inne ved selve kystlinjen rundt Vestfjorden, blir nedbør og fordampning antatt å virke jevnt over hele sjøflaten i fjorden. Som grunnlag for nedbørsberegningene i fjorden er valgt middelveidien av månedsnedbøren fra stasjonene Skrova og Grøtøy. Det samlede arealet som er tatt i betraktning er Vestfjorden og tilstøtende fjordområder innenfor linjen Lofotodden-Helligvær-Gildeskål som vist i Fig. 2. I Fig. 8d er den årlige variasjon i

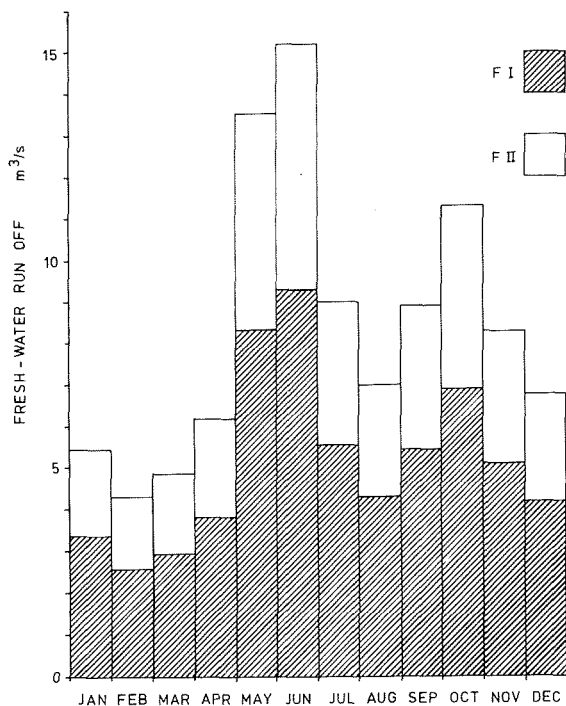


Fig. 6. Ferskvannstilførselen til Austnesfjorden for middelåret. F I. Innenfor Vesterpollen og F II. mellom Vesterpollen og Vatterøyfjorden. [Run off to Austnesfjorden for the mean year].

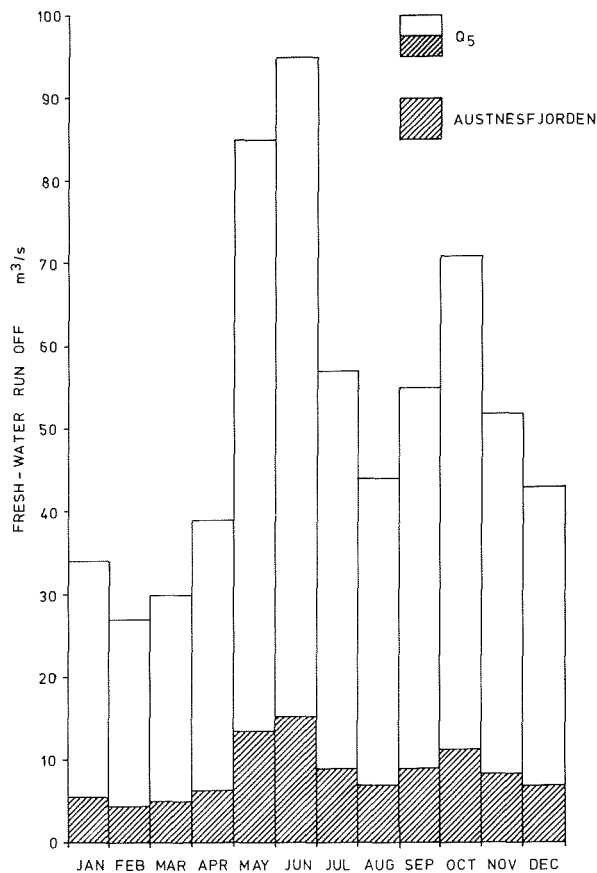


Fig. 7. Ferskvannstilførselen totalt til Austnesfjorden og til det omkringliggende kystavsnitt Q_5 for middelåret. [Run off to Austnesfjorden compared to the total run off from the coast line Q_5].

nedbør for middelåret plottet opp for stasjonene Skomvær, Skrova, Grøtøy og Offersøy. Nedbøren er minst ytterst i fjorden (Skomvær) og øker innover mot Offersøy i bunnen av fjorden. Skrova og Grøtøy representerer således trolig et rimelig middel i lengdeaksen av fjorden. Eventuelle forskjeller i nedbøren langs Lofotveggen og Saltenlandet skulle være representert ved hver av de to meteorologiske stasjonene. Til slutt må det bemerkes at begge stasjoner ligger ute i selve Vestfjorden, og derfor burde eventuelle orografiske nedbøreffekter bli mindre betydningsfull her.

Fig. 9 og 5 viser månedsverdier for nedbøren omregnet i m^3/s . I Fig. 9 er den midlere månedstilførselen i m^3/s plottet opp for normalåret og for 1978. I Fig. 5 er plottet opp variasjonene i den månedlige tilførselen for mars og april i tidsrommet fra 1971-1978.

Fordampningen fra sjøflaten i Vestfjorden er beregnet fra "bulk aerodynamisk" metode (ETTER 1978) som er gitt gram pr. m³ ved:

$$E = \frac{0.621}{p_a} \rho_a C_E (e_s - e_a) W$$

hvor p_a er lufttrykket ved havnivået i mb,
 ρ_a luftens tetthet i gm⁻³,
 C_E en konstant,
 e_s metningstrykket for vanndamp ved havets overflate i mb,
 e_a vanndamptrykket i luften 2-3 m over havflaten i mb
og W vindhastigheten i ms⁻¹.

Metningstrykket e_s er gitt ved sjøens overflatetemperatur, og e_a er gitt ved lufttemperaturen og den relative fuktighet. For å få representative verdier for vindhastighet, lufttemperatur og relativ fuktighet for Vestfjorden under ett, er valgt middelverdier fra de meteorologiske stasjonene Grøtøy og Skrova. Fig. 8a, b og c viser årlig variasjon i lufttemperatur, vindhastighet og relativ fuktighet på de 4 stasjonene Skomvær, Grøtøy, Skrova og Offersøy. Disse figurene antyder at Grøtøy og Skrova skulle være representative midler for Vestfjorden også når det gjelder disse parametre. Vindhastigheten ved Offersøy er tydelig for lav, mens luftfuktigheten ved Skomvær er betydelig høyere enn i Vestfjorden forøvrig.

Som verdi for sjøens overflatetemperatur er valgt middeltemperaturen for termograaftjenesten på hurtigruteskipene på strekningen Bodø-Stamsund. Denne linjen ligger stort sett i lengderetningen for den horisontale temperaturgradienten i Vestfjorden, og disse målingene antaes å være et godt grunnlag for berekningen av den midlere overflatetemperaturen.

Tabell 3 viser beregninger av månedsmidler for året 1978 og for normalåret. I Fig. 9 er den midlere månedstilførselen omregnet i m³ pr. sek plottet opp for normalåret og 1978. I Fig. 5 er variasjonene fra år til år for månedene mars og april plottet opp.

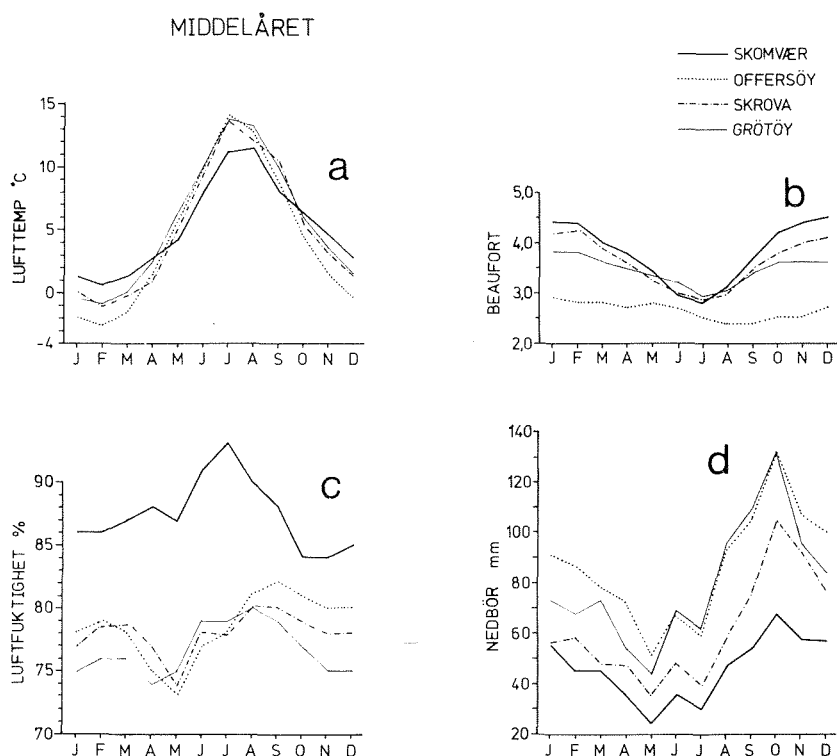


Fig. 8. Årlige variasjoner for normalåret 1931-60 for stasjonene Skomvær, Offersøy, Skrova og Grøtøy. a) lufttemperatur, b) vindstyrke, c) luftfuktighet, d) nedbør. [Variations of the mean year 1931-60. a) air temperature, b) wind force, c) humidity, d) precipitation].

Tabell 3. Ferskvannsbudsjett, månedsmidler i m³ pr. sek for Vestfjorden for 1978 og for middelåret. [Fresh water budget monthly means in m³/s for Vestfjorden for 1978 and the mean year].

	1978											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tilsiq fra land (F)	234	158	117	142	1230	2313	1139	730	525	766	1115	240
Nedbør (N)	321	126	151	125	173	97	115	78	131	532	482	133
Fordampning (E)	465	372	275	175	90	71	72	163	230	391	393	350
Sum (F+N+E)	90	-88	-6	92	1313	2339	1182	645	426	907	1204	23

	MIDDELÅRET											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tilsiq fra land (F)	292	237	230	279	1018	2582	2080	1153	936	898	495	359
Nedbør (N)	214	208	201	171	133	195	165	253	309	393	309	266
Fordampning (E)	437	391	293	215	173	138	122	227	342	444	455	440
Sum (F+N+E)	69	54	138	235	978	2639	2123	1179	903	847	349	185

Netto ferskvannsbudsjett

Netto ferskvannsbudsjett, gitt ved $M=F+N+E$ hvor F er tilsig fra land, N er nedbør på fjordens overflate og E fordampning fra fjordens overflate, er også plottet opp for normalåret og for året 1978 i Fig. 9 og for månedene mars og april 1971-1978 i Fig. 5 (også vist i tabell 4).

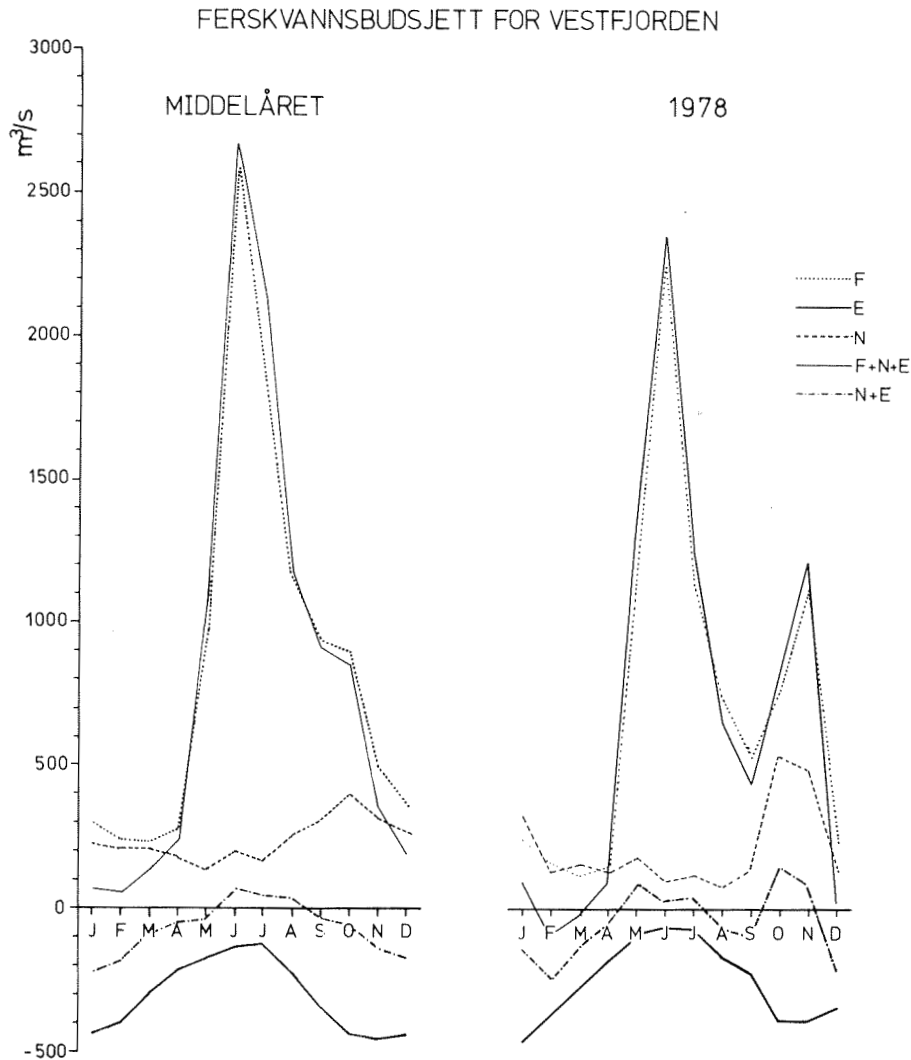


Fig. 9. Ferskvannsbudsjett, månedsmidler, for hele Vestfjorden for middelåret og året 1978. F) Ferskvannstilførsel fra land, E) Fordampning, N) Nedbør. Kurven N+E viser summen av nedbør og fordampning. Kurvene F+N+E viser summen av tilførsel fra land, nedbør og fordampning. [Monthly mean values of fresh water budget for the mean year and the year 1978. F) Run off, E) Evaporation, N) Precipitations].

Tabell 4. Ferskvannsbudsjett, måneds-
midler i m³ pr. sek for Vestfjorden for
månedene mars og april 1971-78. [Fresh
water budget monthly means in m³/s for
Vestfjorden for March and April 1971-78].

	MARS							
	71	72	73	74	75	76	77	78
Tilsg fra land (F)	109	216	394	208	312	175	268	117
Nedbør (N)	116	186	416	67	230	123	336	153
Fordampning (E)	342	253	223	173	260	240	286	316
Sum (F+N+E)	-117	149	587	102	282	59	318	-46

	APRIL							
	71	72	73	74	75	76	77	78
Tilsg fra land (F)	149	241	211	435	194	260	157	142
Nedbør (N)	143	93	103	326	143	236	73	126
Fordampning (E)	156	176	243	143	213	260	296	210
Sum (F+N+E)	136	158	71	618	124	237	-66	59

Tabell 5. Midlere månedsavrenning i m³ pr. sek pr. km rett kyst-
linje. Middelåret. [Mean monthly run off in m³/s per km coast
line for the mean year].

	Rett kyst- linje km	Midlere årlig avløp m ³ s ⁻¹ km ⁻¹	MIDLERE MÅNEDLIG AVLØP M ³ /s ⁻¹ KM ⁻¹											
			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Q ₁ Glideskål-Kjerringøy	65	4.9	1.46	1.32	1.14	1.55	6.77	14.00	11.55	6.58	5.14	4.60	2.52	1.95
Q ₂ Kjerringøy-Fløyland	40	4.1	1.68	1.38	1.40	1.53	5.08	11.83	8.38	4.10	4.60	4.83	2.68	1.85
Q ₃ Fløyland-Hornneset	58	1.0	0.55	0.41	0.52	0.53	1.31	2.05	1.53	0.2	1.21	1.38	0.86	0.66
Q ₄ Hornneset-Offersøy	15	16.8	1.73	1.20	1.13	1.33	11.73	63.40	55.20	29.40	17.13	13.47	4.80	1.93
Q ₅ Offersøy-Kabelvåg	53	1.0	0.64	0.51	0.57	0.74	1.60	1.79	1.08	0.83	1.04	1.34	0.98	0.81
Q ₆ Kabelvåg-Ballstad	40	0.6	0.63	0.45	0.38	0.45	0.63	0.55	0.33	0.38	0.60	0.88	0.83	0.80
Q ₇ Ballstad-Lofotodden	40	0.3	0.33	0.23	0.20	0.23	0.33	0.30	0.18	0.20	0.30	0.45	0.43	0.40
Σ Q Vestfjorden	311	2.8	0.94	0.76	0.74	0.90	3.27	8.30	6.69	3.71	3.01	2.89	1.59	1.15

På bakgrunn av beregningene ovenfor vil det være nyttig å dele
året i 3 når det gjelder ferskvannstilførsel.

1. Vinter fra og med desember til og med april
2. Sommer fra og med mai til og med august
3. Høst fra og med september til og med november.

1. Om vinteren er tilsiget fra land svært lite. Ferskvannsbudsjettet er dominert av nedbør og fordampning. Vindhastighet, luftfuktighet og lufttemperatur får således stor betydning. For normalåret er netto ferskvannstilførsel mindre enn 10% av årsmiddelet. Det er imidlertid store variasjoner såvel fra måned til måned som fra år til år som vist i Fig. 5. I april 1977 og februar og mars 1978 var det f.eks. et netto tap av ferskvann fra fjorden, mens det i mars 1973 var en netto tilførsel på hele $600 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Sommeren omfatter månedene mai, juni, juli og august, men begynner vanligvis ikke før i siste halvdel av mai. Denne tiden er i sin helhet dominert av ferskvannstilførsel fra land som følge av snøsmeltningen. I juli kommer således tilførselen opp i 300% av årsmiddelet.
3. Høstmånedene preges av nedbøraktiviteten som er høyest på denne tiden av året. Virkningen forsterkes betydelig ved at nedbøren over land ennå ikke blir bundet som snø. Fig. 9 viser hvordan stor nedbør i oktober og november 1978 resulterte i en kraftig økning i ferskvannstilførselen fra land.

VINDFORHOLD

Vindforholdene i Vestfjordområdet er generelt beskrevet av DANNEVIG (1966): "Lavtrykkene som kommer inn fra Atlanterhavet bremses ofte opp i Norskehavet og får ikke så stor effekt her nord, mens lavtrykkene som dannes i området Island - Jan Mayen slår ofte inn for full styrke. Om vinteren vil kaldluften over land strøkke ut fjordene og gi vind fra sør og øst. De ytre kyststrøkene som da ligger i østkant av lavtrykk ute i Norskehavet, får da vind mellom sørøst og sørvest. Dette er den hyppigste vindsituasjonen vinters-tid. Når lavtrykkene slår inn på kysten, blir det sterk vind fra sørvest i hele området".

Dannevig nevner også små lavtrykk eller "kystvirvler som dannes i dyp kaldluft". Vestfjorden er et viktig dannelsesområde for disse. Levetiden på disse lavtrykkene er kort, og da de vandrer sørover, har de trolig liten virkning på de oseanografiske forhold i selve Vestfjordområdet.

Sommerstid er lavtrykksaktiviteten meget moderat, og i rolige perioder er vind fra nordøst dominerende.

For å få en mer detaljert og kvantitativ oversikt over vindforholdene i Vestfjordområdet, er data for normalåret 1931-60 fra 6 meteorologiske stasjoner rundt Vestfjorden nærmere analysert (Fig. 10). Dataene er hentet fra "Climatological Summaries for Norway" (JOHANNESSEN og HÅLAND 1969). Månedsmidler for hyppighet i prosent for forskjellige vindretninger er beregnet. Fig. 11 viser "hyppighetsfeltet" som funksjon av måneder og retning. Fig. 12 viser på samme måte feltet for "vindenergi", E' . Dette er definert slik:

$$E' = f \cdot W^2$$

hvor f er hyppigheten i prosent og W vindhastigheten i m/sek.

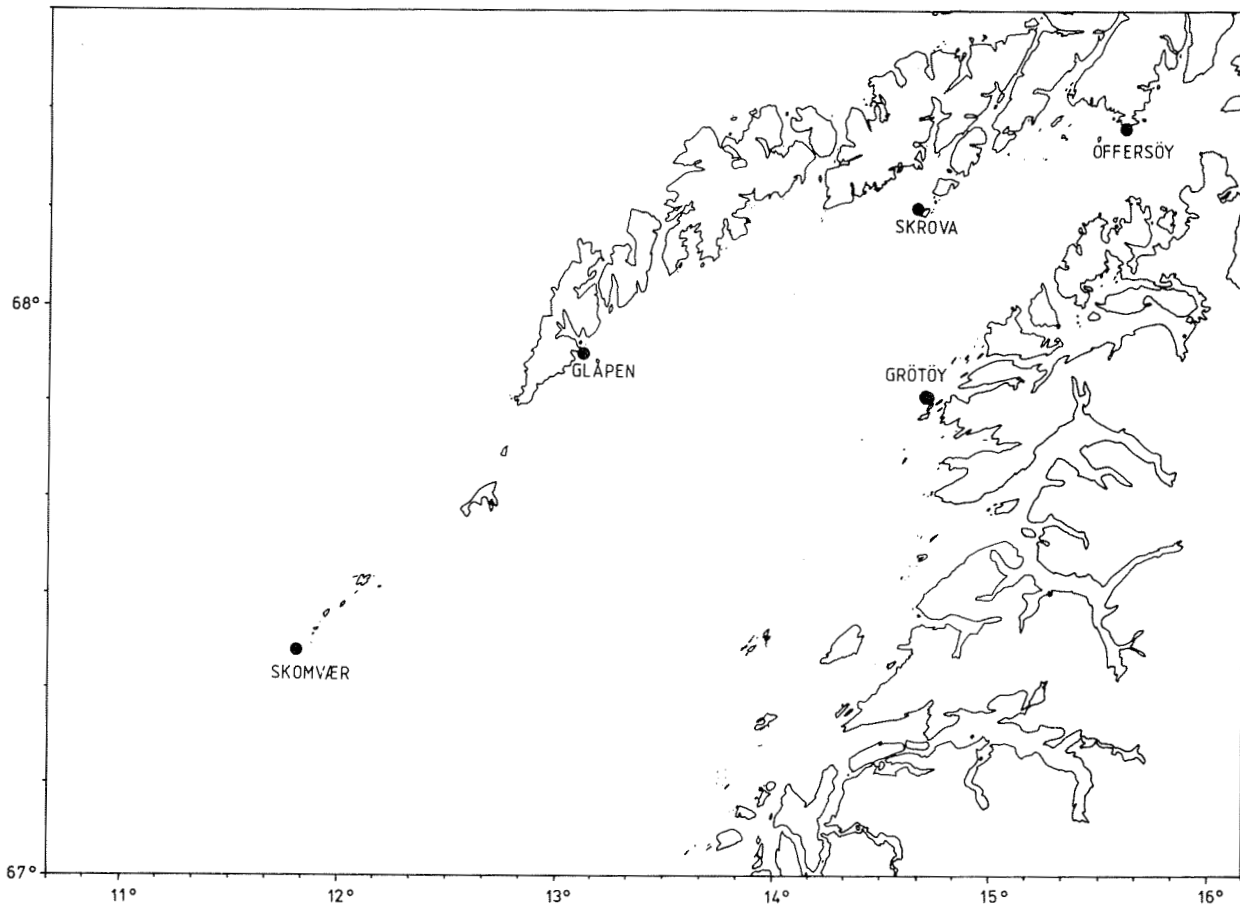


Fig. 10. Meteorologiske stasjoner rundt vestfjorden. [Meteorological stations in vestfjorden].

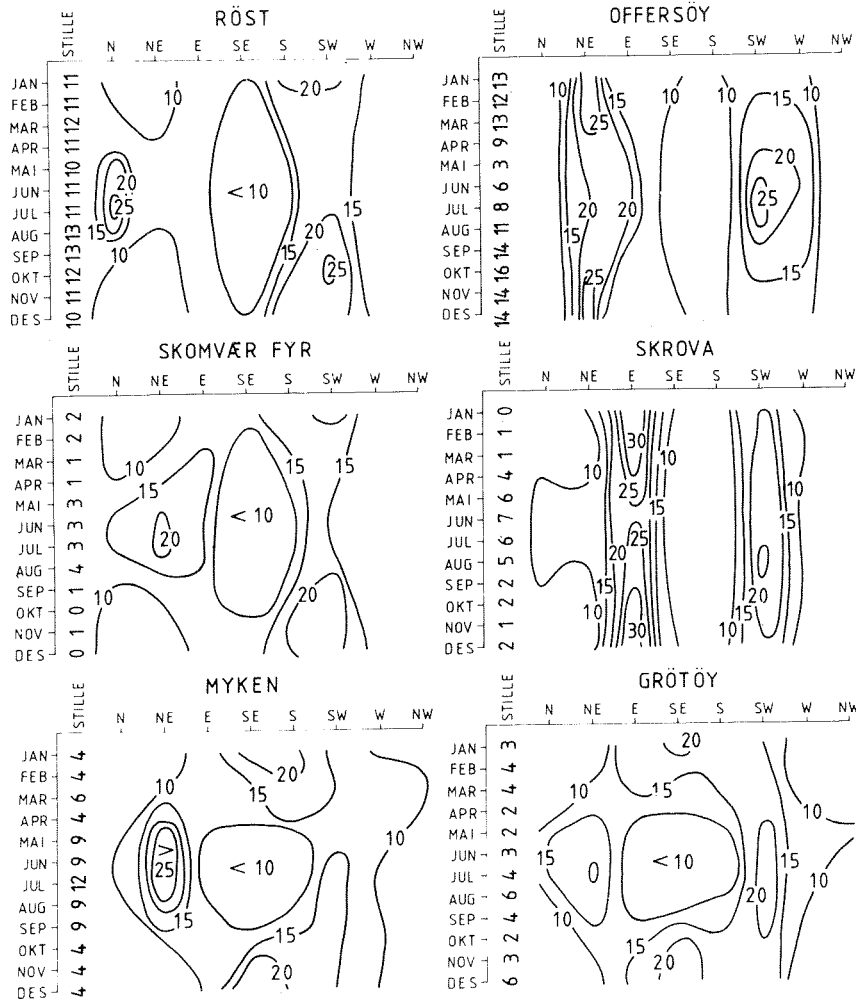


Fig. 11. Hyppighetsfordeling av vindretningene gjennom året for normalåret 1931-60. [Frequency distribution of wind direction for the mean year 1931-60].

Uttrykket som framkommer er således ikke et direkte uttrykk for energien som vinden overfører til sjøen, men under forutsetning av at dragkoeffisient og luftens tetthetsforhold kan settes konstant, er E proporsjonal med den energien som overføres til sjøen. Den virkelige vindenergien, E , i løpet av tiden ΔT blir da:

$$E = \int_{\Delta T} \tau dt = \int_{\Delta T} \rho a C_D W^2 dt$$

hvor τ er vindstresset,
 ρa luftens tetthet,
 C_D dragkoeffisienten,
 W vindhastigheten
og t tiden.

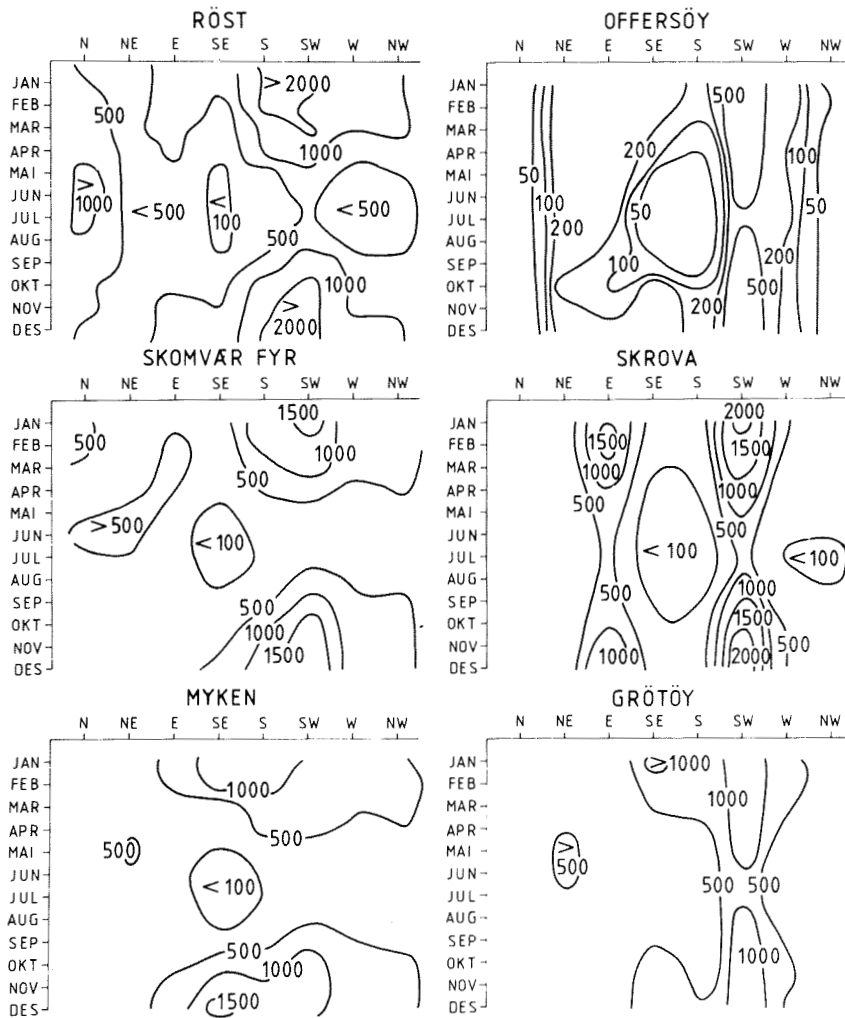


Fig. 12. "Vindenergi" fordelt på de forskjellige vindretninger gjennom året for normalåret 1931-60. [Frequency distribution of "wind energy" for the mean year 1931-60].

Det går fram av Fig. 11 og 12 at et dominerende trekk er den store forskjellen på sørvestlig vind for sommer og vinter. Både hyppighet og vindenergi øker sterkt om høsten når det gjelder sørvestlig retning og avtar først utover i mars. Dette gjelder samtlige stasjoner. Et annet felles trekk er at sørøstlige vinder er sjeldne sommerstid. Forøvrig kan stasjonene deles i to hovedkategorier:

1. Indre deler av Vestfjorden representert ved stasjonene Offersøy, Grøtøy og Skrova.
2. Ytre Vestfjorden representert ved stasjonene Myken, Skomvær fyr og Røst.

Videre går det fram av figurene 11 og 12 at det vil være naturlig å skille mellom sommerforhold og vinterforhold. Karakteristiske sommermåned er mai, juni, juli og august. Perioden fra september til og med april kan karakteriseres som vintermåned selv om september og april i enkelte år mer kan karakteriseres som sommermåned.

Vinter

Om vinteren har sørvestlig vind den høyeste vindenergien i indre Vestfjorden. Dette er forbundet med lavtrykkpassasjer. Den hyppigste vindretningen er imidlertid ikke sørvest, men er forbundet med drenering av kalde og tunge luftmasser fra Den skandinaviske halvøy som renner ut daler og fjordarmer. Dette gir seg utslag i sørøstlig vind ved Grøtøy, østlig vind ved Skrova og nordøstlig vind ved Offersøy. Under slike værforhold er retningen i ytre Vestfjorden noe forskjellig. Myken, som ligger nær kysten, er på samme måte som Grøtøy preget av sørøstlig vind, mens vindretningen er dreiet mer på sørlig ved Skomvær fyr som ligger lenger fra kysten. Ved Røst er retningen forholdsvis lik den ved Skomvær fyr, men her er det også en topp omkring østlig vind, noe som kan skyldes større innflytelse fra vindforholdene i indre Vestfjorden. I Fig. 13 er vindretning for de enkelte stasjonene satt sammen under en typisk situasjon for drenering av kaldluft. Dette gir altså hovedsakelig vind fra sørøst og sør, mens vinden dreies til øst og nordøst innerst i Vestfjorden og langs Lofotveggen. Det er Lofotveggens topografi som styrer denne vinddreiningen. Fig. 15 viser en aktuell situasjon med skipsmålinger fra 18. april 1978. Det er her tydelig en dreining i vinden nær Lofotveggen.

Fig. 13 gir altså et idealisert bilde av den hyppigste vindretningen. Vindenergien for denne situasjonen er nest høyest i verdi, mens sørvestlig vind som har den høyeste vindenergi, er nest hyppigst. Under sørvestlig vind med lavtrykkspassasje er vindretningen ens i ytre og indre deler av fjorden (Fig. 14). Det er imidlertid trolig at det også under slike forhold er en viss topografisk styring. Fig. 16 viser en aktuell situasjon med skipsmålinger fra 10. april. Det ser også her ut som om vinden følger langs Lofotveggen på vestsiden av fjorden.

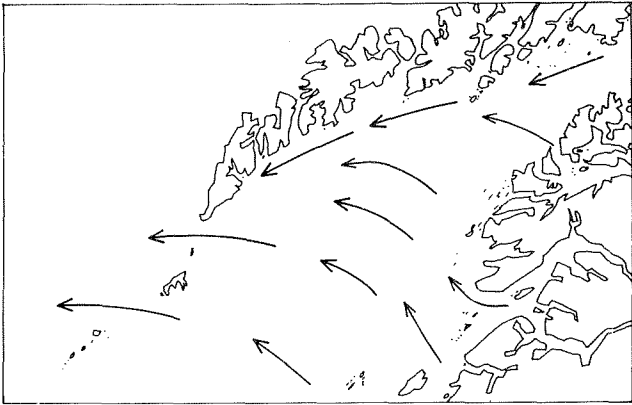


Fig. 13. Karakteristisk vindfordeling i Vestfjorden under kaldluftsdrenering. [Typical wind conditions in Vestfjorden during periods of cold air from the mountains].

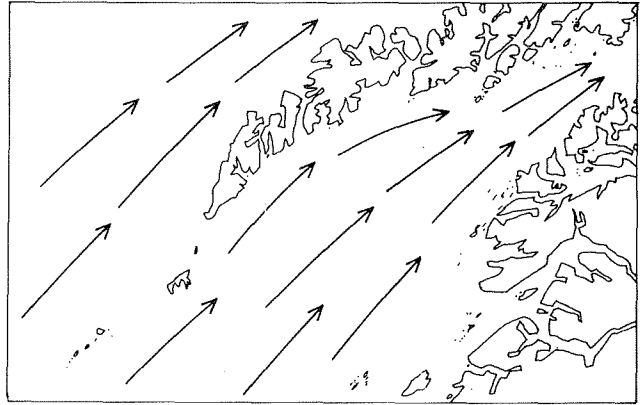


Fig. 14. Karakteristisk vindfordeling i Vestfjorden ved lavtrykk i Norskehavet vest for Vestfjorden. [Typical wind conditions in Vestfjorden during periods of atmospheric cyclones to the west of Vestfjorden].

De to vindsituasjonene i Fig. 15 og 16 utgjør ca 52% av antallet målinger og ca 64% av den beregnede vindenergien ved Skrova. Dette er den stasjonen hvor vinden i størst grad er konsentrert om to enkeltvindretninger.

Lavtrykk som dannes i området Island - Jan Mayen og går i sørøstlig retning, kan gi sterk nordvestlig vindretning i ytre Vestfjorden. I indre Vestfjorden skaper Lofotveggen avskjerming for denne vindretningen. Dette går fram av målingene fra Grøtøy og i enda sterkere grad av målingene fra Skrova.

Sommer

Sommeren preges av betydelig lavere vindaktivitet enn vinteren. Nordlige til nordøstlige vinder dominerer i ytre Vestfjorden. I indre Vestfjorden blir det levirkning for denne vindretningen, og vindenergien reduseres. Sørvestlig vind forekommer også hyppig om sommeren, men vindenergien er sterkt redusert i forhold til om vinteren. På grunn av levirkningen for nordlige vinder i indre Vestfjorden har også om sommeren sørvestlige vinder størst vindenergi. Felles for alle stasjoner er at sørlige til sørøstlige vinder er sjeldne.

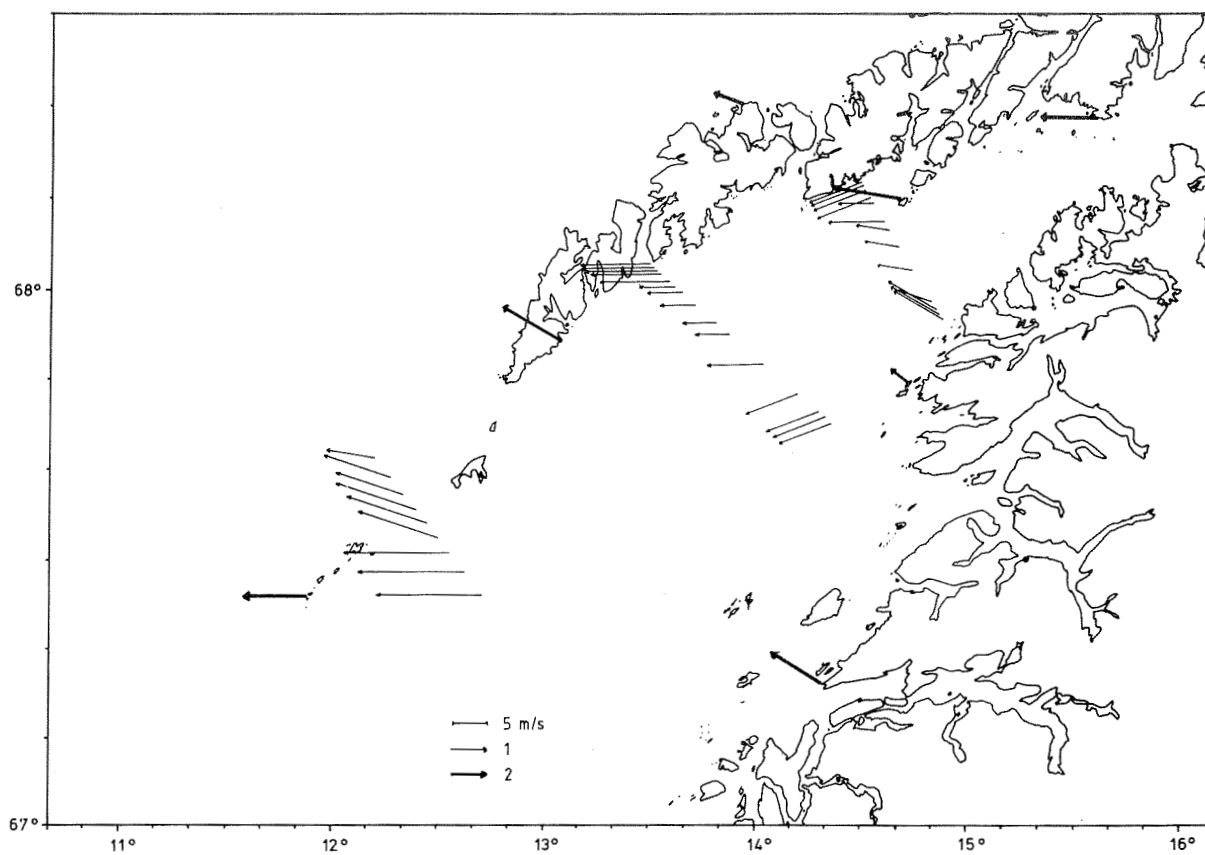


Fig. 15. Vindmålinger fra "Siljan" og "Johan Ruud" 18 april 1978.
 [Ship measurements of wind 18 April 1978].

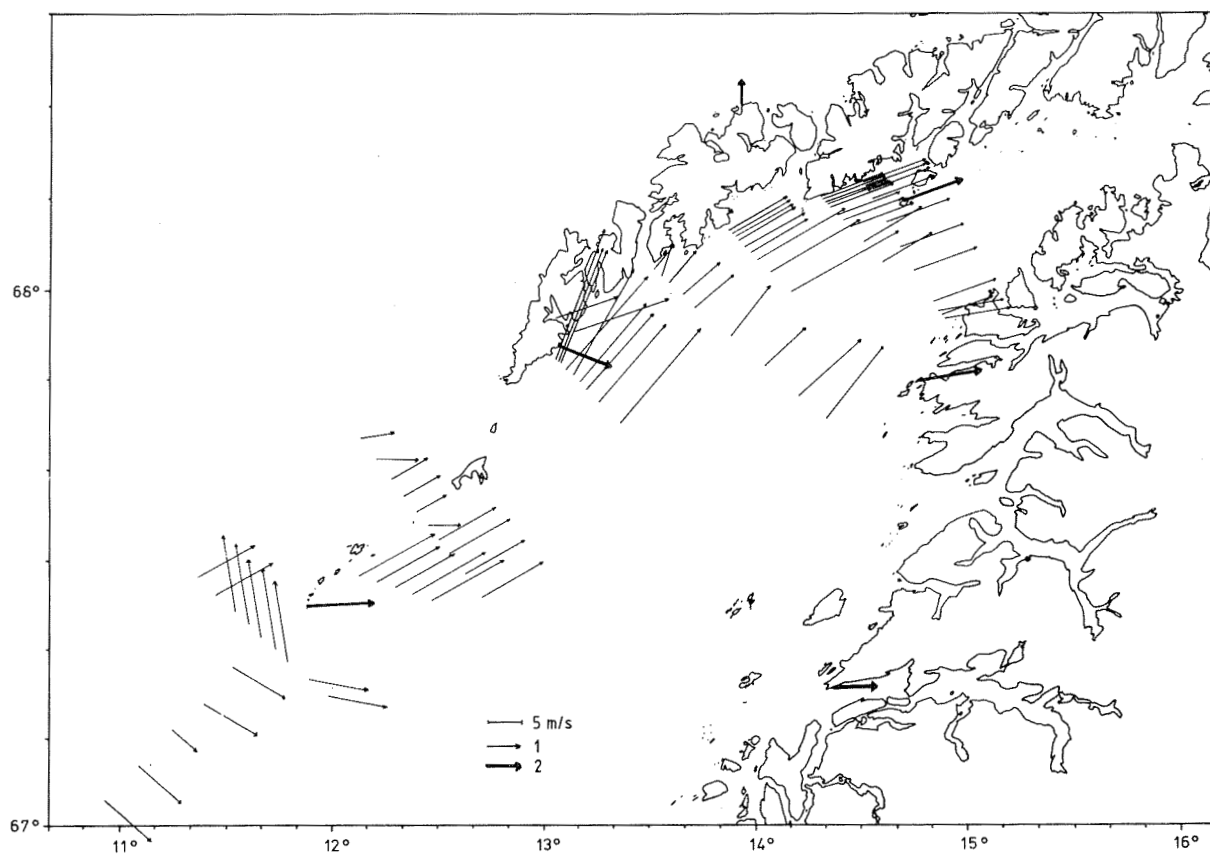
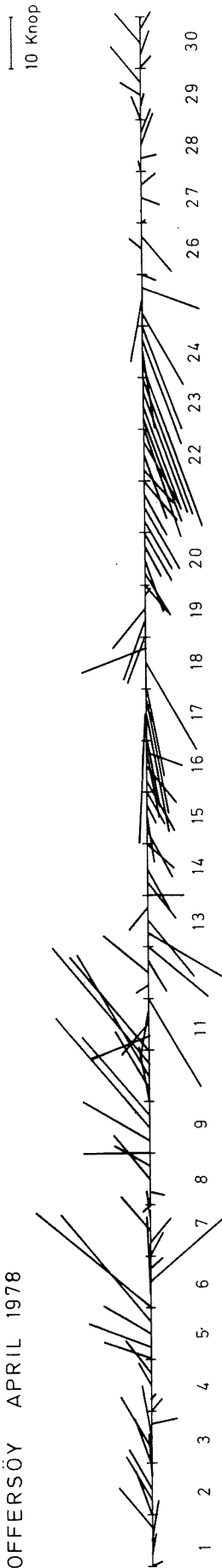
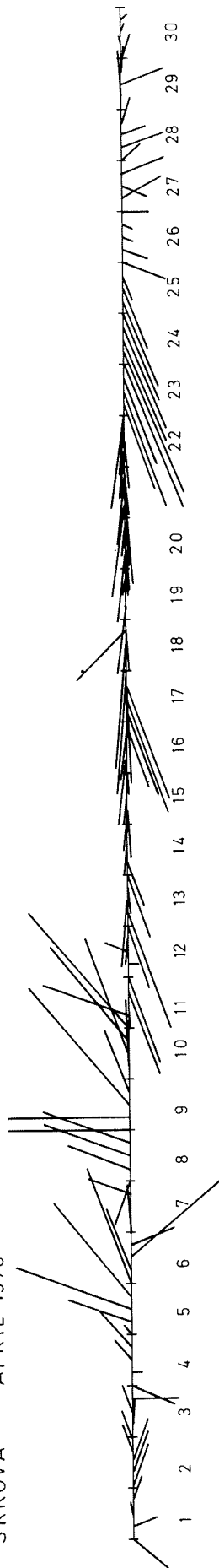


Fig. 16. Vindmålinger fra "Siljan", "Johan Ruud" og "G.O. Sars" 10 april 1978.
 [Ship measurements of wind 10 April 1978].

OFFERSÖY APRIL 1978



SKROVA APRIL 1978



GRÖTÖY APRIL 1978

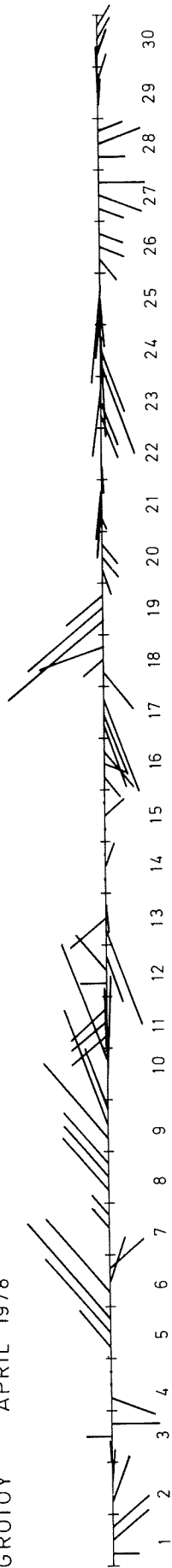
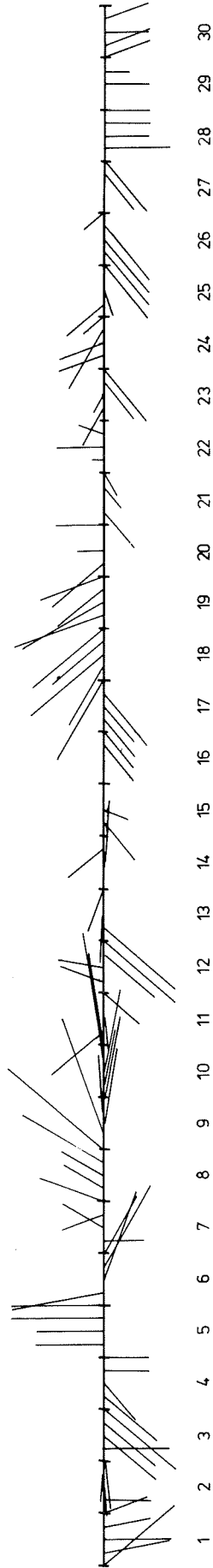
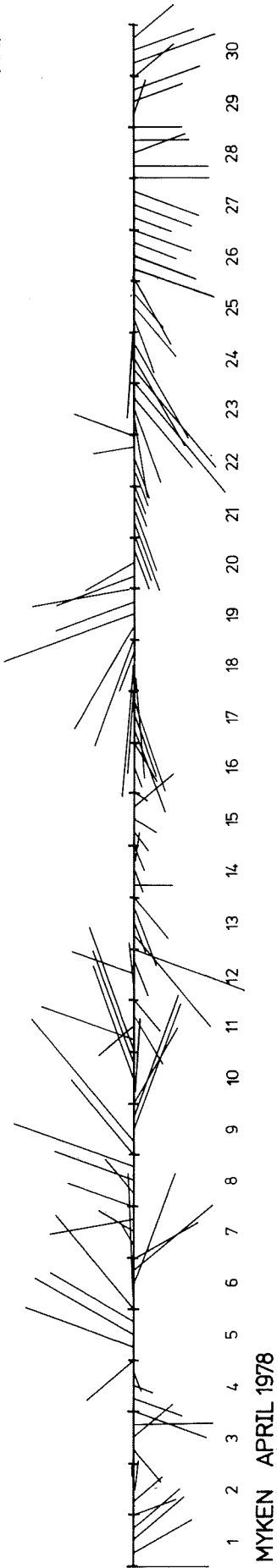


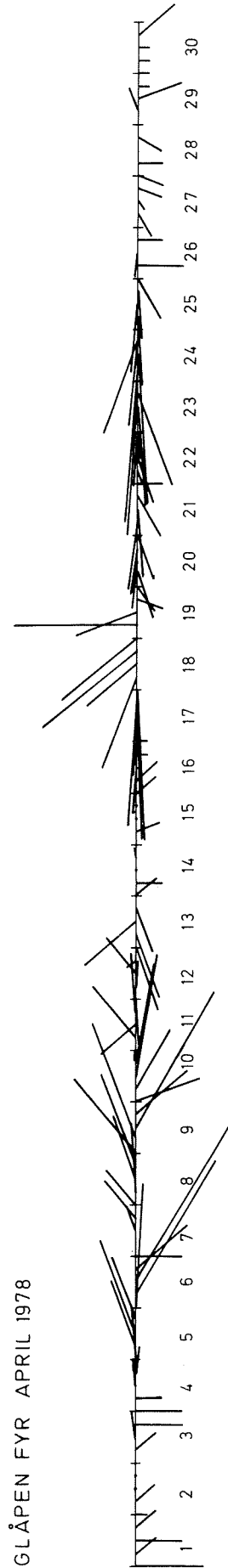
Fig. 17. Vindpiler for de 6 meteorologiske stasjonene rundt Vestfjorden for april 1978. [wind vectors for meteorological stations April 1978].

SKOMVER FYR APRIL 1978

10 KNOP



GLÅPEN FYR APRIL 1978



forts. Fig. 17. Vindpiler for de 6 meteorologiske stasjonene rundt Vestfjorden for april 1978. [Wind vectors for meteorological stations April 1978].

April 1978

For å få en sammenligning mellom april for normalåret og april 1978, ble hyppighet og vindenergi for de forskjellige 8 hovedvindretninger beregnet for Skrova og Skomvær fyr som representerer h.h.v. indre og ytre Vestfjorden.

I indre Vestfjorden var vindretningen konsentrert forholdsvis sterkt om de to hyppigste, østlig og sørvestlig vind. Den østlige vinden var noe mer dominerende enn normalt. Også i ytre Vestfjorden var østlig vind mer dominerende enn normalt. Dette skyldtes en forholdsvis sterk og vedvarende vind mellom sørøst og nordøst i perioden fra 16 til 26 april. På tross av forholdsvis sterke vinder fra sørvest i perioden fra 5 til 11 april, er det ikke noe mer dominerende sørvestlig vind enn normalt i forhold til månedsmiddelet.

Som representative stasjoner for indre Vestfjorden ble brukt Offersøy, Skrova, Grøtøy og Glåpen. Ved nærmere analyse viste det seg at ved Glåpen virker lokale vindeffekter inn. Således ser det ut til at sørvestlig vind i fjorden gir en vestlig til nordvestlig vind lokalt ved Glåpen. På samme måte ser det ut til at østlig vind i Vestfjorden dreies på sørøst ved Glåpen. Dette kommer klart fram i figurene 15 og 16 hvor skipsmålinger utenfor Glåpen ga forskjellig vindretning fra målingene ved Glåpen fyr. For ytre Vestfjorden er som representative stasjoner valgt Myken og Skomvær fyr. Vindpiler for de enkelte stasjonene er vist i Fig. 17. I tillegg til målinger fra disse stasjonene ble det benyttet værkart fra Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Norrköping, daglig nedtegnet på grunnlag av målinger kl. 7.

I grove trekk kan vindsituasjonene i april 1978 deles i 6 grupper:

1. 1-4 april
2. 5-10 april
3. 11-17 april
4. 18-19 april
5. 20-25 april
6. 26-30 april.

1. Måneden starter med lett til laber bris fra nordvest som følge av høytrykk mellom Island og Lofoten. Virvling oppstår i vindfeltet og gir vinddreining mot sør og sørvest i ytre Vestfjorden og dreining mot nordvest i indre delen (Fig. 18a). Størst er hastigheten i ytre delen, mens i indre delen synes Lofotveggen å gi levirkning. Mot slutten av denne perioden er det vindstille i Grøtøyområdet, noe som markerer stagnasjonspunkt i feltet.
2. Perioden blir avbrutt av dannelsen av et lavtrykk mellom Grønland og Svalbard som vandrer østover inn i Barentshavet. Dette gir kuling (12-15 m/s) fra sørvest som dreier på nordvest 6 april. Allerede 7 april fortsetter sørvestlig kuling som følge av et nytt lavtrykk ved Grønland som beveger seg østover mot Vestfjorden (Fig. 18b). Denne vindsituasjonen varer ut perioden. Lavtrykket befinner seg da utenfor Vestfjorden og har tapt det vesentlige av sin intensitet. I Fig. 16 er skipsmålinger fra 10 april fra hele fjorden samlet. Målingene viser hvordan Lofotveggen styrer vinden.
3. Det svake lavtrykket blir liggende i ro over Vestfjorden og gir variable, men stort sett svake vinder. Etterhvert går lavtrykket østover mot Bottenviken og gir østlige til nordøstlige vinder som er sterkest langs Lofotveggen og i indre deler av fjorden. Østsiden av fjorden blir liggende i ro (Fig. 18c).
4. Et høytrykk over Barentshavet gir sørøstlig vind som blir forsterket av et lite lavtrykk utenfor kysten av Møre. Dette gir kortvarig vind fra sørøst med opptil 15 m/s (Fig. 18d). I Fig. 15 er samlet skipsmålinger fra 18. april. Målingene viser hvordan vinden langs Lofotveggen dreier på nordøst som følge av topografien.
5. Lavtrykket utenfor kysten av Møre fylles raskt og blir avløst av en noe lengre periode med fralandsvind som har nordøstlig retning i Vestfjorden, mens vinden lenger sør (Myken) er sørøstlig (Fig. 18e). Samtidig gir lavtrykk ute i Norskehavet sørvestlig vind noe lenger ute på kysten.

Dette er en typisk vintersituasjon med drenering av tyngre luft fra landområdene og er beskrevet i Den norske Lods til å gi meget sterke strømhastigheter i området Lofotodden - Røst.

6. Høytrykk i Norskehavet dirigerer en nordlig svak vind over Vestfjorden. Igjen gir Lofotveggen levirkning. De høyeste hastighetene er registrert i ytre delen av fjorden (Fig. 18f).

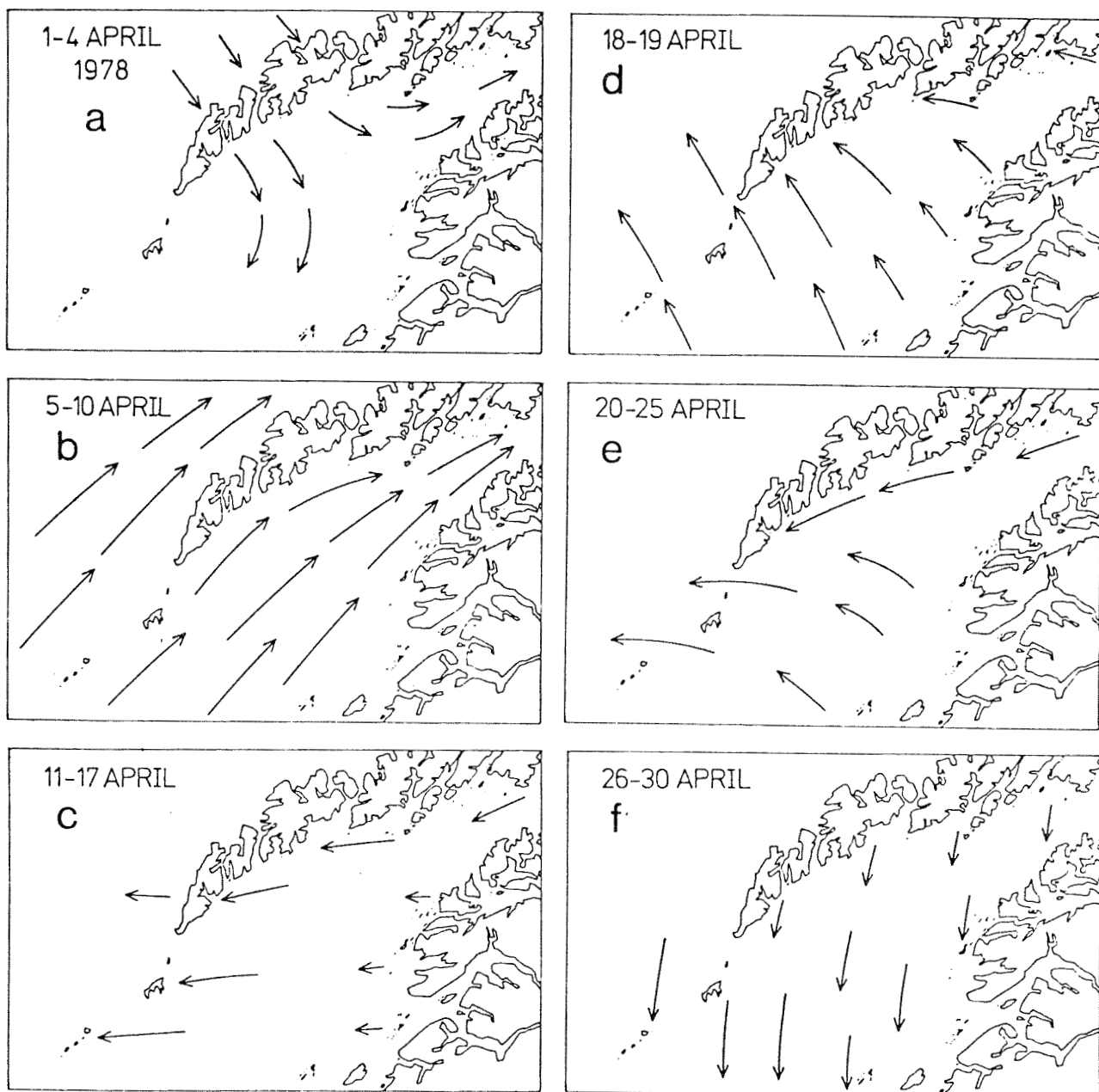


Fig. 18. Midlere vindfordeling i Vestfjorden oppdelt i 6 tidsfaser for april 1978. a) 1-4 april, b) 5-10 april, c) 11-17 april, d) 18-19 april, e) 20-25 april, f) 26-30 april. [Mean wind conditions in Vestfjorden for April 1978 divided in 6 periods].

LITTERATUR

- ANON. 1958. Hydrologiske undersøkelser i Norge. Utdrag av det hydrologiske materialet for 50-årsperioden 1/9 1900-1/9 1950. Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Oslo. 236 s., 56 fig.
- DANNEVIG, P. 1966. Vær, vind og sjø på Norskekysten. Nordangers nautiske håndbøker, Bergen. 55 s.
- ETTER, P.C. 1978. A climatic heat budget study of the Gulf of Mexico. P. 469-479 in STUART, H.B.jr. ed. Proc. CICAR-II Symp. Prog. mar. Res. in the Caribbean and adjacent regions. Caracas, 12-16 July, 1976. F.A.O.
- ELLERTSEN, B., FURNES, G.K., SOLEMDAL, P. og SUNDBY, S. 1981. Influence of wind induced currents on the distribution of cod eggs and zooplankton in Vestfjorden. P. 604-628 in SÆTRE, R. and MORK, M. ed. Proc. Symp. Norwegian Coastal Current. Geilo, Norway, 19-12 September 1980. University of Bergen, Norway.
- FURNES, G.K. and SUNDBY, S. 1981. Upwelling and wind induced circulation in Vestfjorden. P. 152-177 in SÆTRE, R. and MORK, M. ed. Proc. Symp. Norwegian Coastal Current. Geilo, Norway, 9-12 September 1980. University of Bergen, Norway.
- JOHANNESSEN, T.W. og HÅLAND, L. 1969. Standard normals 1931-60 of monthly wind summaries for Norway. Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo. 217 s.
- PYTTE ASVALL, R. 1976. Effects of Regulation on Fresh Water Run off. P. 15-20 in SKRESLET, S., LEINEBØ, R., MATTHEWS, J.B.L. and SAKSHAUG, E. ed. Proc. Symp. influence of freshwater outflow on biological processes in fjords and coastal waters. Geilo 22-25 April 1974. The Association of Norwegian Oceanographers, Oslo.

TOLLAN, A. 1975. Hydrologiske regioner i Norden. Vannet i Norden,
1975(1): 3-15.