



Å0322

Storfjordundersøkelsen

Del 2 - Hydrografi i Storfjorden, historisk oversikt



Jan Erik Dyb, Stig Tuene & Jan Erich Rønneberg



MØREFORSKING
Ålesund

Møreforskning Ålesund
Postboks 5075
6021 Ålesund
Telefon: 7016 1350
Telefax: 7013 8978

RAPPORT

Tittel: Storfjordundersøkelsen Del 2 - Hydrografi i Storfjorden, historisk oversikt	Rapport nr.: Å0322
	Prosjekt nr.: 54278
Oppdragsgiver: Møre og Romsdal Fylkeskommune	Dato: 31.12.03
	Antall sider: 52
	Referanse oppdragsgiver: Jonny Loen
Tlf:	
Forfattere: Jan Erik Dyb, Stig Tuene	Signatur: 
Rapport godkjent av: Iren Stoknes	Signatur: 

Sammendrag

Formålet med arbeidet bak denne rapporten var å kartlegge de historiske variasjonene innen hydrologi/vannkjemi i Storfjorden på 90 tallet, og danne et grunnlag for å kunne vurdere forekomster og muligheter for at giftalger forekommer i fjorden. Det ble sett på historiske målinger av temperatur, saltholdighet (salinitet), oksygen, nitrat, fosfat og silikat. De historiske målingene er samlet inn av Havforskningsinstituttet i Bergen på de årlige høsttoktene i Storfjorden fra 1991-1998. Målingene viste at parametrene varierte i fjordsystemet, og det var ofte en gradient fra ytterst til innerst i fjorden, men målingene kunne også vise større årsvariasjoner enn variasjoner gjennom fjorden. På bakgrunn av disse dataene kan det se ut til at primærproduksjonen er forskjellig i Storfjorden, og at den største produksjonen forekommer ytterst i fjorden. Ferskvannsavrenningen til Storfjorden varierer gjennom året, men vannkraftverk tilknyttet til fjorden vil kunne gi et vesentlig bidrag til avrenningen om vinteren.

Emneord:

Storfjorden, vannmålinger, temperatur, salinitet, saltholdighet, nitrat, fosfat, silikat, oksygen, historiske data, vannavrenning

Distribusjon/Tilgang:

Åpen

Sammendrag

Denne rapporten er en delrapport av to. Prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Oceanor og Møreforskning Ålesund, og finansiert av Fylkeskommunen i Møre og Romsdal. Hovedmålet med denne rapporten er å kartlegge de historiske variasjonene innen hydrologi/vannkjemi i Storfjorden, og danne et grunnlag for å kunne vurdere eventuelle forekomster av giftalger i fjorden. Rapporten legger vekt på en generell beskrivelse av variasjoner som har forekommet, og eventuelle særegenheter med fjorden som kan få betydning for algeveksten.

Det ble sett på historiske målinger av temperatur, saltholdighet (salinitet), oksygen, nitrat, fosfat og silikat. Dataene er samlet inn av Havforskningsinstituttet i Bergen på de årlige høsttoktene i Storfjorden fra 1991-1998. Målingene viste at parametrene varierte i fjordsystemet, og det var ofte en gradient fra ytterst til innerst i fjorden. Verdiene kunne også være like samme året og variere mer fra år til år. På bakgrunn av disse dataene kan det se ut til at primærproduksjonen er forskjellig i Storfjorden, og at den største produksjonen forekommer ytterst i fjorden. Det er heller ikke noe som tyder på at fjorden får et unaturlig tilslag av næringssalter.

Det ble samlet inn data om naturlig avrenning gjennom perioden fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) samt data fra vannkraftproduksjonen i Tafjord fra Tafjord Kraftproduksjon AS. Materialet viste at ferskvannsavrenningen varierer gjennom året og fra år til år, og dette ser ut til å medføre endringer i temperatur- og salinitetsinndelingen i Storfjorden. Ferskvannsavrenning fra flere vannkraftverk tilknyttet Storfjorden, gir et vesentlig bidrag til den totale ferskvannsavrenningen i vintermånedene og påvirker fjorden i forhold til en fjord uten kraftverk. En kan vente å finne et tykkere brakkvannslag og mer strøm i fjorden som følge av "estuarin sirkulasjon".

Konklusjon: Ut i fra de historiske målingene i Storfjorden ble det funnet at de hydrografiske parametrene varierte om høsten. Det var ofte en gradient på samme dyp gjennom fjorden, helst i de øvre vannmassene, men målingene kunne også vise større årsvariasjoner enn variasjoner gjennom fjorden. Det ble funnet en gradient gjennom fjorden for parametrene temperatur, saltholdighet, oksygen, nitrat og fosfat. Dette tyder igjen på forskjell i de biologiske forholdene og primærproduksjonen i fjorden. Storfjorden vil også være påvirket av vannkraftproduksjonen på vinteren, ved at "estuarine sirkulasjon" forsterkes.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
2	Materiale.....	3
3	Resultater.....	7
3.1	Høsttoktene 1991-1998 i Storfjorden.....	7
3.1.1	Temperatur	7
3.1.2	Saltholdighet.....	7
3.1.3	Oksygen.....	16
3.1.4	Nitrat og fosfat	19
3.1.5	Silikat	24
3.2	Vår-tokter 1998 og 1999	27
3.3	Ferskvannsavrenning til Storfjorden	29
4	Oppsummering/diskusjon.....	31
5	Appendiks.....	35

1 Innledning

Skjellnæringen er en ekspanderende næring innen havbruk. Parallelt med ekspanderingen kommer behovet for å kunne forutsi produksjonen og eventuelle problemer som kan dukke opp. Det er spesielt giftalgene som har skapt problemer for skjellnæringen. Giftalgene dukker opp og/eller kan øke giftigheten under spesielle fysiske forhold. Forholdene varierer fra fjord til fjord og gjerne også innenfor samme fjord eller fjordsystem.

Storfjorden er et typisk fjordsystem for Vestlandet. Fjorden er en lang og smal terskelfjord, som består av flere sidefjorder og er inndelt i flere områder skilt av terskler i selve fjorden. Ytterst er områdene Breisundet og Sulafjorden. Deretter deler fjorden seg sørvestover til Vartdalsfjorden (blir ikke omtalt) og østover til selve Storfjorden. Første fjordarm er Hjørungfjorden med Bjørkevika og Nordangsfjorden, og neste fjordarm er Sykkylvsfjorden. Lenger inne ved Stranda deler fjorden seg i to relativt like deler, Synnlyvsfjorden – Geirangerfjorden og Nordalsfjorden – Tafjorden. Samlet areal på de omtalte delene av Storfjorden er på 500 km² (Fjordkatalogen, Direktoratet for Naturforvaltning, 1999).

Storfjorden er en dyp terskelfjord med en terskeldybde på 131 meter ytterst i Breisundet og største dyp på 686 m. Fjorden ”fortsetter” utover kontinentalsokkelen til Norskehavet via Breisunddjupet og andre renner i kontinentalsokkelen. Disse rennene er dypere enn 200 m og kun kortere områder grunnere enn 200 m skiller disse og Norskehavet.

Sirkulasjonen i Storfjorden blir mest styrt av ferskvannstilsetning og lite av vind. Dette er typisk for lange og smale fjorder. Det motsatte er typisk for korte og breiere fjorder.

Hovedmålet med denne rapporten er å kartlegge de historiske variasjonene innen hydrologi/vannkjemi i Storfjorden, og danne et grunnlag for å kunne vurdere forekomster og muligheter for at giftalger forekommer i fjorden. Rapporten er en delrapport av to, der denne rapporten tar for seg variasjonen i vannkjemien/hydrologien i fjordsystemet. Den andre delen beskriver forekomster av alger og muligheter for at giftalger kan forekomme i fjorden. Denne delen går derfor ikke nærmere inn på hvorfor de forskjellige næringsstoffene, som algene benytter, varierer. Rapporten legger vekt på en generell beskrivelse av variasjoner som har forekommet, og eventuelle særegenheter med fjorden som kan få betydning for algevekst.

Generelt om fjorder

(Kilde: ”Miljøundersøkelser i norske fjorder”, Fisken og havet, Havforskningsinstituttet)

Fysiske forhold

Brakkvannet i en fjord er et resultat av ferskvannsavrenningen fra land. Når ferskvann blandes med sjøvann får vi brakkvann som har en saltholdighet lavere enn kystvannet. Med en gitt ferskvannsavrenning er brakkvannets temperatur, saltholdighet og lagtykkelse styrt av meteorologiske forhold og fjordens topografi. Brakkvannet strømmer ut fjorden og saltholdigheten øker pga innblandingen med det underliggende sjøvann. Sjøvannet som tilføres brakkvannet må kompenseres utenfra og det strømmer saltere vann inn fjorden under brakkvannslaget. Denne ferskvannsdrevne sirkulasjonen kalles ”estuarin sirkulasjon”.

Mellomlagsvann, som ligger mellom brakkvannet og terskeldyp (dypeste forbindelse mellom bassengvannet og områdene utenfor) er ofte preget av vannmassene utenfor fjorden.

Variasjoner i trykkforholdene (tetthet og tidevann) utenfor fjorden fører til inn- og utstrømminger i mellomlaget. Grunn terskel og lite munningsareal vil vanligvis begrense vannutskiftingen i mellomlaget og tidevannsstrømmer vil være dominerende.

Bassengvannet er innestengt bak terskelen og vil i perioder uten innstrømming stort sett beholde sine fysiske egenskaper. Det eneste som kan endre på saltholdighet, temperatur (og dermed tetthet) er den vertikale turbulente blandingen i fjordbassenget. Tettheten i bassenget vil derfor avta med tiden og øke sannsynligheten for innstrømming av tyngre kystvann. I fjorder med grunne terskler vil innstrømmingen til bassengvannet oftest inntreffe på senvinteren, mens utskiftingen av bassengvann i fjorder med dype terskler oftest inntreffer i vår- og sommermånedene. Temperatur, saltholdighet, oksygen og næringsalter i bassengvannet vil i stagnasjonsperioder ofte være forskjellig fra forholdene i tilsvarende dyp utenfor fjorden.

Kjemisk-biologiske forhold

Primærproduksjonen i de øvre 20 (30-50) m er den viktigste naturlige kilde for organiske tilførsler til terskelfjorders bassengvann. For produksjon av planteplankton må det være tilstede tilstrekkelige mengder lys og næringsalter (fosfat, nitrogenforbindelser og silikat). På våre breddegrader vil lyset begrense primærproduksjonen i vinterhalvåret. Ut på senvinteren og våren, når bl.a. lysforhold og vertikal lagdeling igjen er gunstig, er det en kraftig vårblomstring som følge av høye næringsalkonsentrasjoner som har bygget seg opp i løpet av senhøsten og vinteren. Næringsalterne tilføres de øvre vannlag fra dypere vannlag gjennom vertikal omrøring, fra avrenning fra land og fra nedbør (nitrogen).

Når planteplanktonet dør synker det nedover i vannmassene og brytes ned bakterielt eller beites av dyreplankton. En del av planteplanktonet omsettes i produksjonslaget og næringsalterne, som da frigjøres, benyttes til ny produksjon. Resten synker ned under produksjonslaget. Det meste av det nedsynkende organiske materialet i oksygenrike fjorder brytes ned i vannmassene eller omsettes i bunnsedimentene av bakterier og bunndyr. Resten akkumuleres på bunnen i form av organiske sedimenter. Nedbrytningen av organisk materiale forbraker oksygen og frigjør næringsalter. Når oksygenmengden blir for lav vil nedbrytningen også skje anoksisk, og det blir dannet hydrogensulfid og ammonium som et restprodukt. I fjorder med hydrogensulfid i bassengvannet vil nedbrytningen av organisk materiale gå vesentlig saktere, og akkumulering i form av bunnsedimenter vil derfor øke.

I de perioder et fjordbasseng ikke har innstrømming av nye oksygenrike vannmasser vil oksygenverdiene avta og næringsalterverdiene øke. Oksygenforbruket i et gitt basseng vil bl.a. være en funksjon av mengden tilført organisk materiale, nedbrytningshastigheten, tilførsler av oksygen gjennom vertikal blanding og topografiske forhold. Oksygenforbruket og innstrømmingshyppigheten av oksygenrikt vann er bestemmende for hvor lave oksygenverdiene blir i bassengvannet. Menneskeskapt organisk belastning, i form av økte næringsalterutslipp og/eller direkte utslipp av organisk materiale, vil kunne øke oksygenforbruket og dermed redusere oksygenkonsentrasjonene i bassengvann.

SFT har laget en norsk standard over miljøkvaliteter i vann (Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann, 1997). Oksygen blir delt inn i fem tilstandsklasser, meget god (>6,4 mg/l), god (6,4 – 5 mg/l), mindre god (5 – 3,6 mg/l), dårlig (3,6 – 2,1 mg/l) og meget dårlig (<2,1 mg/l).

2 Materiale

Datamaterialet for vannfysikk (saltholdighet og temperatur) og vannkjemi (oksygen, nitrat, fosfat og silikat) er samlet inn av Havforskningsinstituttet (HI) og ligger i deres database ”Tindor”. Det var ønskelig å hente ut de siste målingene, men målinger yngre enn tre år utleveres i utgangspunktet ikke. For å få en fornuftig mengde data å presentere, samtidig som det vil gi et bilde av eventuelle årsvariasjonene i fjorden, ble det valgt å hente ut data tilbake til 1991.

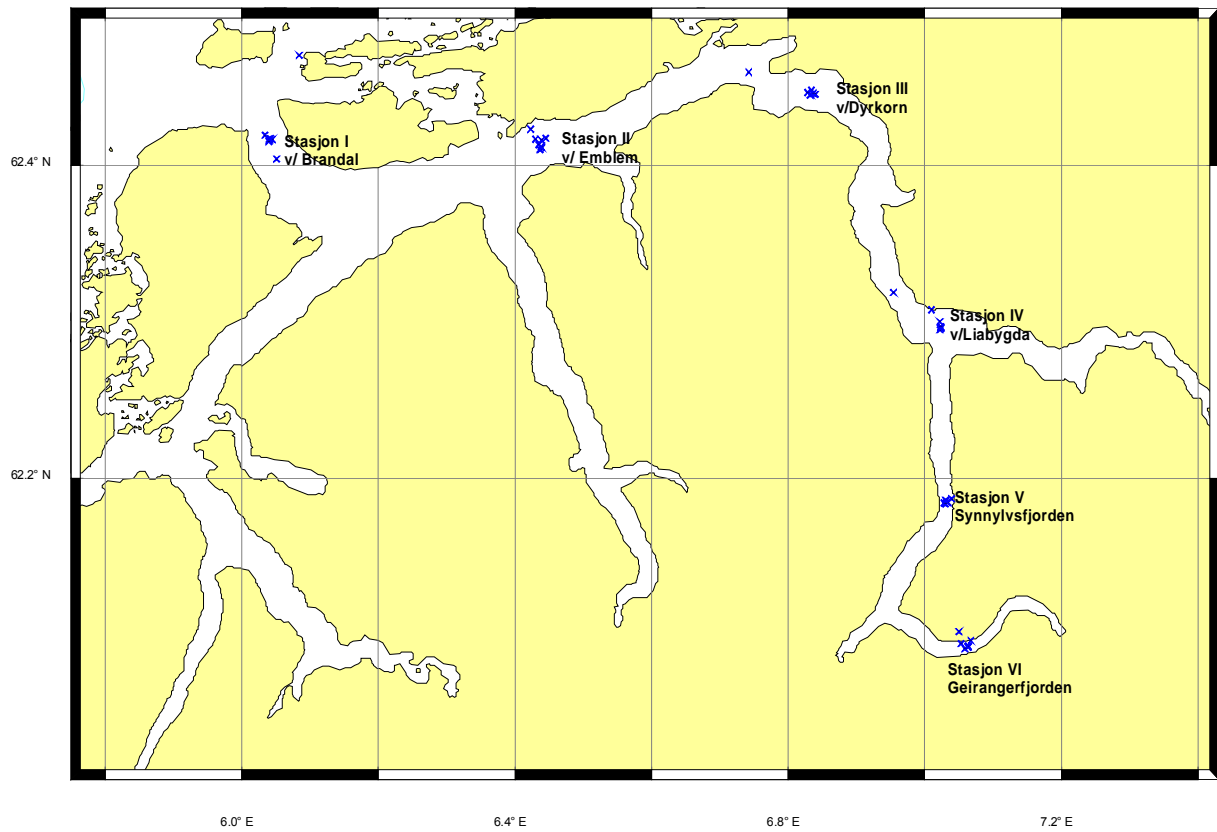
Materialet for vannfysikk er fra de årlige høsttoktene (Figur 1) og fra en spesialundersøkelse (Figur 2) i overgangen april/mai i 1998 og 1999. Materialet for vannkjemi er fra de årlige høsttoktene fra 1994 til 1998. Tabell 1 og Tabell 2 viser oversikten over stasjonene fra henholdsvis høsttoktene og spesialundersøkelsen. Høsttoktene har 6 faste stasjoner for vannmålinger i Storfjorden (Figur 1). For den perioden det ble tatt ut data, var det tidligste toktet den 10. november og det seneste 2. desember. Det skiller dermed opptil 3 uker mellom toktene, noe som kan få betydning for sammenligningen gjennom perioden.

Materialet for vannfysikk og vannkjemi fra de årlige høsttoktene ble presentert (med scatter plott for alle parametrene) både hvert år der stasjonene ble sammenlignet i samme figur og for hver stasjon gjennom hele perioden i en annen figur. Materialet fra spesialundersøkelsen ble presentert som vertikale temperatursnitt gjennom Storfjorden. Kartprogrammet Surfer ble brukt til å lage snittene. Øvrige kart er også laget v.h.a. Surfer. Grunnlaget for disse kartene ble hentet ut fra kartdatabasen Gebco.

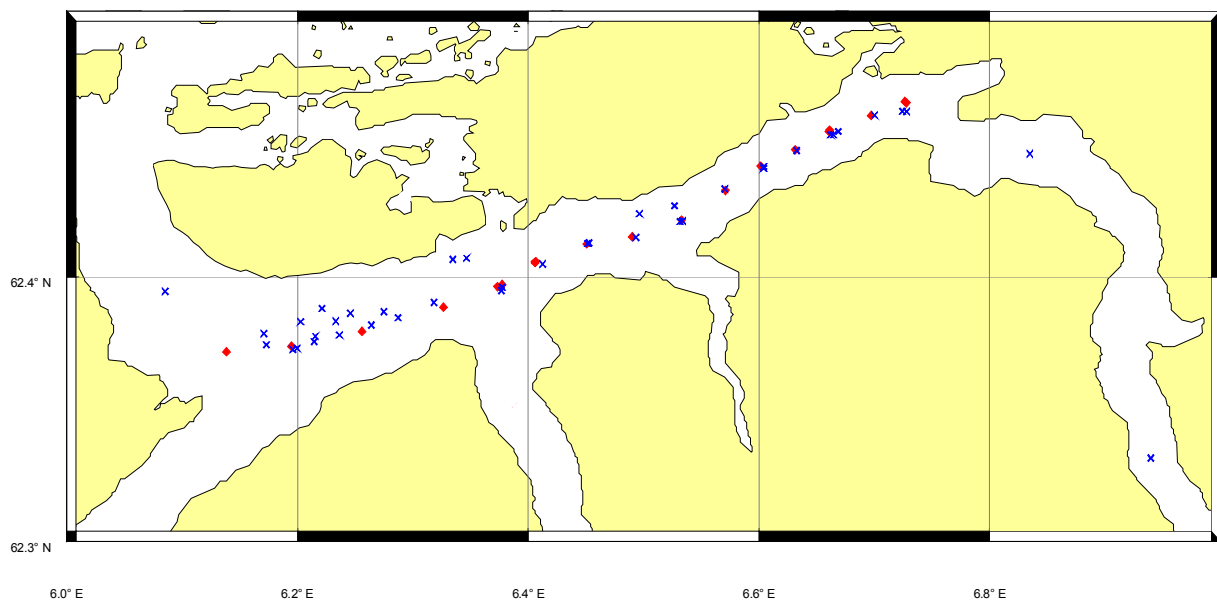
Data over naturlig ferskvannsavrenning til Storfjorden ble hentet fra Norges Vassdrag og Energidirektorat (NVE). Det ble hentet ut gjennomsnittlige månedsverdier for perioden 1991 til 1999 i fra de seks tilgjengelige målestasjoner tilknyttet Storfjorden (Alstad, Fetvatn, Røddøla, Saurvatn, Skåstad og Øye (se NVE Atlas under www.nve.no for plassering av målestasjoner). Hver av disse stasjonene, med unntak av Skåstad, har et samlet nedbørsfelt på 469 km². Siden de er fra forskjellige deler av Storfjorden, skal de gi et representativt bilde av ferskvannsavrenningen.

Data fra regulert ferskvannsavrenninger ble hentet fra Tafjord Kraftproduksjon AS. Disse dataene viser avrenningen som skjer i forbindelse med kraftproduksjon i Tafjord, og det ble hentet ut månedsverdier for perioden 1991 til 1999. Dataene var ikke kvalitetskontrollert og dataene fra de første åra er basert på ukeverdier og månedsverdiene ble beregnet utefra disse.

For alle hydrografiske figurer ble det også laget tilsvarende figurer for de øverste 50 m (appendiks).



Figur 1 Oversikt over stasjonsnettet til Havforskningsinstituttets årlige høsttokt i Storfjorden i perioden 1991-1998.



Figur 2 Oversikt over CTD stasjonene som ble tatt i forbindelse med laksekonsesjoner i Storfjorden. Undersøkelsene ble gjort av Havforskningsinstituttet i 1998 (x) og i 1999 (♦).

Tabell 1 Oversikt over stasjonene for vannmålinger fra de årlige høsttoktene til Havforskningsinstituttet i Storfjorden i perioden 1991 til 1998. Tabellen viser også hvilke parameter som ble målt.

År	Stasjon	Breddegrad (Des.grader)	Lengdegrad (Des.grader)	Dag	Måned	Dyp CTD (Maksimal)	Målte parametere					
							Salt	Temp	Oksygen	Nitrat	Fosfat	Silikat
1991	I	62.4700	6.0840	1	12	651	x	x				
	II	62.4230	6.4230	1	12	388	x	x				
	IV	62.3080	7.0100	1	12	501	x	x				
	V	62.1870	7.0390	1	12	302	x	x				
	VI	62.0940	7.0530	1	12	161	x	x				
	1992	I	62.4170	6.0420	1	12	425	x	x			
II		62.4100	6.4370	2	12	388	x	x				
III		62.4450	6.8330	2	12	656	x	x				
IV		62.2970	7.0230	2	12	522	x	x				
V		62.1850	7.0330	2	12	320	x	x				
VI		62.0920	7.0630	2	12	165	x	x				
1993	I	62.4167	6.0417	11	11	436	x	x				
	II	62.4100	6.4367	10	11	399	x	x				
	III	62.4450	6.8333	10	11	657	x	x				
	IV	62.2967	7.0233	10	11	515	x	x				
	V	62.1850	7.0333	10	11	317	x	x				
	VI	62.0917	7.0633	10	11	174	x	x				
1994	I	62.4168	6.0397	20	11	437	x	x	x	x	x	x
	II	62.4113	6.4398	20	11	395	x	x	x	x	x	x
	III	62.4452	6.8398	20	11	666	x	x	x	x	x	x
	IV	62.2952	7.0223	20	11	509	x	x	x	x	x	x
	V	62.1855	7.0308	20	11	317	x	x	x	x	x	x
	VI	62.0960	7.0673	20	11	183	x	x	x	x	x	x
1995	I	62.4193	6.0340	17	11	435	x	x	x	x	x	x
	II	62.4167	6.4298	17	11	395	x	x	x	x	x	x
	III	62.4478	6.8340	18	11	20	x	x	x	x	x	x
	IV	62.3003	7.0220	18	11	500	x	x	x	x	x	x
	V	62.1862	7.0303	18	11	315	x	x	x	x	x	x
	VI	62.1017	7.0502	17	11	180	x	x	x	x	x	x
1996	I	62.4165	6.0450	17	11	441	x	x	x	x	x	x
	II	62.4117	6.4382	17	11	396	x	x	x	x	x	x
	III	62.4448	6.8322	17	11	662	x	x	x	x	x	x
	IV	62.2967	7.0233	17	11	513	x	x	x	x	x	x
	V	62.1845	7.0333	17	11	311	x	x	x	x	x	x
	VI	62.0923	7.0638	17	11	181	x	x	x	x	x	x
1997	I	62.4158	6.0400	18	11	435	x	x	x	x	x	x
	II	62.4132	6.4347	17	11	393	x	x	x	x	x	x
	III	62.4458	6.8367	17	11	660	x	x	x	x	x	x
	IV	62.2962	7.0230	17	11	520	x	x	x	x	x	x
	V	62.1843	7.0278	17	11	315	x	x	x	x	x	x
	VI	62.0925	7.0635	17	11	183	x	x	x	x	x	x
1998	I	62.4152	6.0395	12	11	433	x	x	x	x	x	x
	II	62.4160	6.4388	11	11	391	x	x	x	x	x	x
	III	62.4463	6.8283	12	11	661	x	x	x	x	x	x
	IV	62.2968	7.0233	12	11	506	x	x	x	x	x	x
	V	62.1838	7.0303	12	11	315	x	x	x	x	x	x
	VI	62.0908	7.0585	12	11	181	x	x	x	x	x	x

Tabell 2 Oversikt over stasjonene til Havforskningsinstituttet tokt i forbindelse med en spesialundersøkelse i Storfjorden i 1998 og i 1999.

År	Stasjon	Breddegrad (Des.grader)	Lengdegrad (Des.grader)	Dag	Måned	Dyp CTD (Maksimal)	Målte parametere					
							Salt	Temp	Oksygen	Nitrat	Fosfat	Silikat
1998	353	62.4552	6.6613	28	4	551	x	x				
	354	62.4547	6.6607	28	4	561	x	x				
	355	62.4417	6.6017	28	4	425	x	x				
	356	62.4213	6.5327	28	4	387	x	x				
	357	62.4123	6.4507	28	4	38	x	x				
	358	62.3970	6.3773	28	4	401	x	x				
	359	62.3793	6.2558	28	4	416	x	x				
	360	62.3737	6.1952	28	4	415	x	x				
	361	62.4655	6.7278	29	4	563	x	x				
	362	62.4607	6.6970	29	4	563	x	x				
	363	62.4478	6.6317	29	4	502	x	x				
	364	62.4325	6.5708	29	4	387	x	x				
	365	62.4150	6.4903	29	4	381	x	x				
	366	62.4053	6.4062	29	4	391	x	x				
	367	62.3885	6.3265	29	4	427	x	x				
	368	62.4660	6.7265	29	4	555	x	x				
	369	62.3963	6.3732	29	4	416	x	x				
	370	62.4298	6.2925	30	4	27	x	x				
	371	62.4058	6.4063	1	5	391	x	x				
	372	62.3788	6.3730	1	5	417	x	x				
	373	62.3525	6.3862	1	5	414	x	x				
	374	62.3717	6.1385	1	5	396	x	x				
1999	325	62.3755	6.2145	28	4	411	x	x				
	326	62.3775	6.2155	28	4	410	x	x				
	327	62.3730	6.1998	28	4	406	x	x				
	328	62.3817	6.2642	28	4	416	x	x				
	329	62.3903	6.3183	28	4	417	x	x				
	330	62.3960	6.3775	29	4	401	x	x				
	331	62.4047	6.4125	29	4	382	x	x				
	332	62.4127	6.4527	29	4	386	x	x				
	333	62.4148	6.4933	29	4	378	x	x				
	334	62.4210	6.5338	29	4	383	x	x				
	335	62.4330	6.5705	29	4	382	x	x				
	336	62.4415	6.6040	29	4	472	x	x				
	337	62.4475	6.6327	29	4	481	x	x				
	338	62.4535	6.6645	29	4	563	x	x				
	339	62.4608	6.7002	29	4	562	x	x				
	340	62.4622	6.7280	29	4	563	x	x				
	341	62.4623	6.7242	29	4	561	x	x				
	342	62.4535	6.6622	29	4	562	x	x				
	343	62.4408	6.6040	29	4	392	x	x				
	344	62.4208	6.5317	29	4	381	x	x				
	345	62.3862	6.2460	30	4	426	x	x				
	346	62.4125	6.4513	30	4	393	x	x				
	347	62.3947	6.3768	30	4	411	x	x				
	348	62.3845	6.2873	30	4	422	x	x				
	349	62.3725	6.1960	30	4	405	x	x				
	350	62.3743	6.1732	1	5	420	x	x				
	351	62.3880	6.2213	1	5	402	x	x				
	352	62.3832	6.2332	1	5	421	x	x				
	353	62.3830	6.2027	2	5	417	x	x				
	354	62.3780	6.2365	3	5	422	x	x				
	355	62.3785	6.1708	3	5	421	x	x				
	356	62.3945	6.0853	4	5	436	x	x				
	357	62.3868	6.2748	4	5	422	x	x				
	368	62.4070	6.3465	8	5	146	x	x				
	369	62.4065	6.3347	8	5	81	x	x				
	370	62.4463	6.8347	8	5	652	x	x				
	371	62.3315	6.9397	8	5	636	x	x				
	372	62.4547	6.6687	8	5	566	x	x				
	373	62.4267	6.5268	9	5	382	x	x				
	374	62.4237	6.4965	9	5	375	x	x				

3 Resultater

3.1 Høsttoktene 1991-1998 i Storfjorden

3.1.1 Temperatur

De årlige temperaturmålingene foretatt i perioden 1991-1998 (Figur 3 til Figur 6), viser at vannet i det øvre vannlaget i november var generelt kaldest i de ytterste delene av fjorden, og at vannet ble gradvis varmere til de innerste delene av fjorden. Temperaturen i det øvre brakkvannslaget varierte fra 8 til 11 °C i 1997 (8,6 til 10,8 °C helt i overflaten), til mindre enn 0,5 °C mellom stasjonene i 1995 og til dels i 1994. Temperaturen i det øvre brakkvannslaget varierte opptil 4 °C gjennom perioden for hver enkelt stasjon. Det var varmest i 1995 og kaldest i 1992. Temperaturen gikk i fra om lag 7 til 11 °C på stasjon II, fra 7,5 til 11,5 °C på stasjon III og fra 8 til 12 °C på stasjon IV til stasjon VI.

Temperaturmålingene viser også at nedkjølingen av de øverste vannlagene hadde begynt i hele fjordsystemet. Nedkjølingen varierte mellom år og lokalitet med unntak av året 1995.

Nedkjølingen nådde ned til omtrent samme dyp på alle stasjonene samme året, men denne dybden varierte gjennom perioden. Nedkjølingen nådde dypest i 1992 med vel 100 m og minst i 1995 med knappe 20 m.

Sprangsjiktet (termoklinen) mellom mellomlaget og bassengvannet lå mellom 90 – 200 m, dypest i 1992 og grunnest i 1993, 1995, 1997 og 1998. Sprangsjiktet varierer lite mellom stasjonene samme året.

Temperaturen på bassengvannet (250 m) varierte fra 7 °C i 1994 til 8 °C i 1991 (Figur 6). Det var størst forskjell ytterst i fjorden ved stasjon I, og forskjellen ble gradvis mindre innover i fjorden. For de andre årene var denne temperaturen jevnt spredd mellom disse to yttergrensene. Temperaturen varierte lite mellom stasjonene samme år med unntak av årene 1994 og 1998, hvor det var noe større forskjell mellom stasjonene fra sprangsjiktet ned til henholdsvis 300 og 400 m dyp.

Temperaturen for de øverste 50 meterne er vist i appendiks.

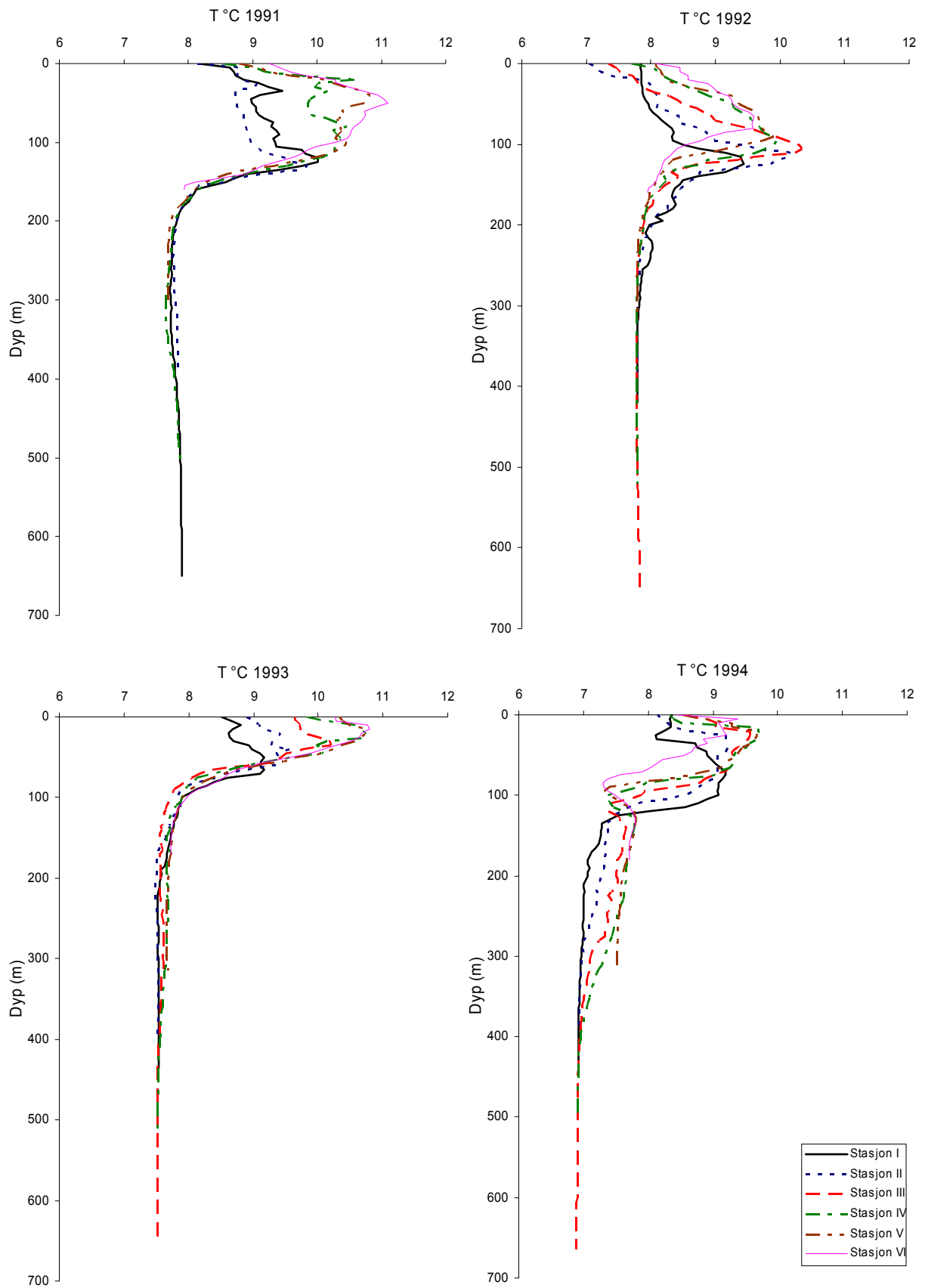
3.1.2 Saltholdighet

Salinitetsmålingene i perioden 1991-1998 (Figur 7 til Figur 10) viser at saltholdigheten i det øvre brakkvannslaget varierte gjennom perioden fra 28,8 ‰ til 32,7 ‰ ved stasjon VI, og at de andre stasjonene hadde en variasjon i perioden som var større enn 2 ‰. Variasjonen mellom stasjonene samme året var noe større enn 2 ‰ i 1997, men for årene 1992-1995 og 1998 variert saltholdigheten med mindre enn 1 ‰. Det ble observert en trend til at saltholdigheten ble mindre lenger ut mot kysten i det samme vannlaget.

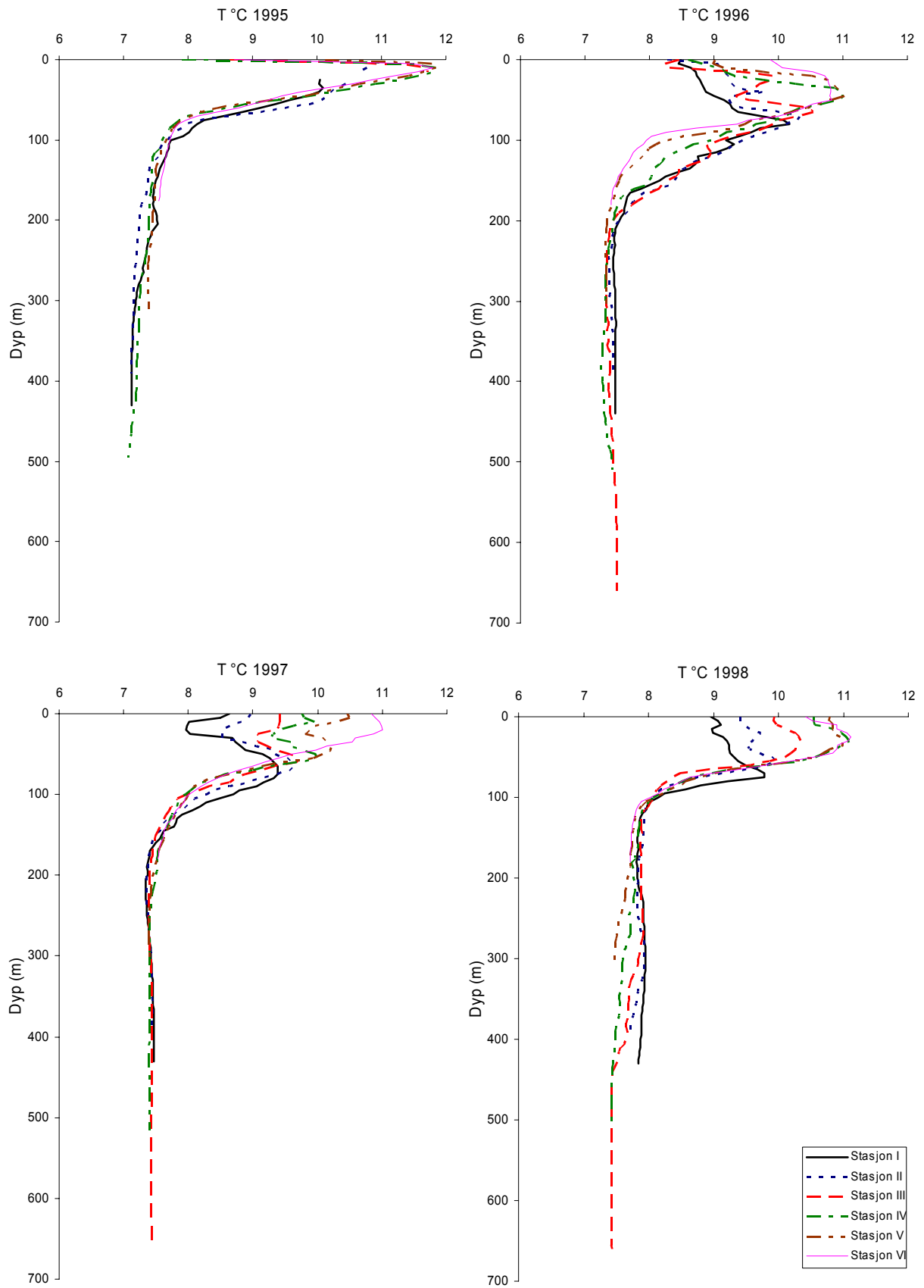
Under det øvre brakkvannslaget var det liten variasjon i saltholdigheten mellom stasjonene samme året. Sprangsjiktet (haloklinen) varierte derimot i gjennom perioden, og lå mellom 80 og 170 m i henholdsvis 1995 og 1991. Variasjonen som vises i mellomlaget for hver av stasjonene gjennom perioden i Figur 9 og Figur 10 kommer av variasjonen i haloklinen.

Under mellomlaget (bassengvann) holdt vannet bortimot konstant saltholdighet (~35 ‰) gjennom hele perioden på alle stasjonene.

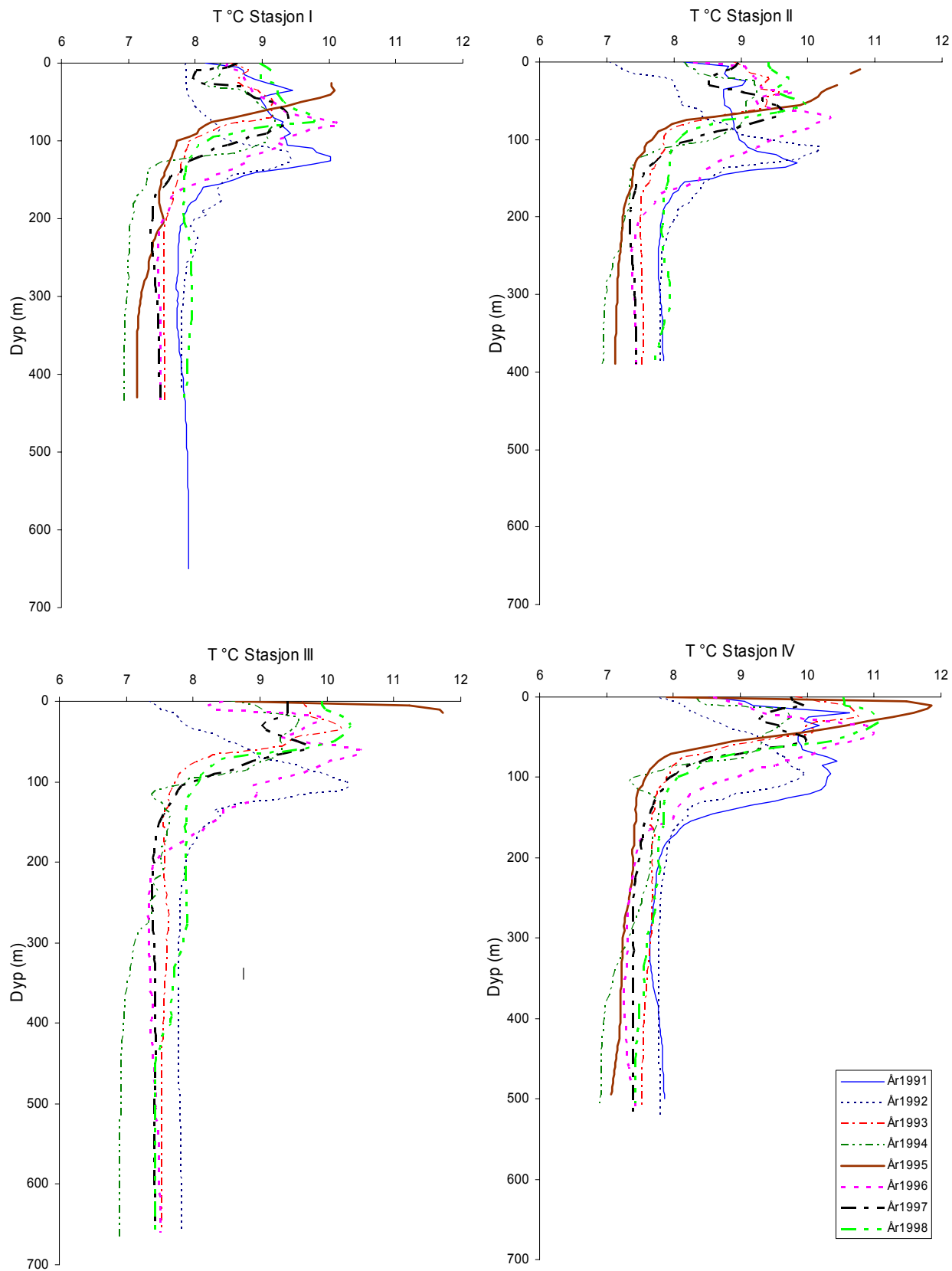
Saltholdigheten for de øverste 50 meterne er vist i appendiks.



Figur 3 Vanntemperaturer i Storfjorden for årene 1991-1994 i november - desember, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.

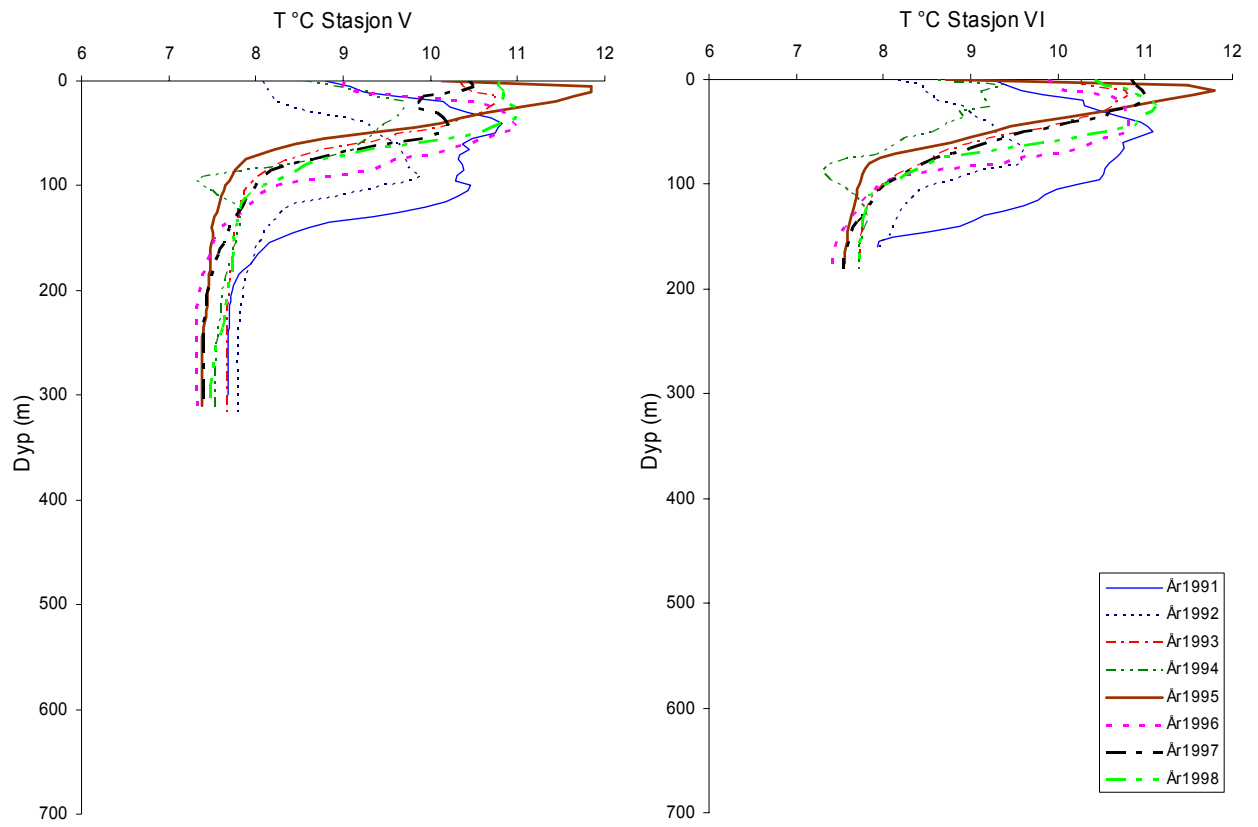


Figur 4 Vanntemperaturer i Storfjorden for årene 1994-1998 i november - desember, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.

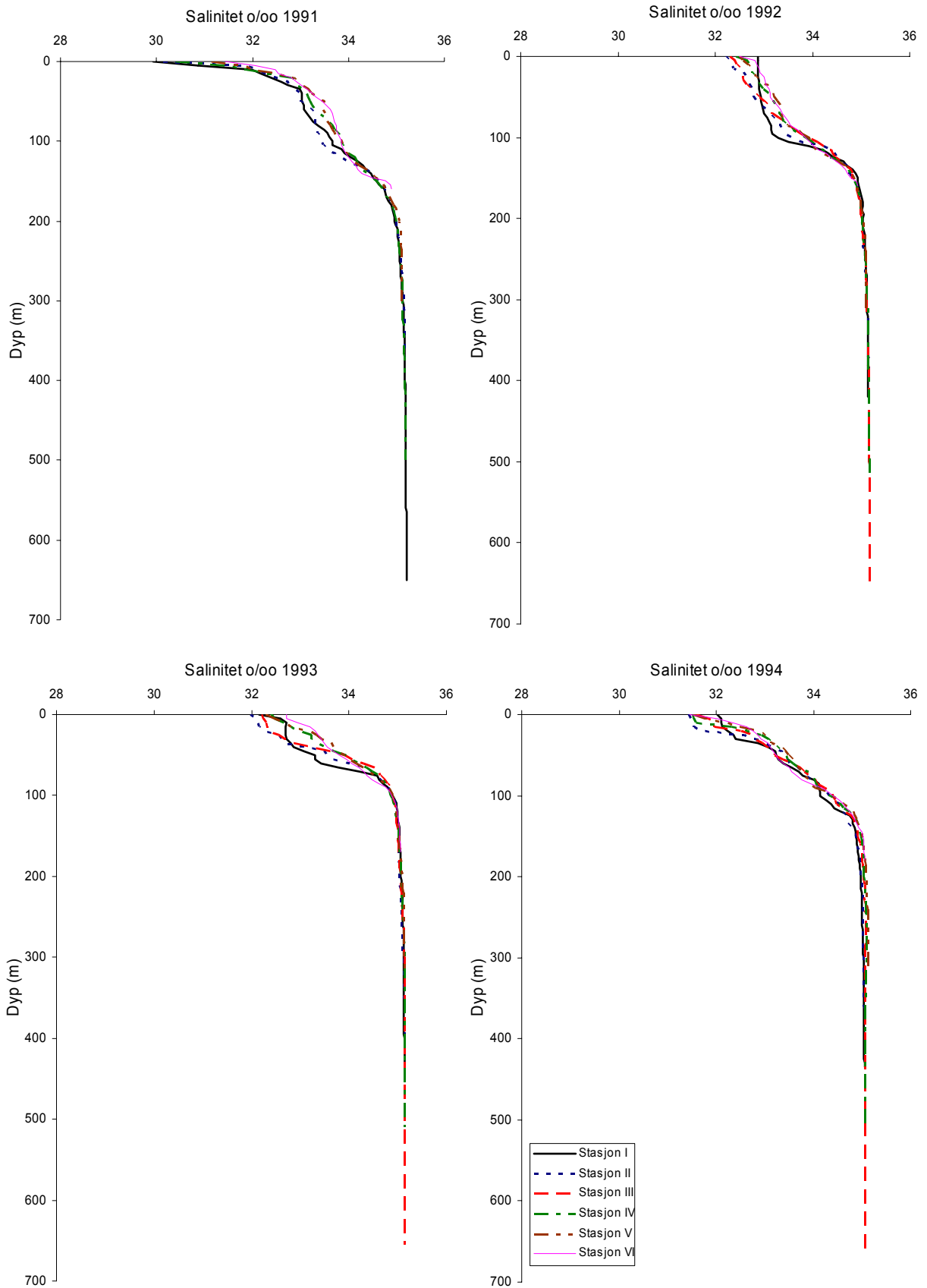


Figur 5

Vanntemperaturer i Storfjorden i november - desember for stasjon I til IV, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

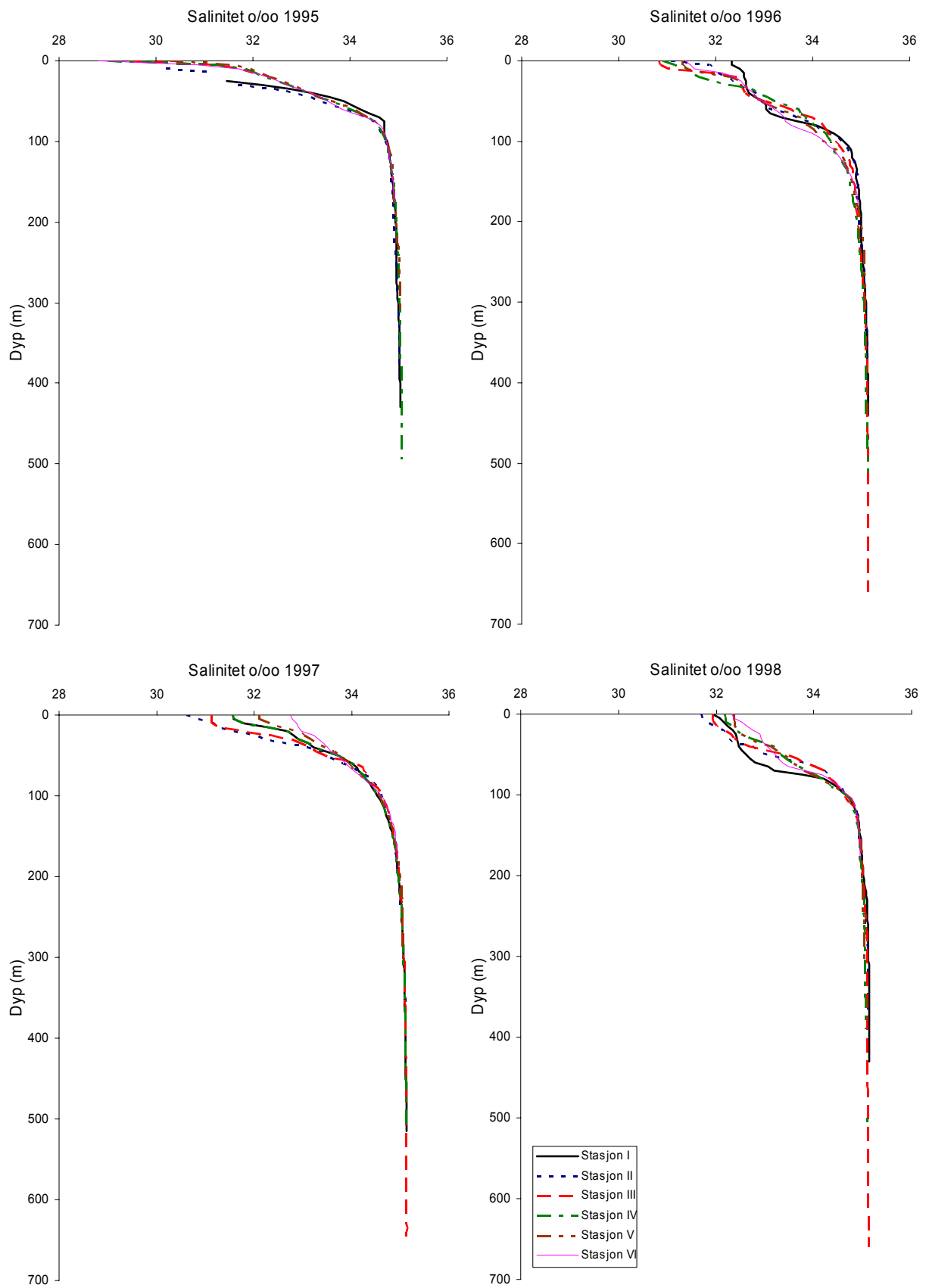


Figur 6 Vanntemperaturer i Storfjorden i november - desember for stasjon V til VI, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.



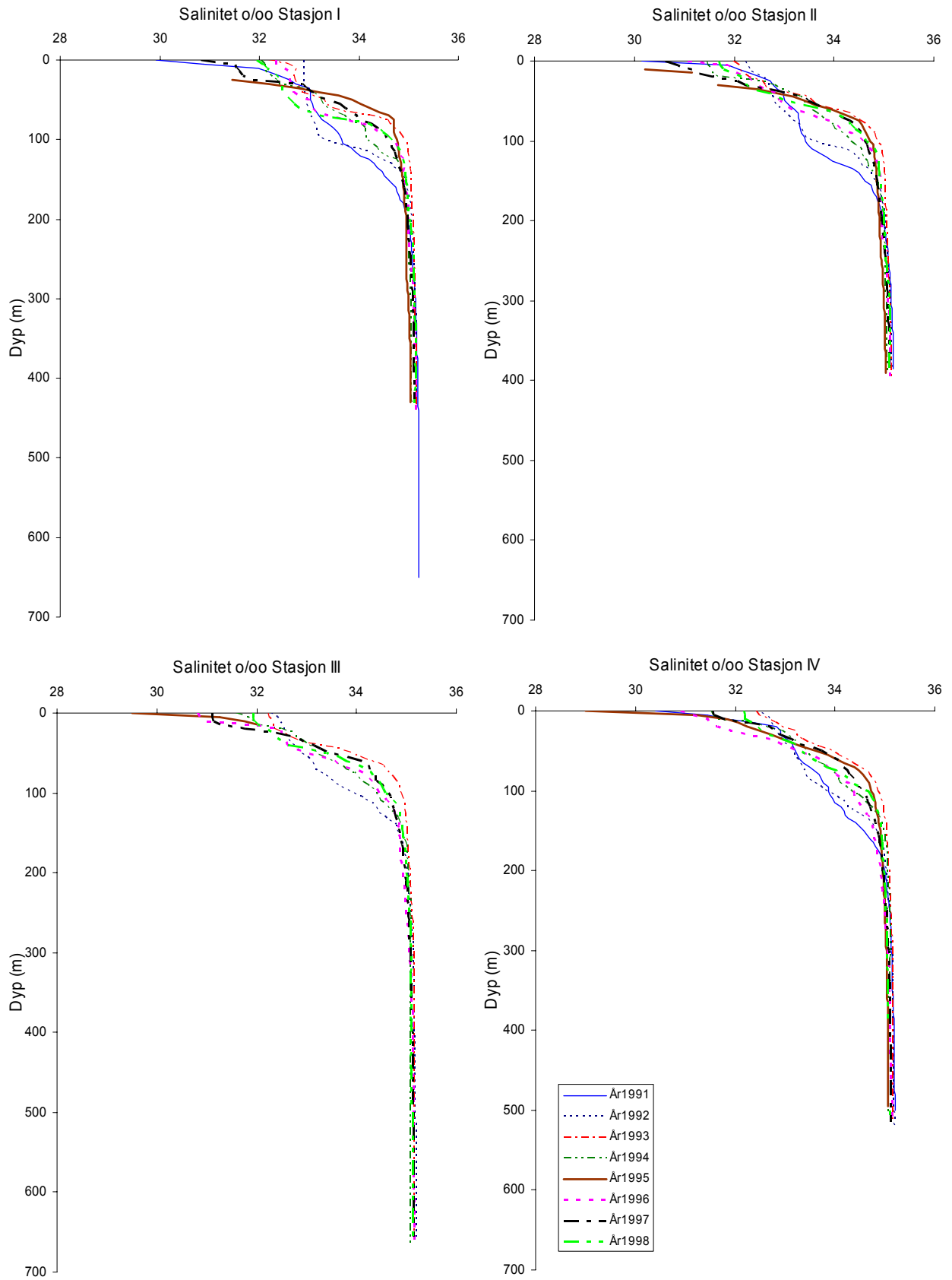
Figur 7

Saltholdigheten i Storfjorden for årene 1991-1994 i november - desember, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.



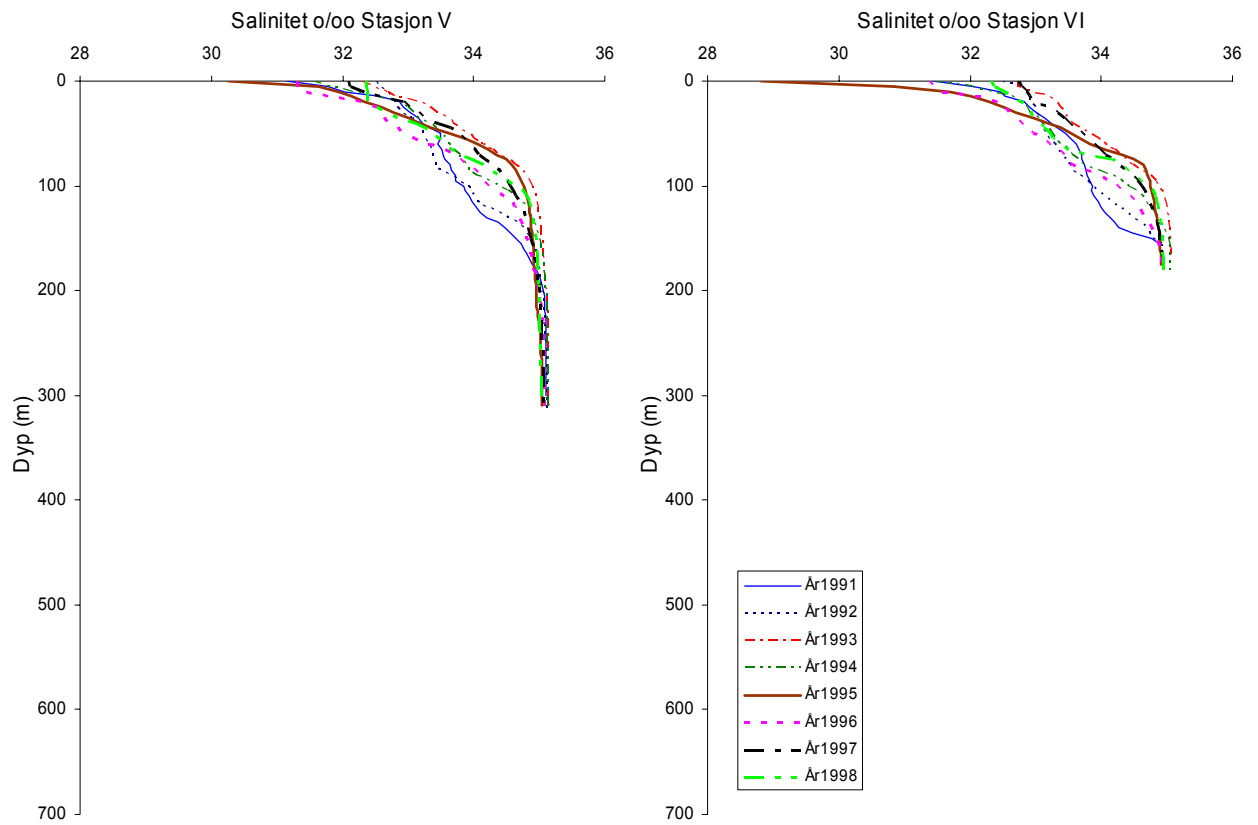
Figur 8

Saltholdigheten i Storfjorden for årene 1995-1998 i november - desember, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.



Figur 9

Saltholdigheten i Storfjorden i november - desember for stasjon I til IV, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.



Figur 10 Saltholdigheten i Storfjorden i november - desember for stasjon V til VI, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

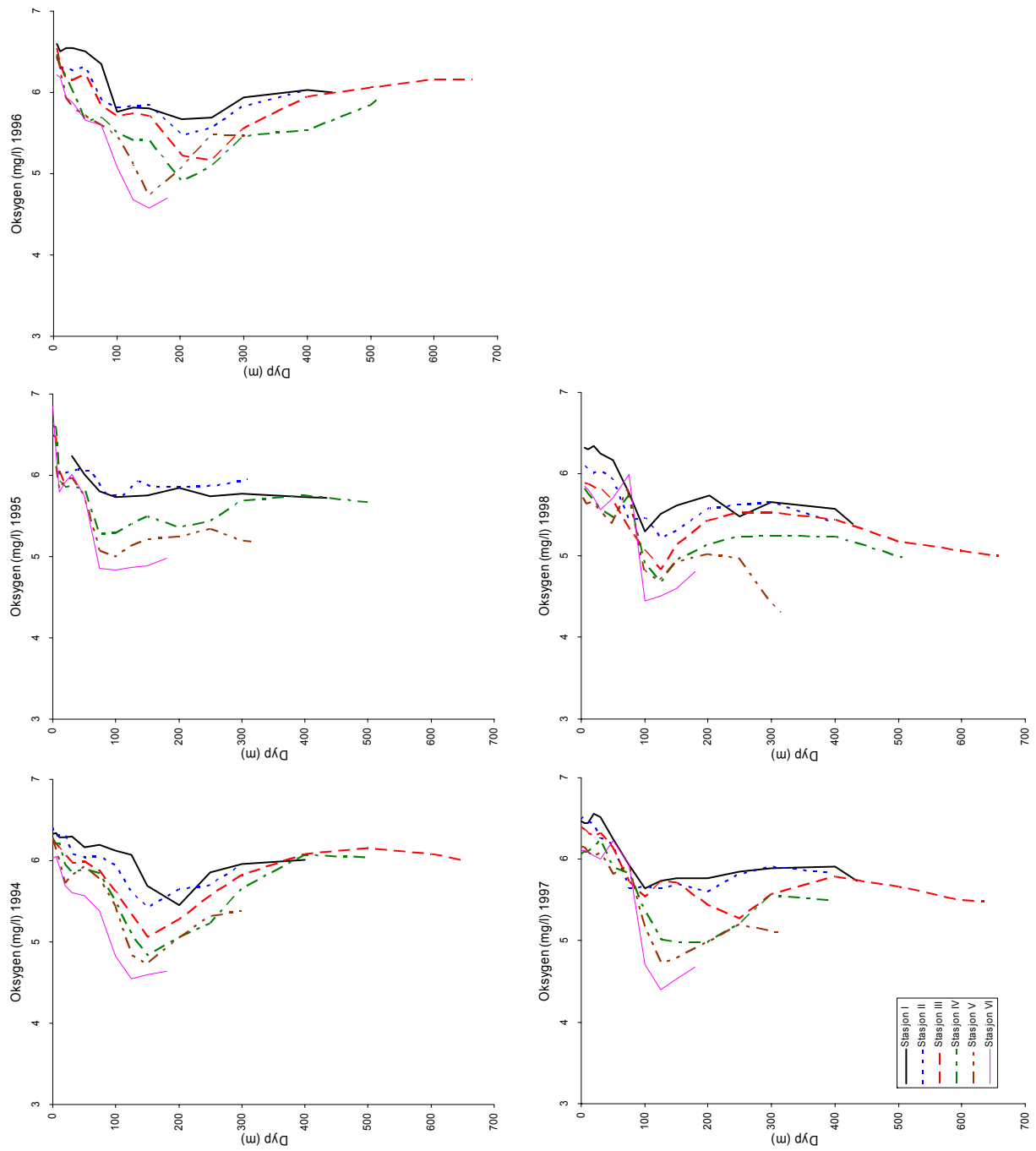
3.1.3 Oksygen

Figur 11 viser oksygeninnholdet i Storfjorden for alle stasjonene samme år og Figur 12 viser oksygeninnholdet for hver av stasjonene gjennom perioden. Figurene viser at det gjennom hele perioden var høyeste oksygenverdier ytterst i fjorden ved stasjon I og at oksygeninnholdet ble gradvis mindre innover fjorden til stasjon VI. Forskjellen vises best på omtrent 100 m dyp (termoklinen), men samme graderingen ble funnet mot overflaten og i dypere vannlag inntil bunnen ble nådd for de enkelte stasjonene. De høyeste oksygenkonsentrasjonene ble funnet i overflaten og varierte fra 6 til 6,5 mg/l, med unntak for 1998 hvor variasjonen var fra 5,5 til 6 mg/l. Størst variasjon var det i 1994 på 130 m dyp. Ved stasjon VI ble det målt 4,5 mg/l og ved stasjon I ble det målt 6 mg/l oksygen.

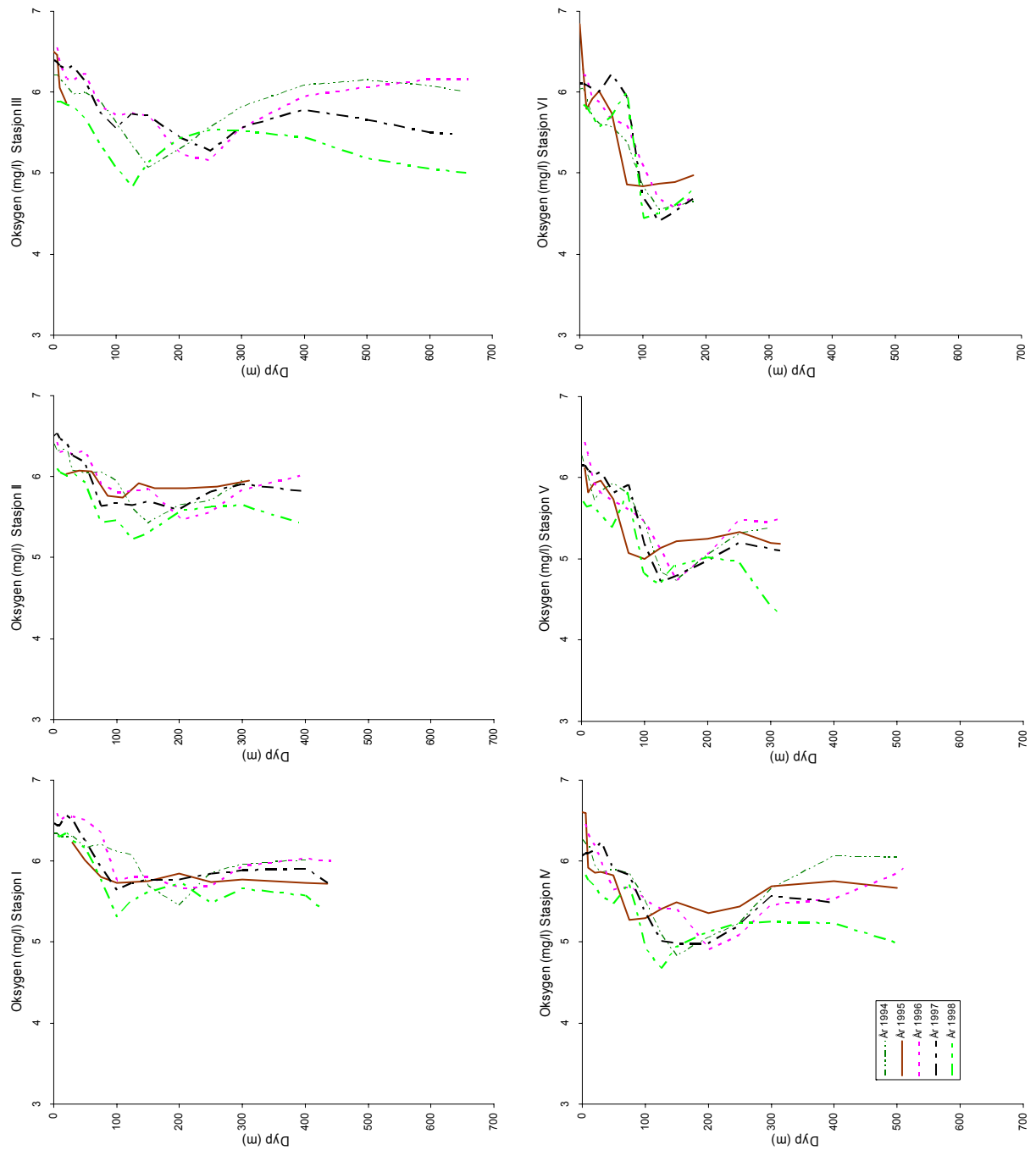
Figur 12 viser at det ble målt et markert dropp i oksygenkonsentrasjonen på ca 100 m dyp ved stasjon VI for hele perioden. En lignende forandring ble også funnet på de andre stasjonene, men droppet ble gradvis mindre utover fjorden.

Figur 11 viser at oksygenkonsentrasjonen i bassengvannet (under termoklinen) ble mer sammenfallende mot dypet samme året. Oksygenverdiene i bassengvannet varierte derimot mer på de dypeste stasjonene gjennom perioden under ca 300 m dyp (Figur 12). Det ble målt størst forskjell ved bunnen, og på stasjon III varierte oksygenkonsentrasjonen fra 5 mg/l i 1998 til over 6 mg/l i 1996.

Oksygenkonsentrasjonen for de øverste 50 meterne er vist i appendiks.



Figur 11 Oksygeninnhold i milligram pr. liter i Storfjorden for årene 1994-1998 i november - desember, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.



Figur 12 Oksygeninnhold i milligram pr. liter i Storvfjorden i november - desember for alle stasjonene, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

3.1.4 Nitrat og fosfat

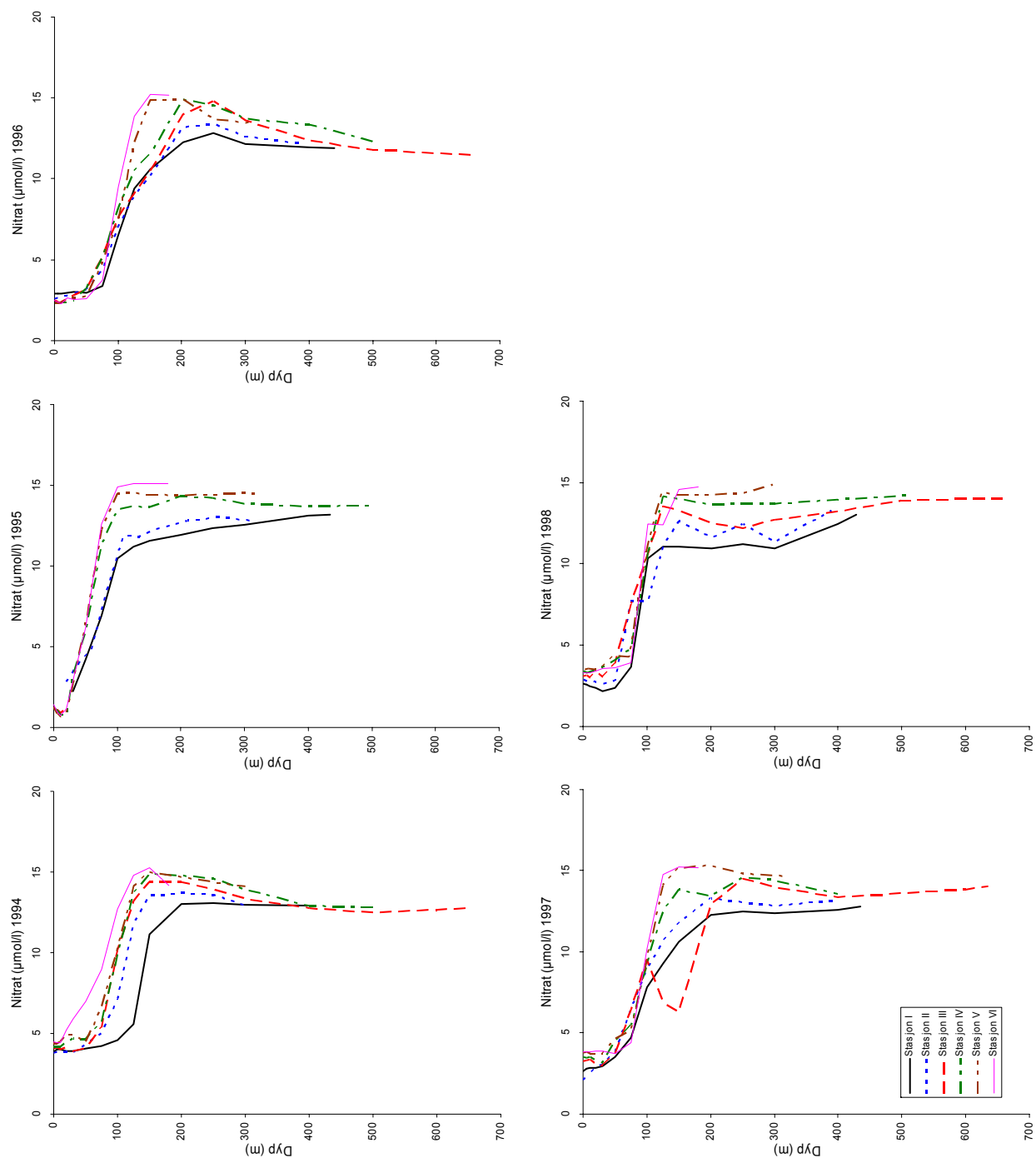
De målte verdiene for nitrat og fosfat er vist i Figur 13 til Figur 16. De relative forskjellene mellom disse to var så små at de blir her omtalt under ett. Figurene viser at på samme dybde ble de høyeste verdiene funnet innerst i fjorden ved stasjon VI og at konsentrasjonen ble gradvis mindre utover fjorden til stasjon I. Variasjonen av fosfat- og nitratkonsentrasjonen var størst mellom stasjonene i mellomlaget på ca 100 meter dyp ved termoklinen. På denne dybden varierte konsentrasjonen av nitrat i 1997 fra 7 $\mu\text{mol/l}$ ved stasjon I til 15 $\mu\text{mol/l}$ ved stasjon VI. For alle andre åra var største forskjellen mer enn 3,5 $\mu\text{mol/l}$ ved termoklinen. For fosfat varierte konsentrasjonen på samme dybde for det samme året og på henholdsvis samme stasjoner fra 0,7 til 1,1 $\mu\text{mol/l}$. For de andre årene var den største forskjellen større enn 0,3 $\mu\text{mol/l}$ ved termoklinen.

Verdiene i overflaten (øverst 5 m) var derimot svært like for stasjonene samme året. Verdiene i overflaten varierte mer gjennom perioden for samme stasjon. For nitrat var den største variasjonen i overflaten ved stasjon VI og var på 3,5 $\mu\text{mol/l}$ (fra 1,2 til 4,7 $\mu\text{mol/l}$) og for fosfat var den samme verdien på 0,35 $\mu\text{mol/l}$ ved stasjon I (fra 0,2 til 0,55 $\mu\text{mol/l}$).

Fra ca 50 m dyp økte verdiene av nitrat og fosfat raskt ned til termoklinen. Økningen var raskest innerst i fjorden ved stasjon VI og ble gradvis mindre utover fjorden til stasjon I.

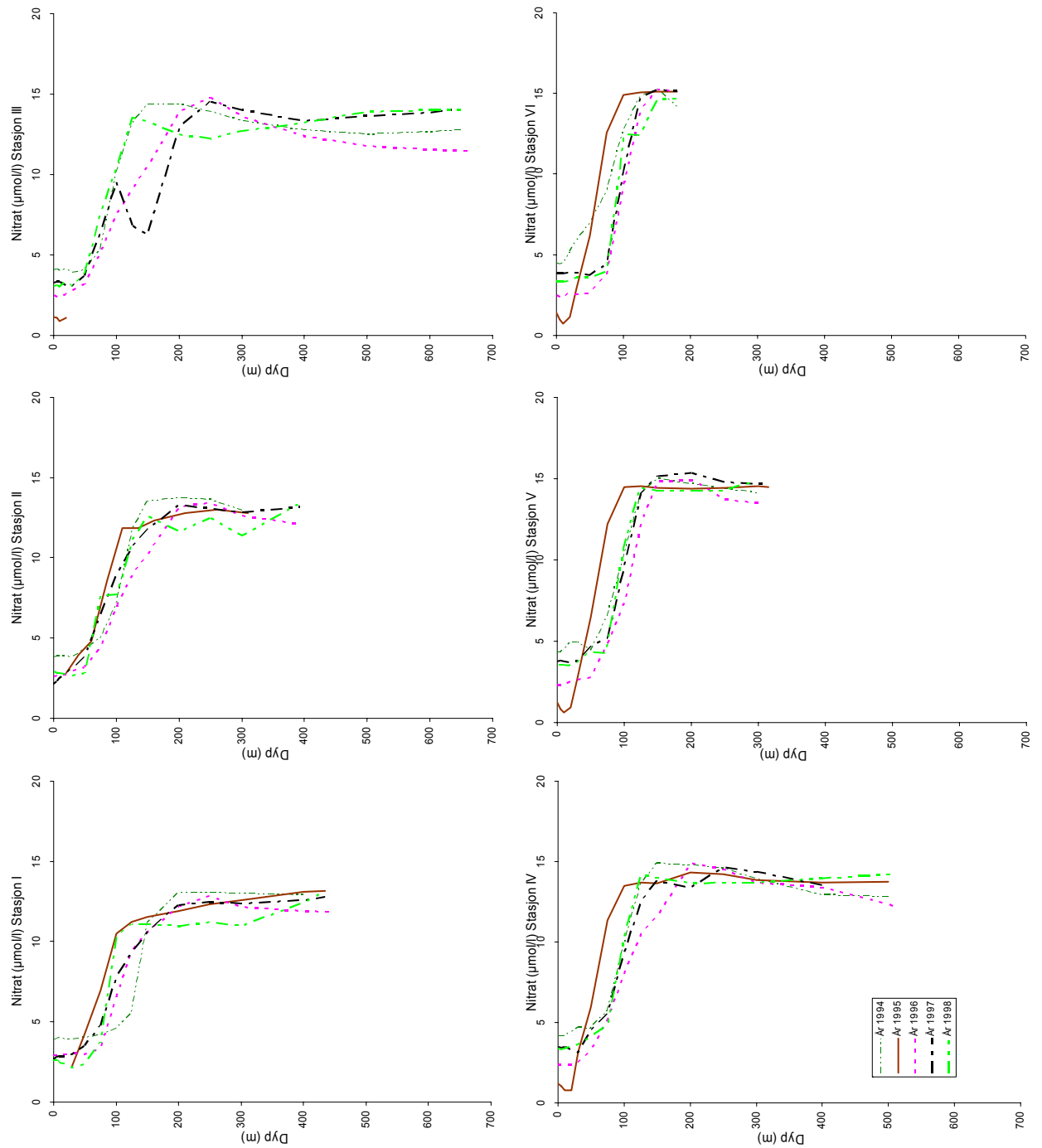
Forskjellen som ble funnet i mellomlaget, ble også funnet under terskeldypet, og man må under 300 meter før verdiene blir mer sammenfallende. De høyeste verdiene ble funnet under 150 meter dyp. I sammenligningen mellom stasjonene er det noe større spredning mellom stasjonene for fosfat sammenlignet med nitrat. For fosfat finner man også en større variasjon ved bunnen gjennom perioden ved stasjon III og IV.

Verdiene av nitrat og fosfat for de øverste 50 meterne er vist i appendiks.



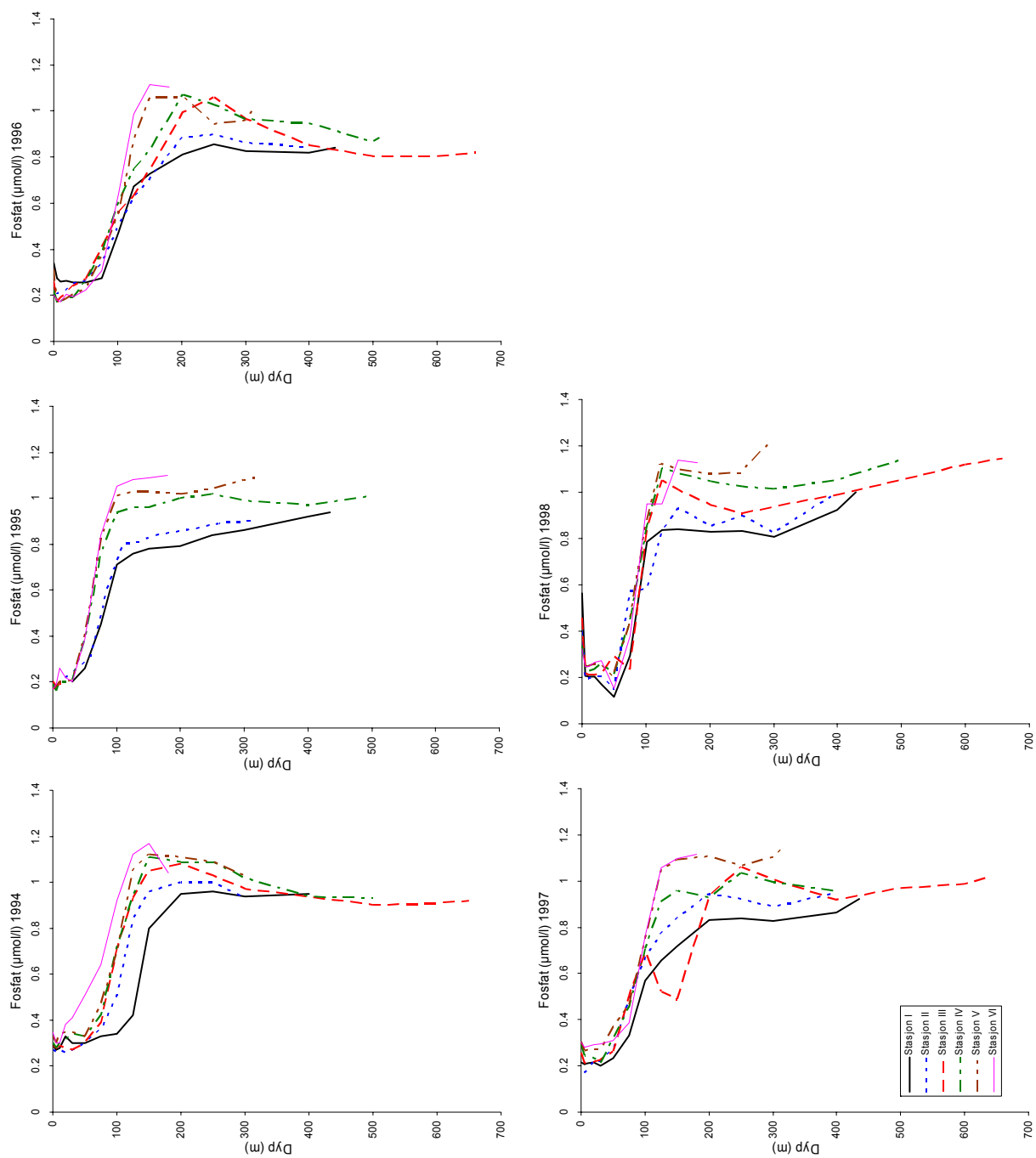
Figur 13

Nitratinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden for årene 1994-1998 i november - desember, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.



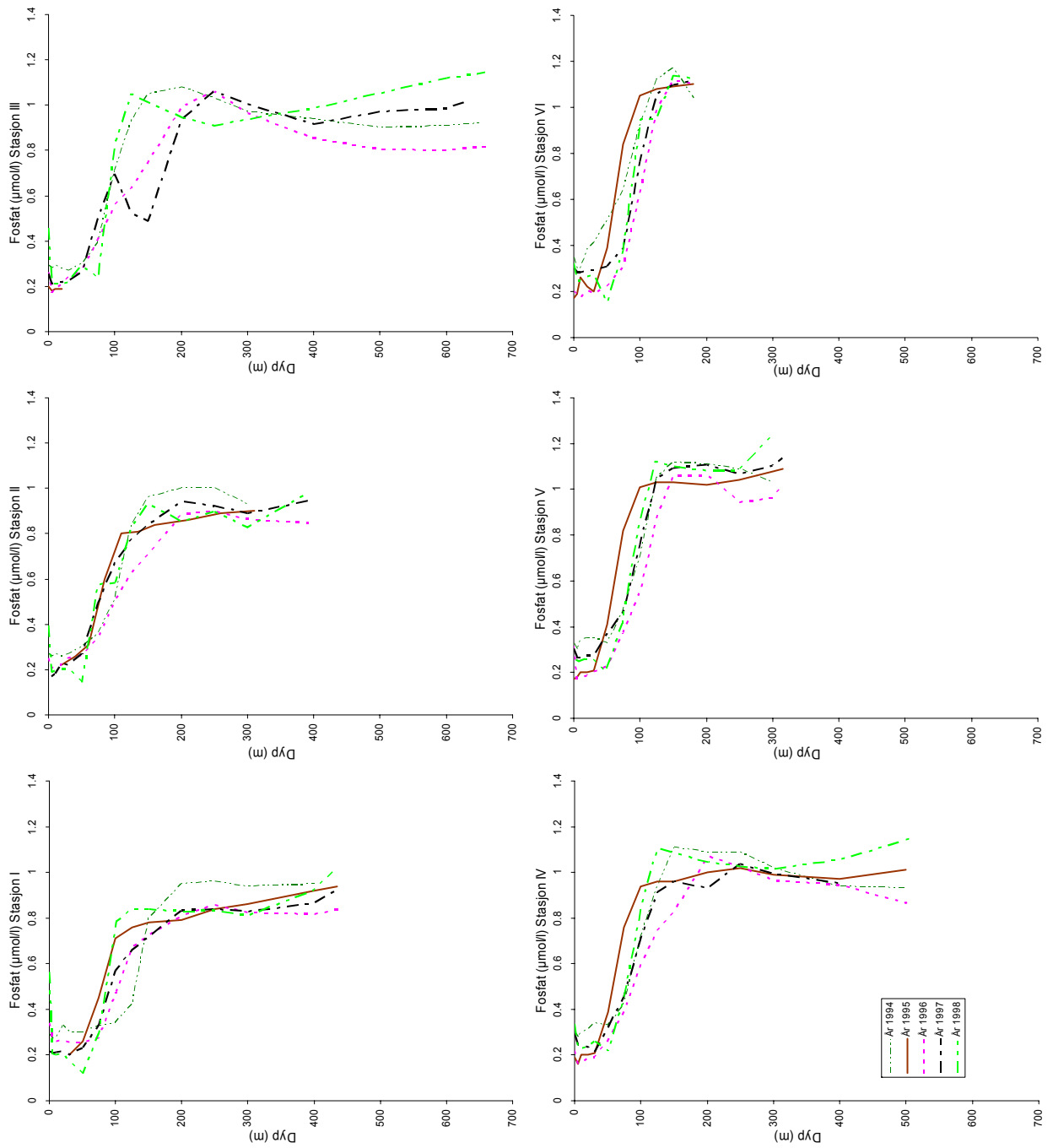
Figur 14

Nitratinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden i november - desember for alle stasjonene, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.



Figur 15

Fosfatinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden for årene 1994-1998 i november - desember, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.



Figur 16

Fosfatinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden i november - desember for alle stasjonene, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

3.1.5 Silikat

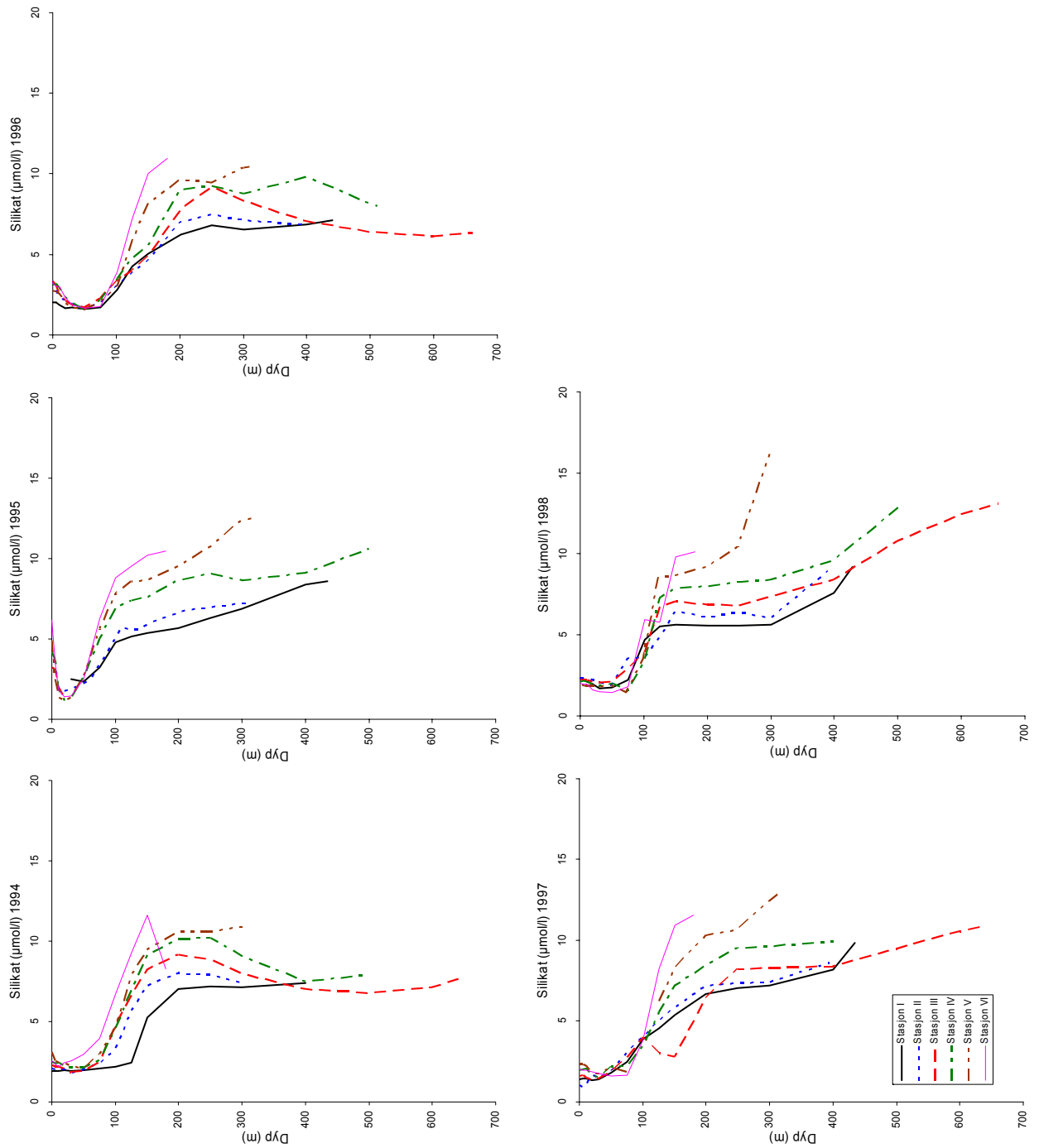
Figur 17 viser silikatkonsentrasjonen i Storfjorden for alle stasjonene samme år og Figur 18 viser silikatkonsentrasjonen for hver av stasjonene gjennom perioden. Figur 17 viser at verdiene er sammenfallende mellom stasjonene ned til ca 75 m dyp gjennom hele perioden, og at det ble funnet en større variasjon under denne dybden. Den høyeste konsentrasjonen ble funnet innerst i fjorden ved stasjon VI og den laveste ytterst ved stasjon I. For alle stasjonene er konsentrasjonen gradvis økende ned mot bunnen. Den høyeste silikatkonsentrasjonen ble funnet i 1998 ved stasjon V og ble målt til 17 $\mu\text{mol/l}$.

Konsentrasjonen av silikat i overflaten var lik gjennom hele perioden og mellom stasjonene, men en noe større variasjon var det gjennom perioden på hver stasjon. Verdien i de øverste 5 meterne varierte mellom 2 til 6 $\mu\text{mol/l}$, men de fleste målingene lå mellom 2 til 4 $\mu\text{mol/l}$.

Fra ca 50 m dyp og ned mot bunnen økte verdiene av silikat raskt på stasjon VI. Denne økningen blir gradvis mindre utover fjorden til stasjon I, og ytterst i fjorden var det en svak antydning til sprangsjiktvariasjoner i silikatkonsentrasjonen.

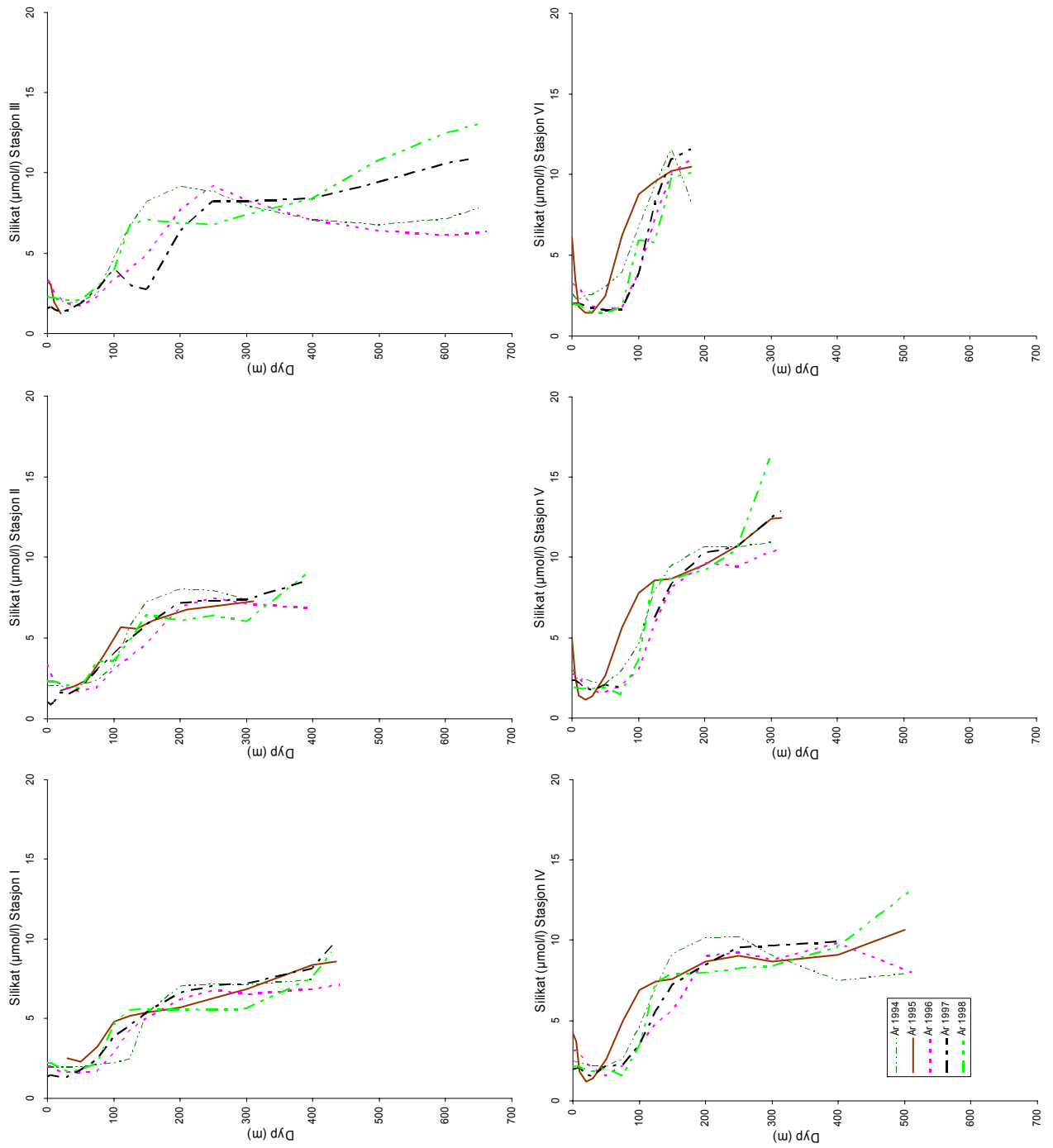
I 1995 var det en økning av silikat i det øverste brakkvannslaget innerst i fjorden ved stasjon VI. Denne økningen ble gradvis mindre utover fjorden og kunne sist observeres på stasjon III.

Silikatkonsentrasjonen for de øverste 50 meterne er vist i appendiks.



Figur 17

Silikatinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden for årene 1994-1998 i november - desember, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.



Figur 18

Silikatinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden i november - desember for alle stasjonene, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

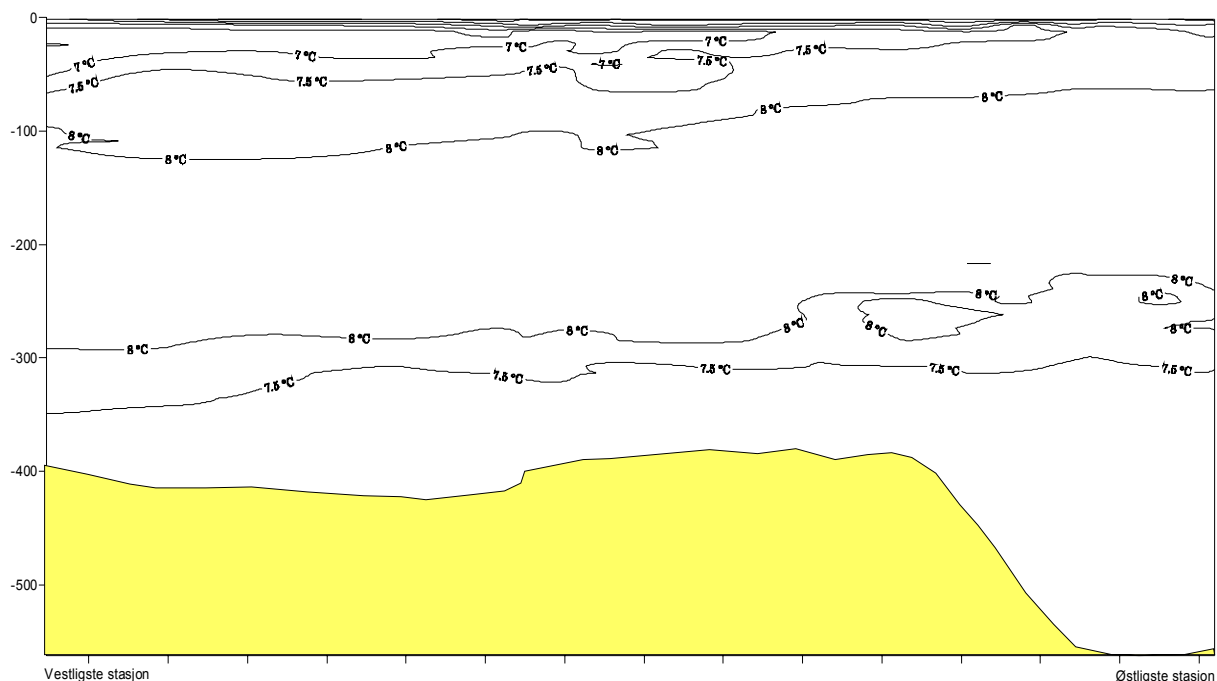
3.2 Vår-tokter 1998 og 1999

Temperatursnitt for ytterste del av Storfjorden er vist i Figur 19 og Figur 20 for henholdsvis 1998 og 1999. I 1998 varierte temperaturen fra 9 °C i overflaten til 7,5 °C ved bunnen. Den vertikale inndelingen av temperaturen var inndelt tilnærmet horisontalt i vannsøylen. I 1999 ble det målt overflatevann av samme temperatur som i 1998, men kun i smale ”lommer”. Overflatetemperaturen var ned i 7 °C og den vertikale inndelingen var mer turbulente enn året før. Dypere enn 100 meter fant man igjen et mønster som året før, men dog noe mer varierende.

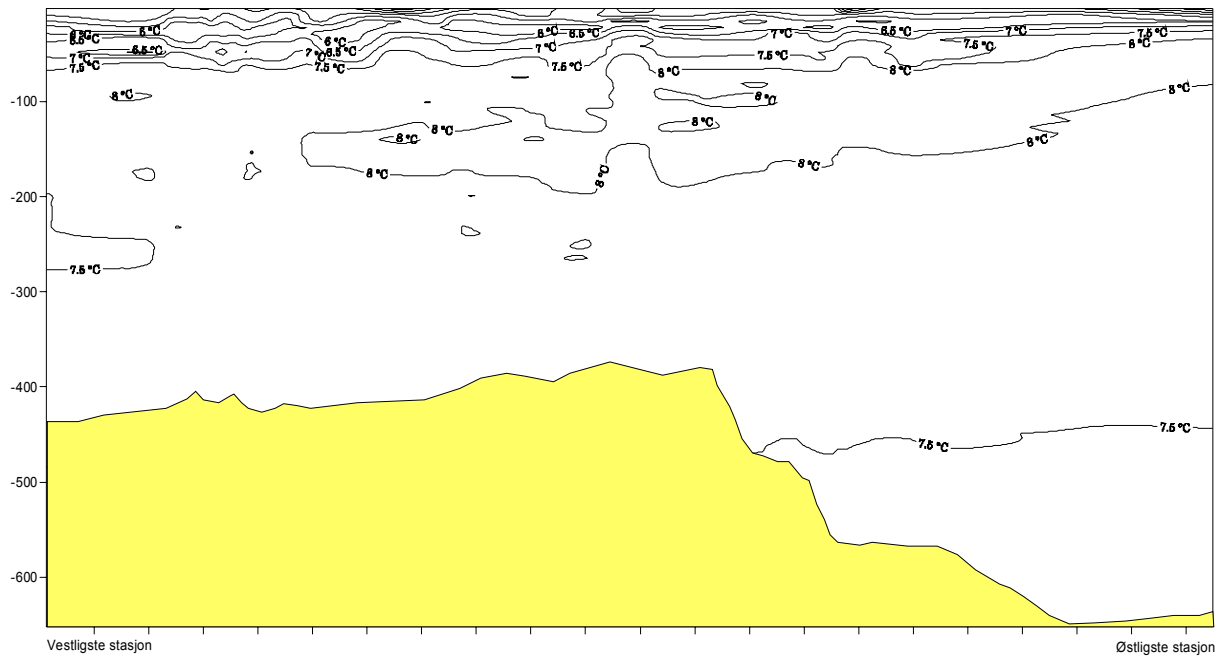
Temperatursnitt for de øverste 50 meterne er vist i appendiks.

Saltholdigheten for ytterste del av Storfjorden er vist i Figur 21 og Figur 22 for henholdsvis 1998 og 1999. I 1998 varierte saltholdigheten fra 29 ‰ ved overflaten til 35 ‰ ved bunnen. Fordelingen gikk tilnærmet horisontalt i vannmassene. I 1999 ble det funnet overflatevann med saltholdighet ned til 28 ‰, men kun i smale lommer. Det var også en mer turbulent fordeling av saltholdigheten i vannmassene enn året før. Dypere enn ca 70 meter fant man igjen det samme mønsteret i saltholdigheten som året før.

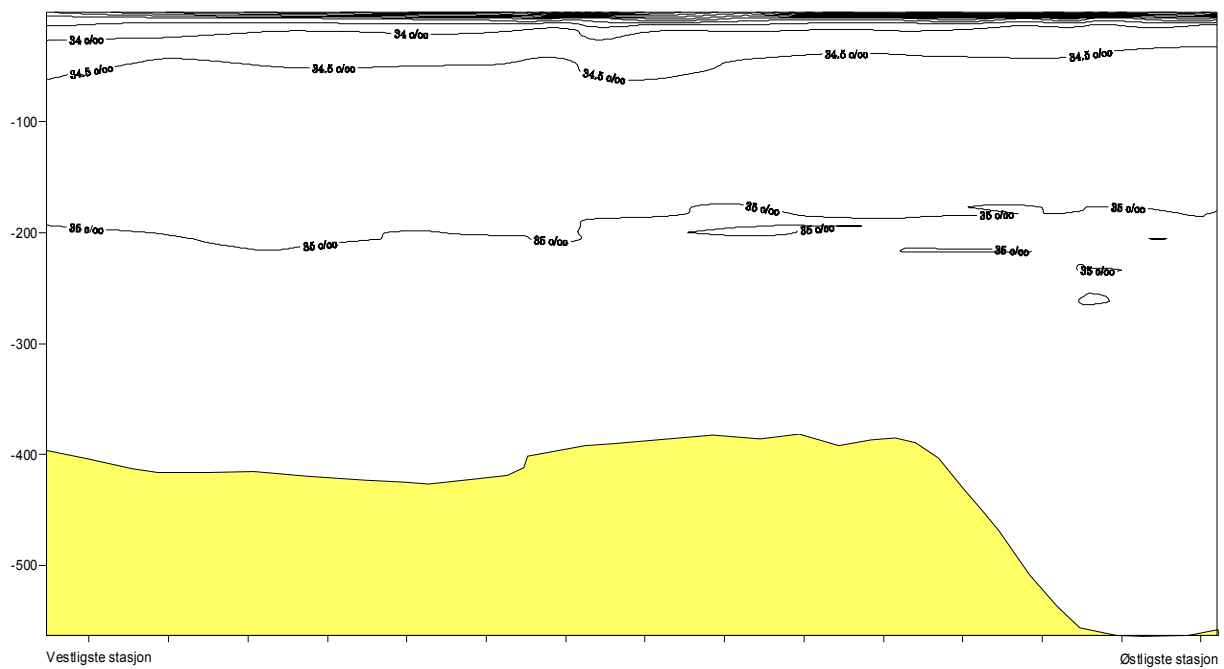
Saltholdigheten for de øverste 50 meterne er vist i appendiks.



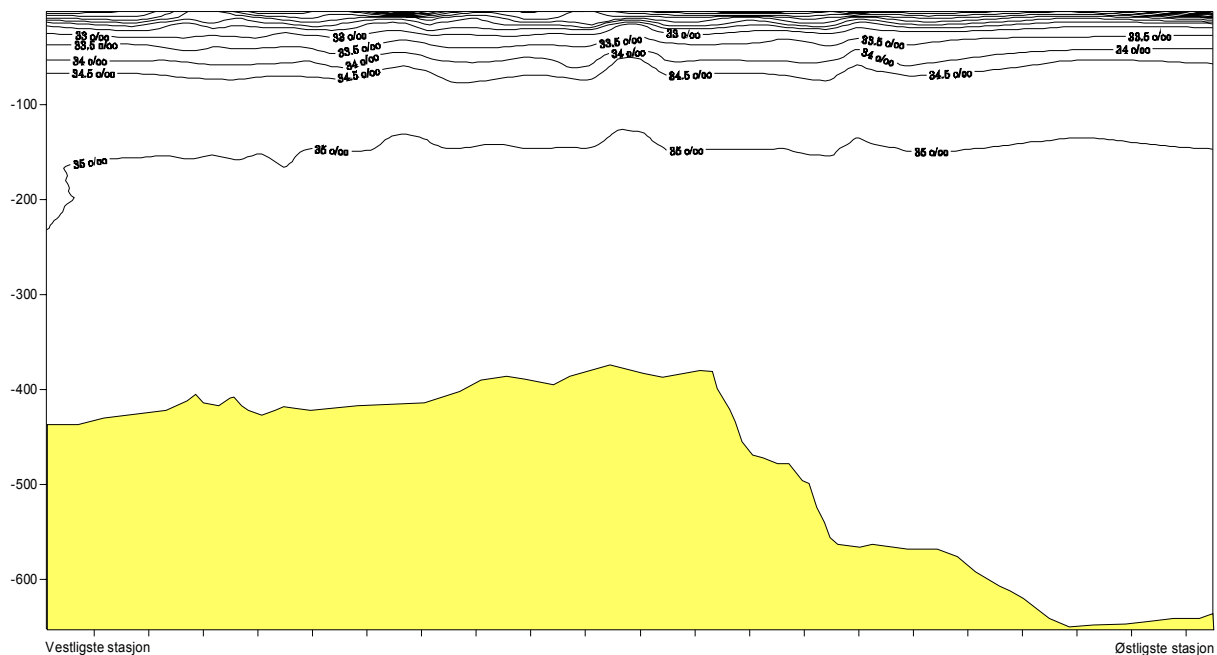
Figur 19 Temperaturer fra overflaten til bunn i april/mai 1998. Vestligste stasjon ligger til venstre og østligste til høyre.



Figur 20 Temperaturer fra overflaten til bunn april/mai 1999. Vestligste stasjon ligger til venstre og østligste til høyre.



Figur 21 Saltholdighet fra overflaten til bunn april/mai 1998. S Vestligste stasjon ligger til venstre og østligste til høyre

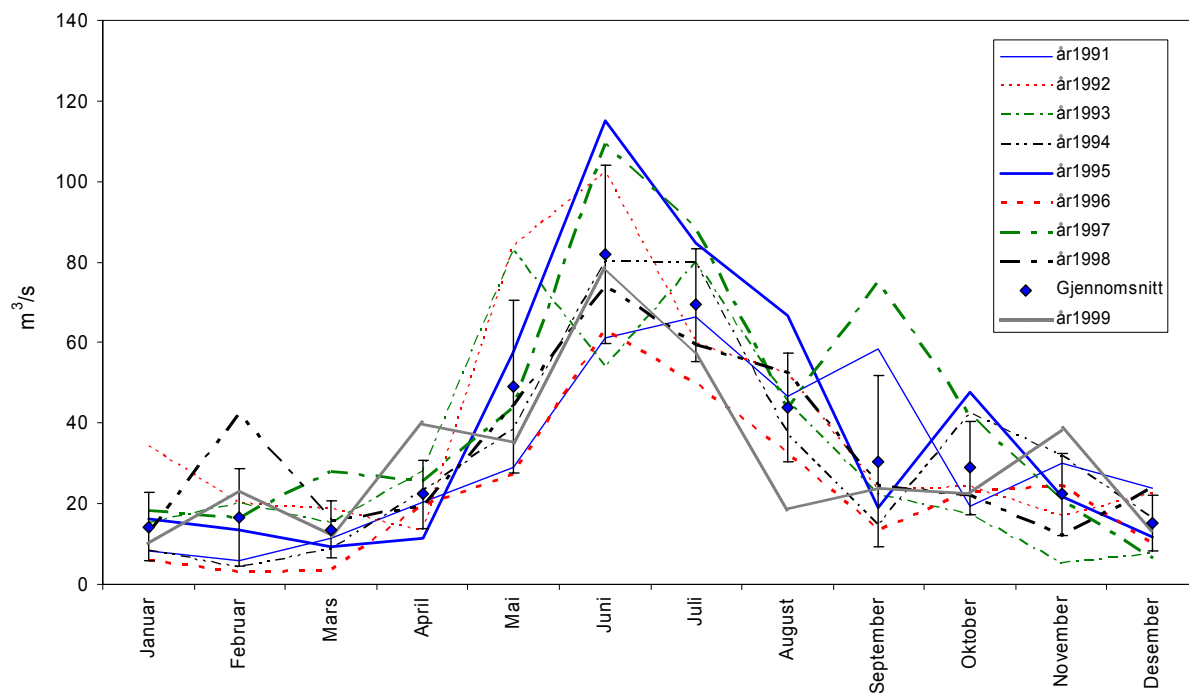


Figur 22 Saltholdighet fra overflaten til bunn april/mai 1999. Vestligste stasjon ligger til venstre og østligste til høyre

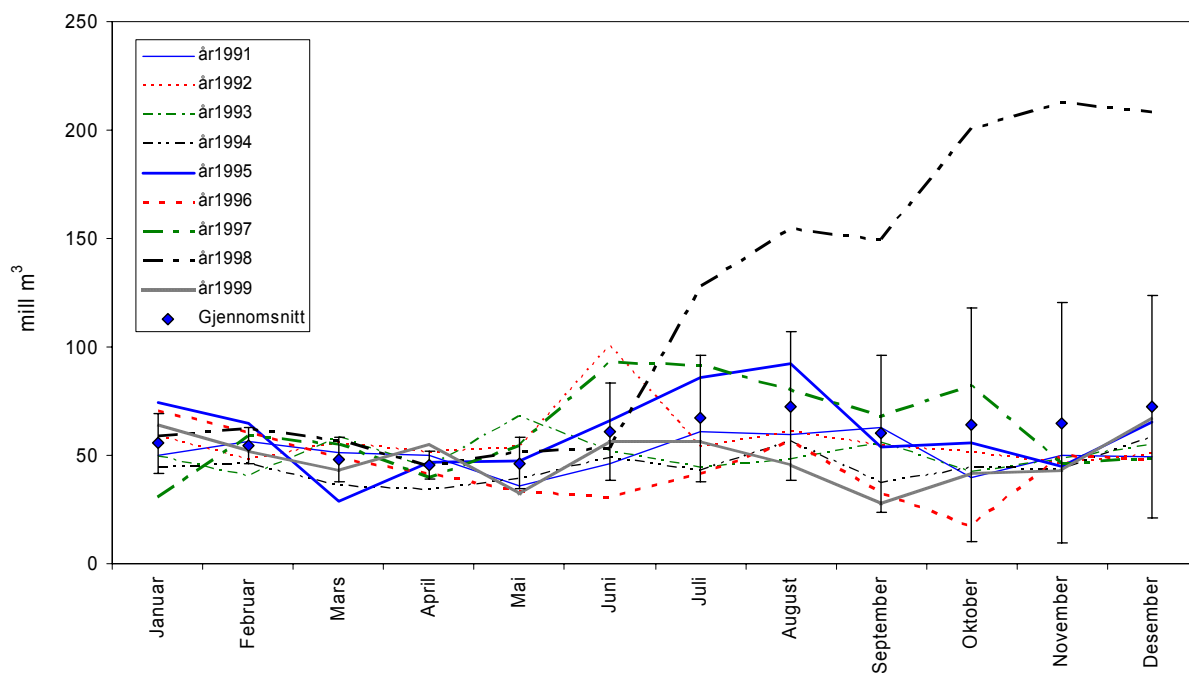
3.3 Ferskvannsavrenning til Storfjorden

Ferskvannsavrenningen til Storfjordssystemet varierte gjennom året for alle årene det ble hentet data fra (Figur 23). Den naturlige avrenningen var minst i vinterhalvåret og størst om sommeren. Det var naturlige svingninger i avrenningen i perioden 1991 – 1999, men trenden var den samme fra år til år. For alle årene, med unntak av 1993, var det størst avrenning i juni måned. Den totale gjennomsnittlige avrenningen pr måned fra de seks stasjonene varierte fra 3,23 til 115,1 m³/s, og gjennomsnittlig avrenning for hele perioden var på 34,4 m³/s.

Avrenningen som skjer i forbindelse med kraftproduksjon i Tafjord er vist i Figur 24 for perioden 1991 - 1999. Avrenningen var jevn hele året, men for flere av årene var det en liten økning på sensommer/høsten. Avrenningen i 1998 var unormal høy i siste halvdel av året. Den totale avrenningen varierte fra 585 til 1382 millioner m³/år, og gjennomsnittlig avrenning for hele perioden var på 712 millioner m³/år.



Figur 23 Ferskvannsavrenning m^3/s til Storfjorden i gjennomsnittlig pr måned fra 6 målestasjoner i årene 1991 – 1999. Figuren viser også det månedlige gjennomsnitt for perioden 1991 – 1999 med standardavvik.



Figur 24 Ferskvannstilførsel til Tafjorden i millioner m^3/mnd fra kraftproduksjonen til Tafjord Kraftproduksjon AS i årene 1991 - 1999. Figuren viser også månedlig gjennomsnittet for perioden 1991 - 1999 med standardavvik.

4 Oppsummering/diskusjon

Høst-toktene 1991-1998

Temperatur

Materialet fra høsttoktene i Storfjorden viste at den årlige nedkjølingen av overflatevannet hadde begynt i hele fjorden, men også at nedkjølingen varierte gjennom perioden (heretter kalt perioden). Nedkjølingen varierte mest fra år til år, men det ble også funnet variasjoner mellom stasjonene samme året. Trenden var at det var kaldest vann i ytterst i fjorden for alle årene, og at vannet ble gradvis varmere til de innerste delene av fjorden. Det var stor variasjon mellom hvor dypt sprangsjiktet lå hvert år. Sprangsjiktet varierte derimot lite mellom stasjonene samme året. Temperaturen på bassengvannet varierte lite mellom stasjonene samme året, men det ble funnet en større variasjon fra år til år, spesielt for de ytterste stasjonene.

Toktene ble utført i november/desember, og på denne tiden er det forventet at nedkjølingen av fjorden har startet. Variasjonen gjennom perioden skyltes nok dels de naturlige variasjonene i høstværet på Sunnmøre, men tidsvariasjonen i toktenes gjennomføring har nok også hatt betydning. Det kaldeste vannet ble funnet ytterst i fjorden, noe som mest sannsynlig kom av Storfjordens topografi. Storfjorden er omgitt av høye fjell, noe som vil gi ly mot vind i de innerste delene av fjorden. De ytre delene vil dermed være mer eksponert mot vind samtidig som at bølger vil skape større kontaktflate mellom luft og vann. Det øvre brakkvannslaget blir dermed hurtigere avkjølt. I tillegg ble det funnet en lavere saltholdighet ytterst i fjorden. Temperaturen på ferskvannet, som blir tilført fjorden, kan derfor også hatt betydning.

Variasjonen i sprangsjiktet kan skyldes flere faktorer. Her var nok et samspill av vannavrenning, oppvarming og vind avgjørende. Variasjonen i bassengvannet blir bestemt av tilførsel av atlantisk vann, vindstyrke og vindretning vil nok være mest avgjørende for temperaturen. I tillegg vil atlantisk vann strømme inn i fjorden avhengig av dybden på brakkvannslaget. Sjøvannet som blandes sammen med ferskvann (til brakkvann), må kompenseres utenfra og dette skjer ved at det strømmer saltere vann inn fjorden under brakkvannslaget (estuarine sirkulasjonen).

Saltholdighet

Saltholdigheten i det øvre brakkvannslaget varierte gjennom perioden i Storfjorden. Størst forskjell var det fra år til år på samme stasjonen, men noe variasjon var det mellom stasjonene innen samme året. Det var også en trend til at saltholdigheten ble mindre lenger ut fjorden. Under det øvre brakkvannslaget (mellomlaget) var det derimot liten variasjon mellom stasjonene innen samme året. Det var derimot en forskjell i mellomlaget gjennom perioden på samme stasjon, noe som kom av variasjon i sprangsjiktet (haloklinen). Haloklinen varierte fra år til år, siden den er avhengig av vannavrenning, oppvarming og vind. Disse faktorene vil variere fra år til år i Storfjorden. Under mellomlaget (bassengvann) holdt vannet bortimot konstant saltholdighet gjennom hele perioden på alle stasjonene.

Siden Storfjorden er lang og smal, vil variasjon i saltholdighet i det øvre brakkvannslaget og mellomlaget i hovedsak komme av avrenninger til fjorden. Gradienten som ble funnet utover i fjorden, skyldes nok at det er flere elvemunninger utover fjorden, samtidig som at fjordarmen mot Tafjord kommer inn ved ytterste delen av Synnølvfjorden (stasjon III). Her er det

betydelig avrenning fra kraftproduksjon, som vil påvirke saltholdigheten i fjorden gjennom hele året, spesielt på vinterhalvåret da det er liten naturlig avrenning.

Variasjoner i bassengvannet kommer trolig av samme grunn som nevnt for temperaturen, tilførsel av atlantisk vann, vindstyrke og vindretning.

Oksygen

Det ble funnet størst variasjon i oksygenkonsentrasjon mellom stasjonene samme året og en mindre variasjon gjennom perioden. Variasjonene var størst i mellomlaget, og på samme dyp det ble for hele perioden målt lavest og høyest oksygenkonsentrasjonen henholdsvis innerst i fjorden ved stasjon VI og ytterst i fjorden ved stasjon I. Oksygenkonsentrasjonen i bassengvannet var tilnærmet konstant i fjorden gjennom samme året, men konsentrasjonen varierte i perioden. I overflaten var det liten forskjell i oksygenkonsentrasjonen gjennom hele perioden og mellom stasjonene for samme år. Det ble målt et markert dropp i oksygenkonsentrasjonen på ca 100 m dyp ved stasjon VI i hele perioden. En lignende forandring ble også funnet på de andre stasjonene, men droppet ble gradvis mindre utover i fjorden.

Siden det ble funnet en gradientforskjell mellom stasjonen gjennom perioden, tyder dette på at der er forskjell på de biologiske forholdene innerst og ytterst i fjorden. Det ble ikke funnet vesentlige forskjeller i oksygenkonsentrasjonen i overflaten. Dette tyder på at forskjellen skyldes nedbryting av biologisk materiale eller hemming av primærproduksjon i dypere vannlag. Hemming kan komme av skjerming av sollys. Som nevnt er Storfjorden omgitt av høye fjell, og antall soltimer er mindre inne i fjorden enn lenger ute ved kysten. Absorpsjonen av sollys er også avhengig av overflaten på vannet. Rolig vann absorberer mindre sollys og siden det er mindre vind inne i fjordene kan dette få betydning. I Sognefjorden og i Hardangerfjorden er det påvist at planktonmengden avtok innover fjorden, (men dette kan variere mye og være motsatt). Er det samme forhold i Storfjorden m.t.p. alger, vil det være en mindre biomasse innerst i fjorden som forbruker oksygen, og som skal brytes ned. Dette skulle tilsi at oksygenivået ville være høyere innerst i fjorden, men siden dette ikke er tilfelle, kan det være grunn til å tro at solinnstrålingen har størst betydning for algeveksten. I tillegg er sprangsjiktet likt gjennom Storfjorden samme året. Dermed vil den vertikale omrøringen i de øvre vannmassene være lik, og det blir lettere for at omrøringen går under kompensasjonsdypet (det dyp hvor fotosyntesehastigheten, P, og respirasjonen, r, er lik) og Sverdups kritiske dyp (det dyp hvor summen P og r i vannsøylen over er like stor).

Oksygenkonsentrasjonen i bassengvannet vil derimot være avhengig av nedbrytning, og hvor ofte det blir skiftet ut med atlantisk vann. Lang stillstand vil medføre en lavere oksygenkonsentrasjon.

Ingen av målingene viste oksygenverdier som kunne karakteriseres som dårlig eller meget dårlig. De laveste verdiene ble funnet nær bunnen ved stasjon VI, og forholdene dypere enn 100 meter kom i tilstandsklassen "mindre god" for årene 1994-1998. Verdiene er også lavere enn 5 mg/l ved stasjon V for de samme årene, unntatt 1995, fra 100 til 200 meters dyp. For året 1998 var forholdene "mindre god" helt fra 100 meters dyp til bunnen. Det ble også målt "mindre gode" oksygenverdier ved stasjon IV i 1994, 1996 og 1998 i deler av vannsøyelen. For alle de andre stasjonene ble det målt tilfredsstillende verdier av oksygen.

Nitrat og fosfat

På samme dybde i Storfjorden ble de laveste verdiene funnet ytterst (stasjon I) og konsentrasjonen økte gradvis innover i fjorden (stasjon VI). Det ble funnet størst variasjon i nitrat- og fosfatkonsentrasjonen i mellomlaget mellom stasjonene for samme året. Variasjonen var mindre gjennom perioden på de samme stasjonene. Verdiene i det øvre brakkvannslaget var derimot svært like gjennom hele Storfjorden samme året, og her var variasjonen størst gjennom perioden på samme stasjon. Forskjellen som ble funnet i mellomlaget, spredde seg langt under terskeldypet. Konsentrasjonsøkningen under terskeldypet var størst ved stasjon VI og økte gradvis mindre utover fjorden til stasjon I.

Den relative forskjellen mellom disse to var så små at de ble omtalt under ett. Variasjonen som ble funnet mellom stasjonene tyder på forskjellig biomasseproduksjon i fjorden. I tillegg til å ha de laveste verdiene ved stasjon I, forble også verdiene lave mye dypere enn ved stasjon VI. Dette passer bra sammen med antatt årsak til forskjellene i oksygenkonsentrasjonen. Grunnen til at det ble funnet like verdier i overflaten samme året, kom nok av at primærproduksjonen i denne delen er mest påvirket av variasjoner i været. Været har nok variert mer gjennom perioden enn i fjorden, og dermed blir det en mindre forskjell i forbruk av nitrat og fosfat på samme tidspunktet gjennom fjorden.

Silikat

Silikatkonsentrasjonen var sammenfallende mellom stasjonene ned til ca 75 m dyp gjennom hele perioden. Det ble funnet en større variasjon under denne dybden. Ved sammenligning av konsentrasjonen på samme dyp ble den høyeste konsentrasjonen funnet innerst i fjorden og den laveste ytterst ved stasjon I. Ytterst i fjorden fant man heller ikke den typiske sprangsjiktvariasjonen i silikatkonsentrasjonen. Disse er mer tydelig innerst i fjorden. I 1995 var det en tilførsel av silikat innerst i fjorden ved Geiranger. Denne økningen ble gradvis mindre utover fjorden og kunne sist observeres på stasjon III.

Siden det var liten forskjell i silikatkonsentrasjonen ned til ca 75 meters dyp på alle stasjonene gjennom hele perioden, kan dette tyde på at silikatverdiene er på et minimumsnivå. Konsentrasjonen blir for lav for alger som bruker silikat til videre vekst, og andre alger vil vokse til det blir begrensning i fosfat. Spredningen som skjer under 75 meters dyp kommer nok av at remineraliseringen er avhengig av avstanden til bunnen. Stor avstand vil medføre en større vannkolonne å fordele de frigitte næringsstoffene i, og dermed vil man kunne oppleve en raskere økning i konsentrasjonen samt høyere konsentrasjon på grunne områder.

Tilførselen som kom ved Geiranger kom enten fra upwelling innerst i fjorden eller i fra avrenning. Det er vanskelig å påpeke grunne til at denne økningen blir mindre utover fjorden. Et alternativ er at tilførselen nettopp har skjedd og trenger tid på å spre seg, et annet er at silikat blir oppbrukt i biomasseproduksjonen utover i fjorden.

Vår-toktene 1998 og 1999

Temperatursnitt for ytterste del av Storfjorden viste at den vertikale inndelingen gikk horisontalt fra overflaten til bunnen i 1998, mens den vertikale temperaturinndelingen var mer variabel i 1999. Det samme mønsteret fant man igjen i snittene av saltholdigheten, spesielt i overflaten. Det ble også funnet lavere salinitet i "lommer" i 1999 sammenlignet med 1998. Vannavrenningen i april måned 1999 var den høyeste i hele den undersøkte perioden. Dette viser at årlige variasjoner i avrenningen kan skape forskjell i temperatur- og salinitetsmønsteret i Storfjorden.

Ferskvannsavrenning til Storfjorden

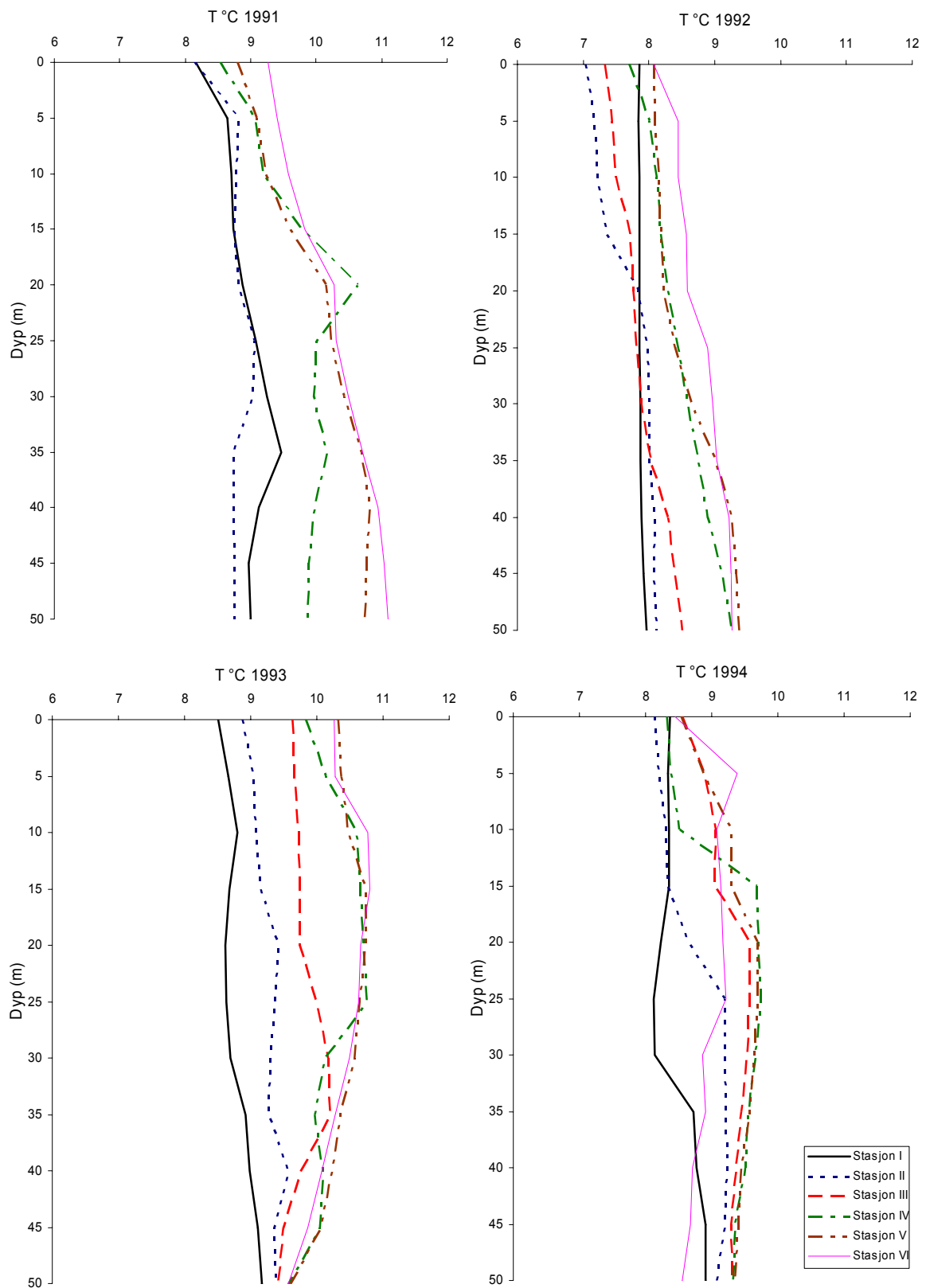
Ferskvannsavrenningen til Storfjordsystemet varierte gjennom året. Den naturlige avrenningen er minst på vinterhalvåret og størst sommeren. Det var naturlige svingninger i avrenningen i perioden 1991 – 1998, men trenden var den samme fra år til år. For alle årene, med unntak av 1993, var det størst avrenning i juni måned. Avrenningen fra kraftproduksjon i Tafjord var jevn hele året, men for flere av årene var det en liten økning på sensommer/høsten. Avrenningen i 1998 var unormal siste halvdel av året og var vesentlig høyere sammenlignet med tidligere år. Det er også kraftproduksjon i Hjørungfjorden og to kraftstasjoner lenger ute i Storfjorden mellom Stranda og Stordal. Disse er vesentlig mindre enn kraftproduksjonen i Tafjord, men det er antatt en lignende avrenning og dermed vil også disse stasjonene bidra til å jevne ut årsvariasjonene i ferskvannstilførselen til Storfjorden.

Ferskvannsavrenningen ble hentet inn fra 6 tilgjengelige målestasjoner. Disse dekker kun en del av det totale nedbørsfeltet som renner ut i Storfjorden, men det blir antatt at disse stasjonene er representative for den totale avrenningen. Ferskvannsavrenningen til fjorden vil påvirke temperaturen og saltholdigheten i fjorden. De største påvirkningene vil skje på sommerhalvåret p.g.a. snøsmelting, men i Storfjorden vil svingningene bli mindre p.g.a. kraftproduksjonen i fjorden. Avrenningen fra kraftproduksjonen er beskjedne i forhold til den naturlige avrenningen under snøsmeltingen, men i de tørre vintermånedene vil kraftproduksjonen ha betydning. Dette vil kunne føre til et tykkere brakkvannslag og mer strøm i fjorden, som følge av at.

Konklusjon

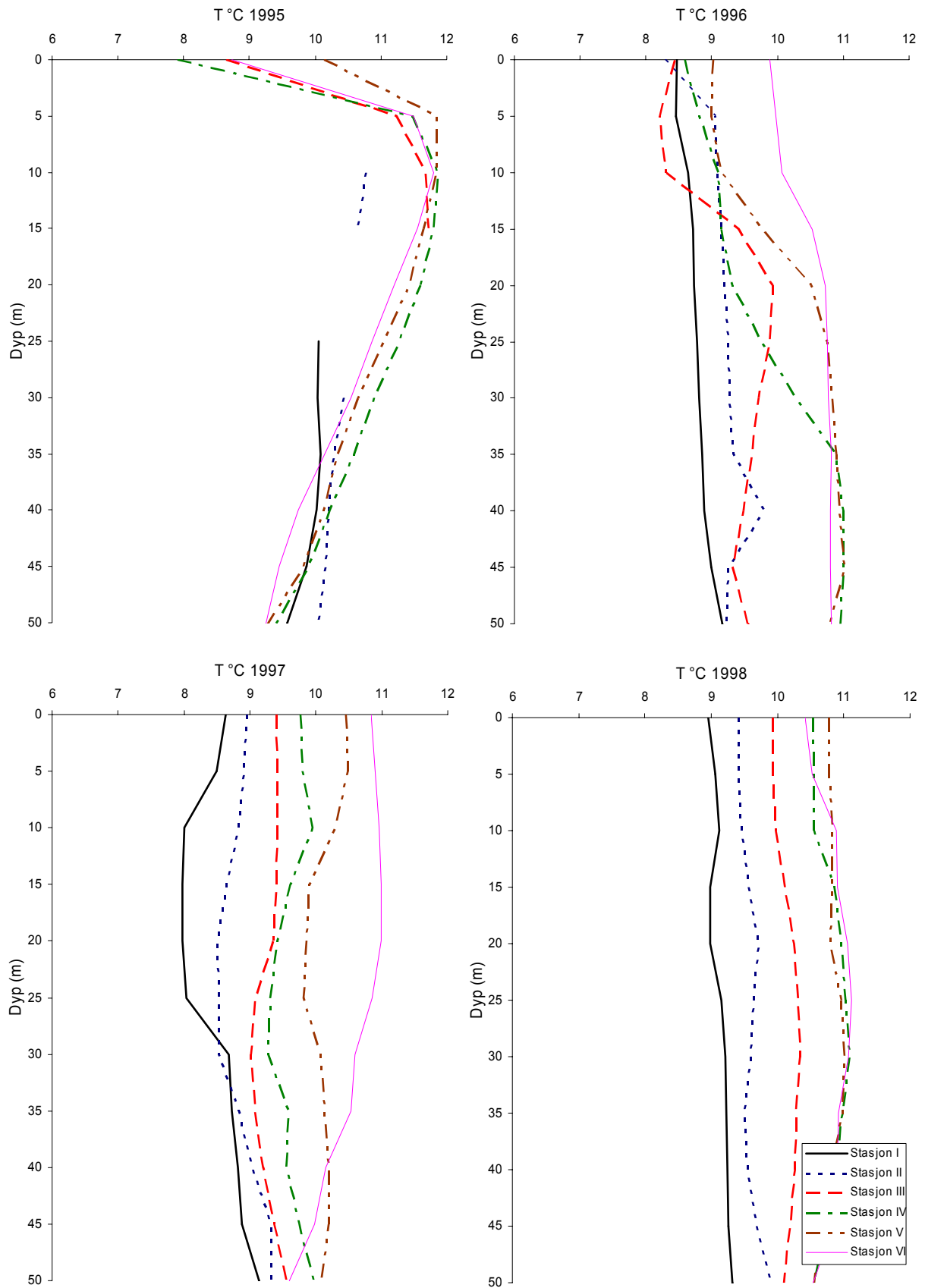
Ut i fra de historiske målingene i Storfjorden ble det funnet at de hydrografiske parametrene varierte om høsten. Det var ofte en gradient på samme dyp gjennom fjorden, helst i de øvre vannmassene, men målingene kunne også vise større årsvariasjoner enn variasjoner gjennom fjorden. Det ble funnet en gradient gjennom fjorden for parametrene temperatur, saltholdighet, oksygen, nitrat og fosfat. Dette tyder igjen på forskjell i de biologiske forholdene og primærproduksjonen i fjorden. Storfjorden vil også være påvirket av vannkraftproduksjonen på vinteren, ved at ”estuarine sirkulasjon” forsterkes.

Appendiks



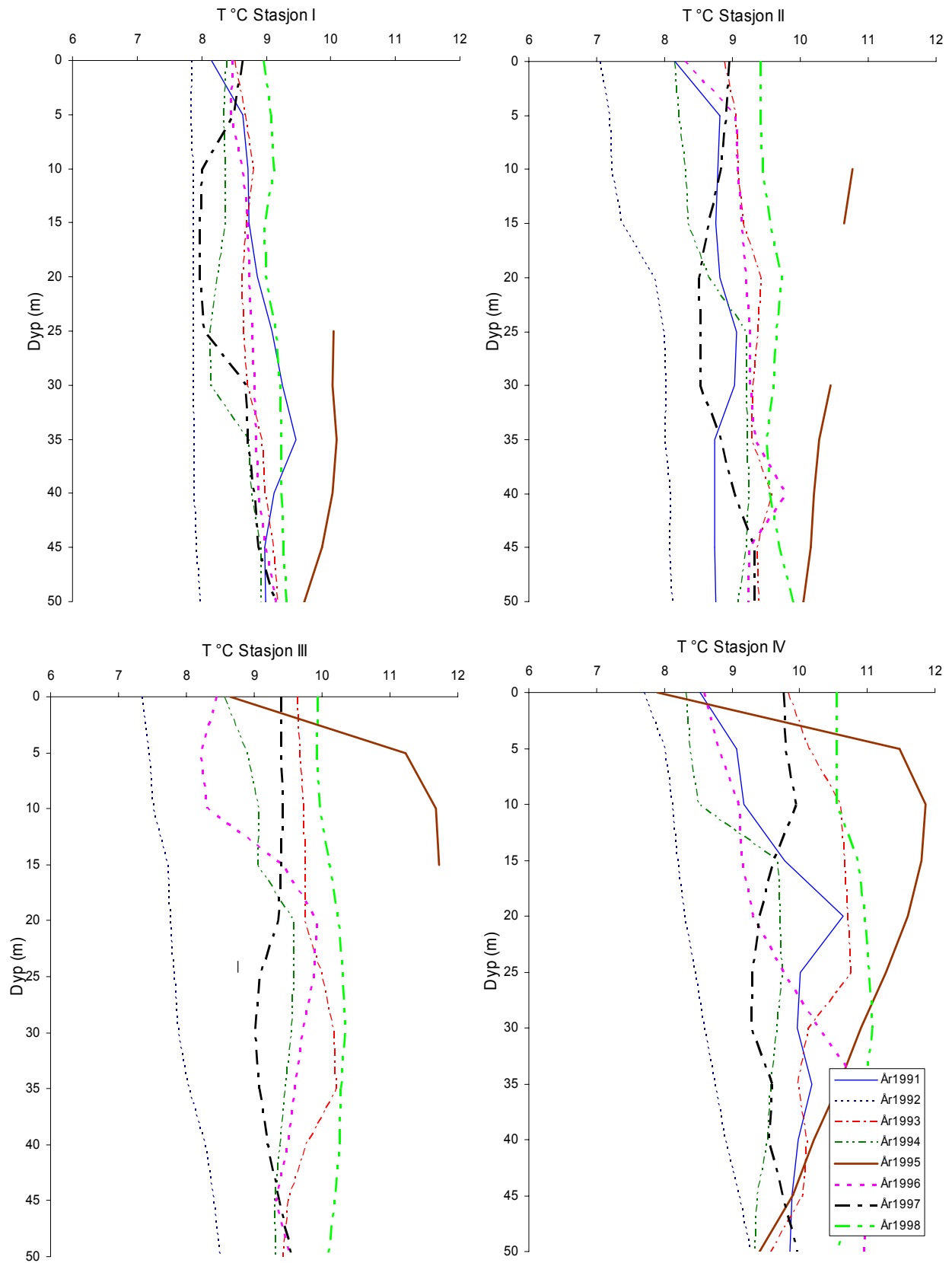
Figur 25

Vanntemperaturer i Storfjorden for årene 1991-1994 i november - desember ned til 50 meters dyp, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.



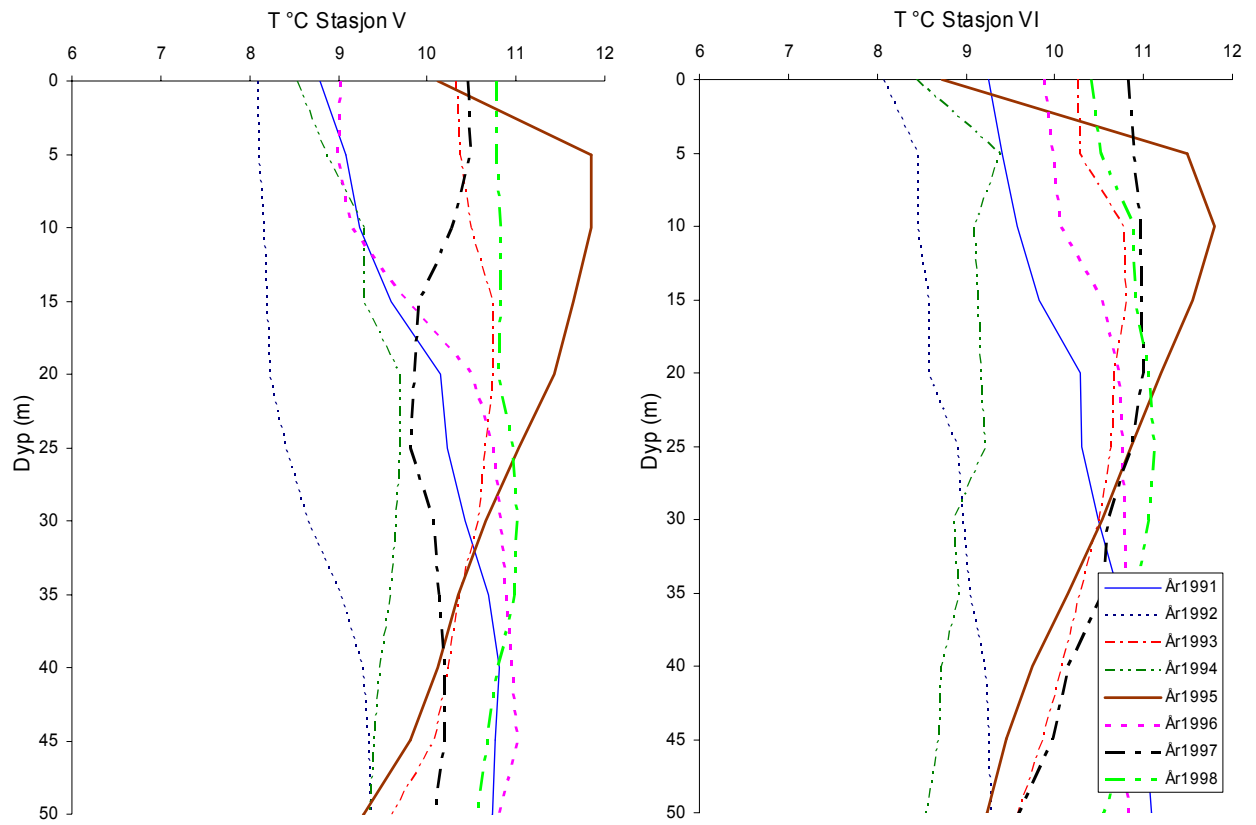
Figur 26

Vanntemperaturer i Stor fjorden for årene 1994-1998 i november - desember ned til 50 meters dyp, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.

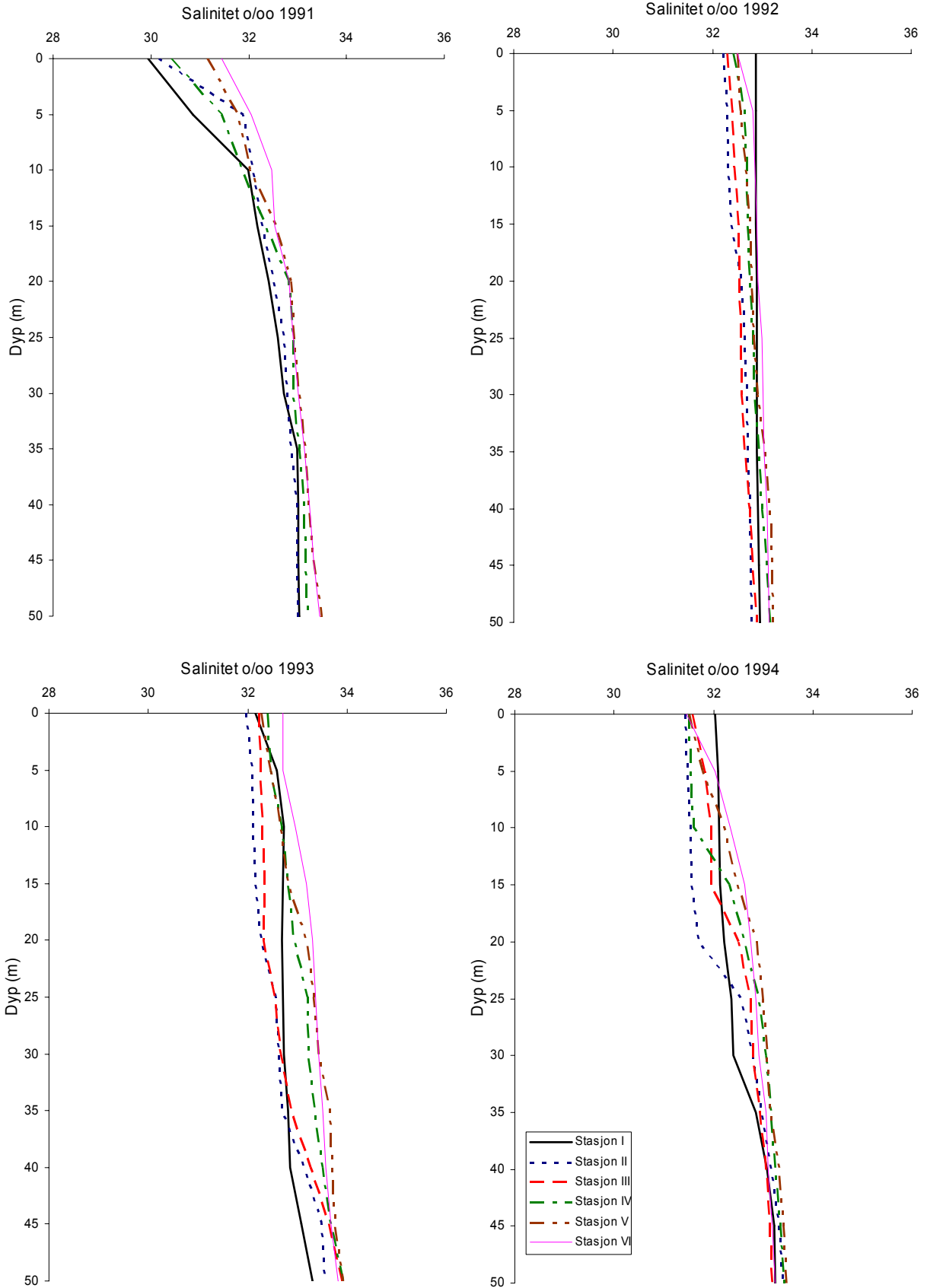


Figur 27

Vanntemperaturer i Storfjorden i november - desember for stasjon I til IV ned til 50 meters dyp, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

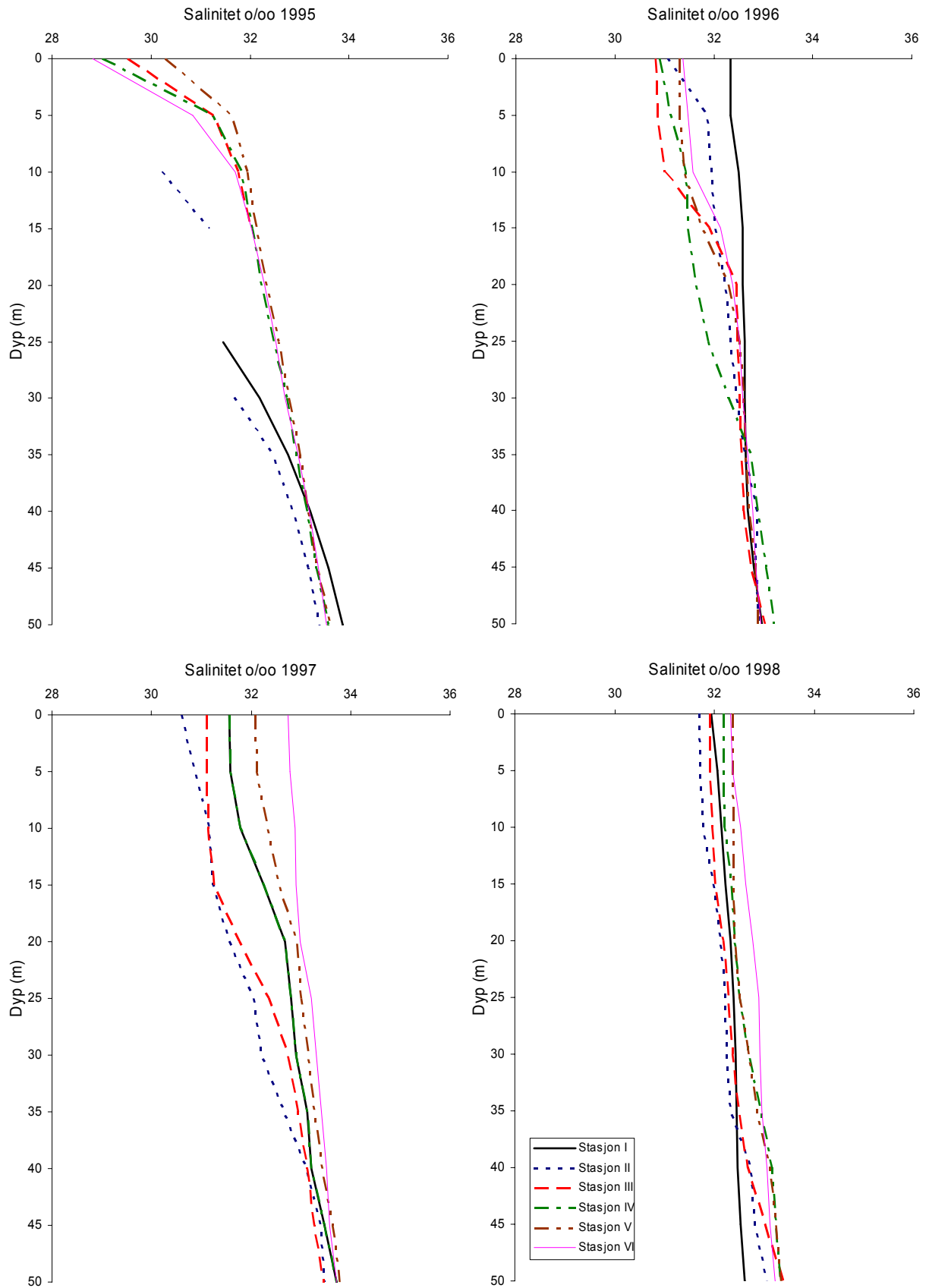


Figur 28 Vanntemperaturer i Storfjorden i november - desember for stasjon V til VI ned til 50 meters dyp, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

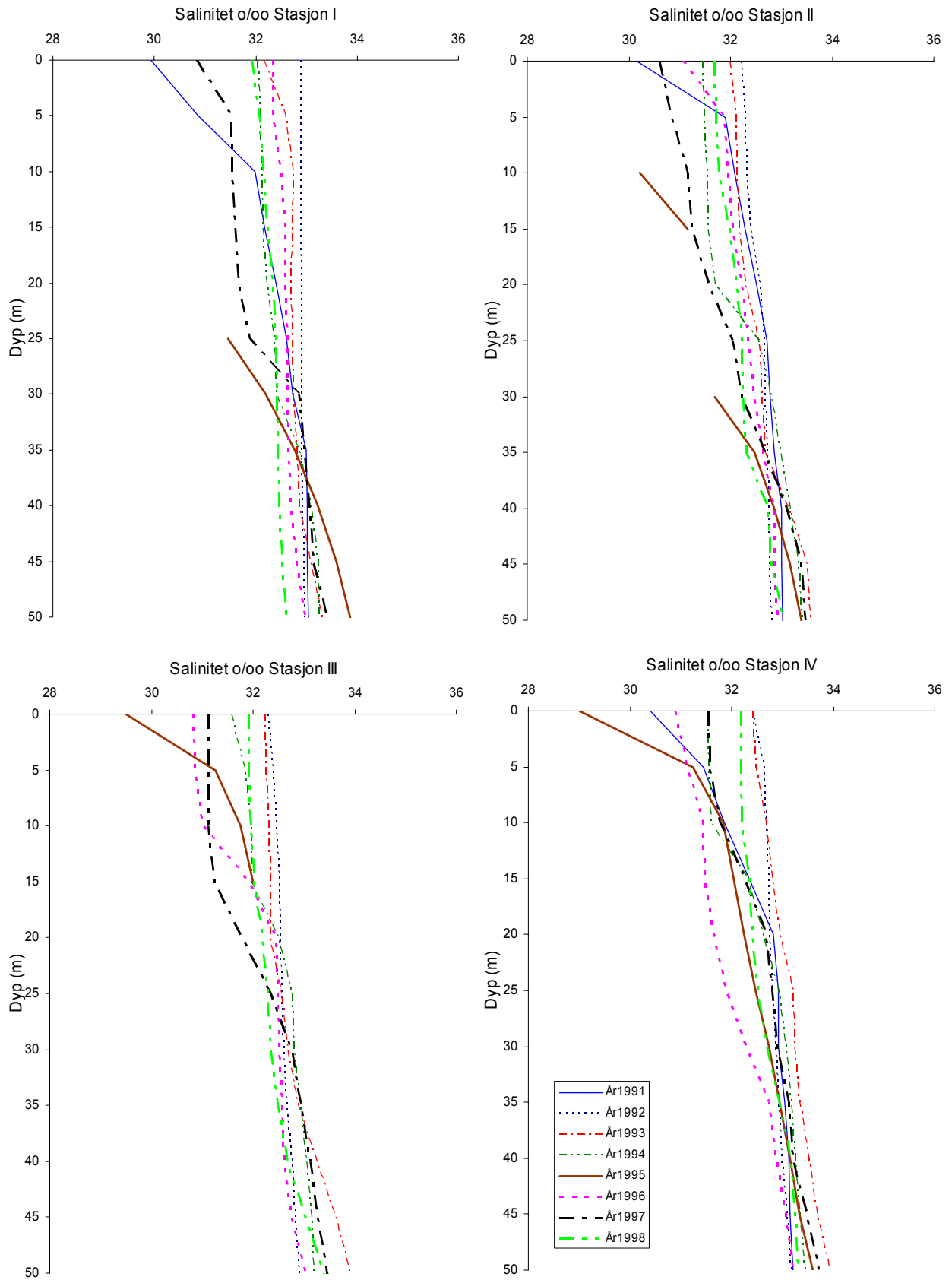


Figur 29

Saltholdighet i Storfjorden for årene 1991-1994 i november - desember ned til 50 meters dyp, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.

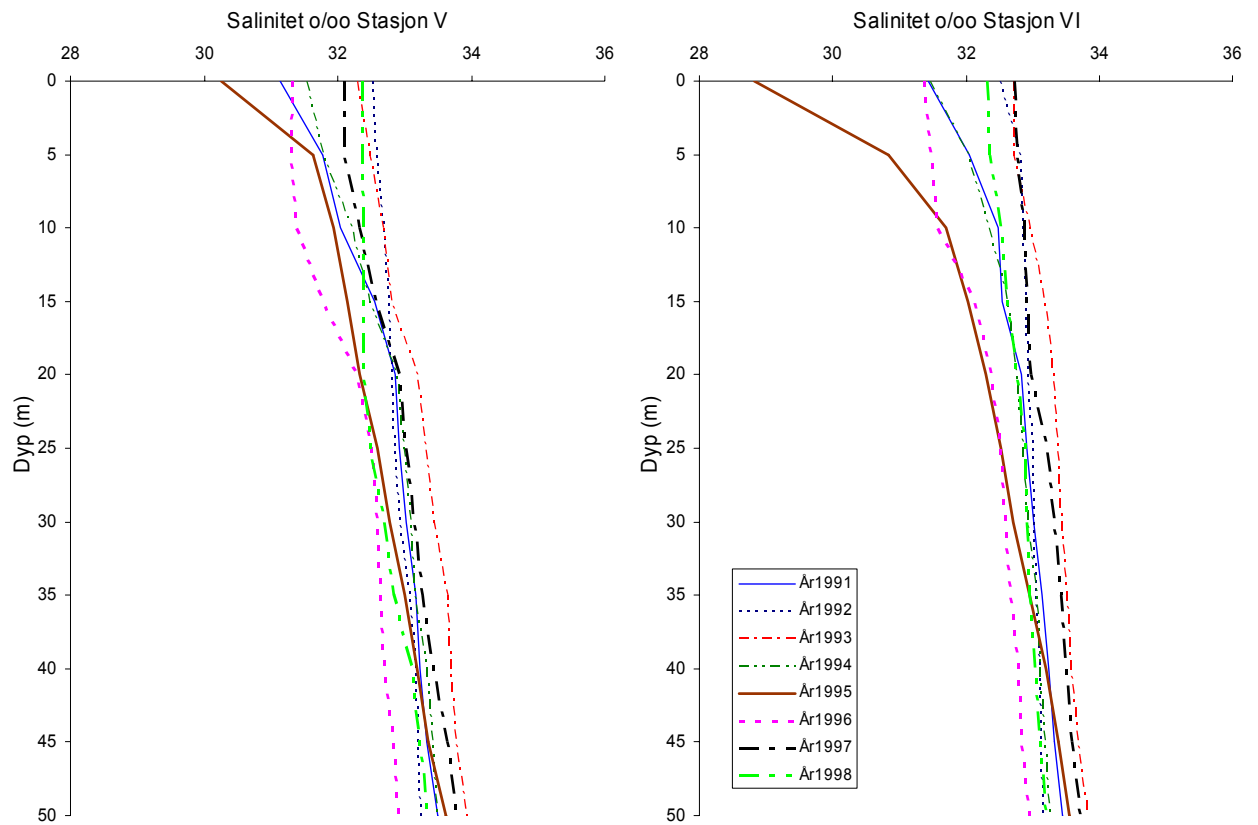


Figur 30 Saltholdighet i Storfjorden for årene 1995-1998 i november - desember ned til 50 meters dyp, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.

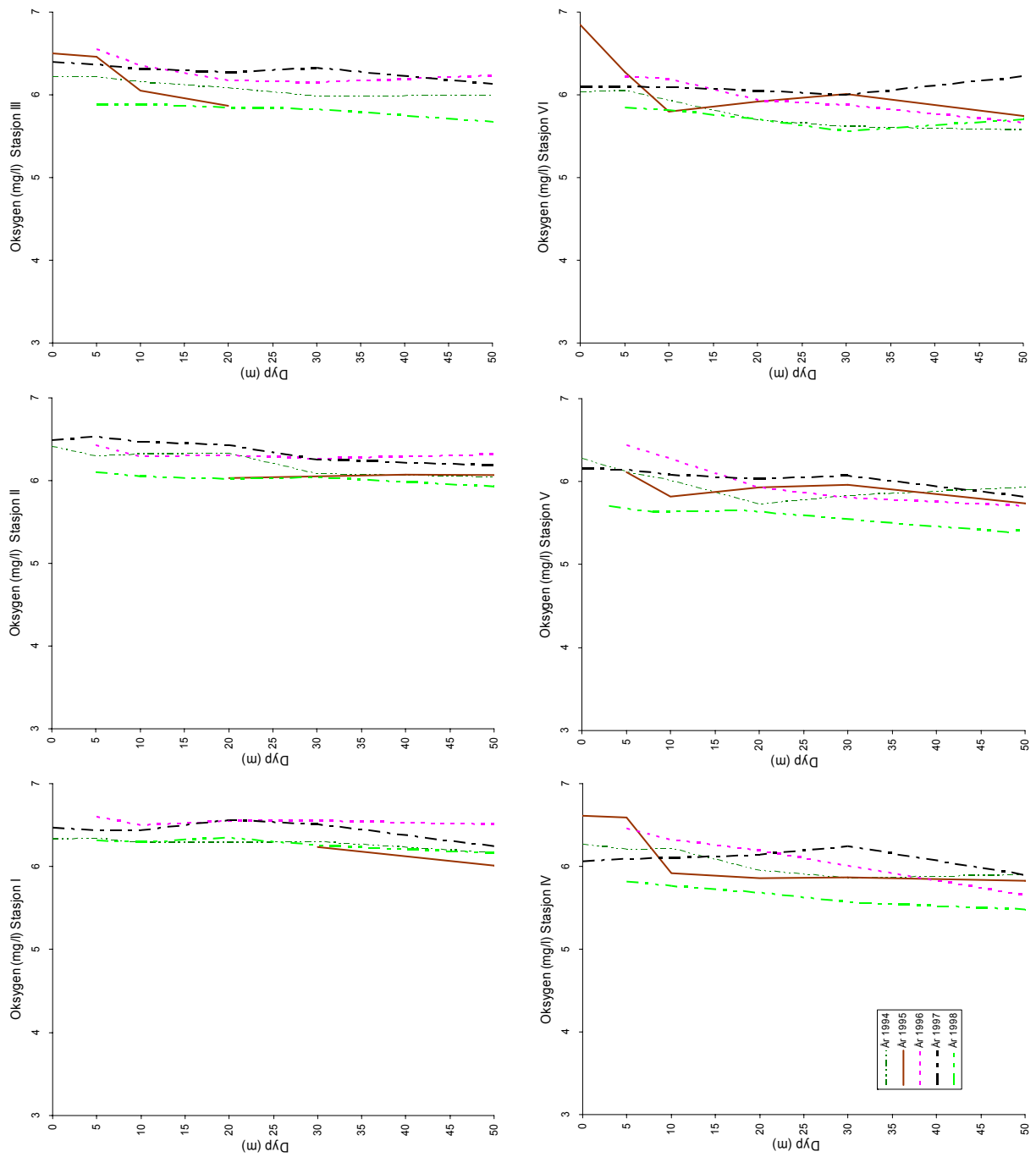


Figur 31

Saltholdigheten i Storfjorden i november - desember for stasjon I til IV ned til 50 meters dyp, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

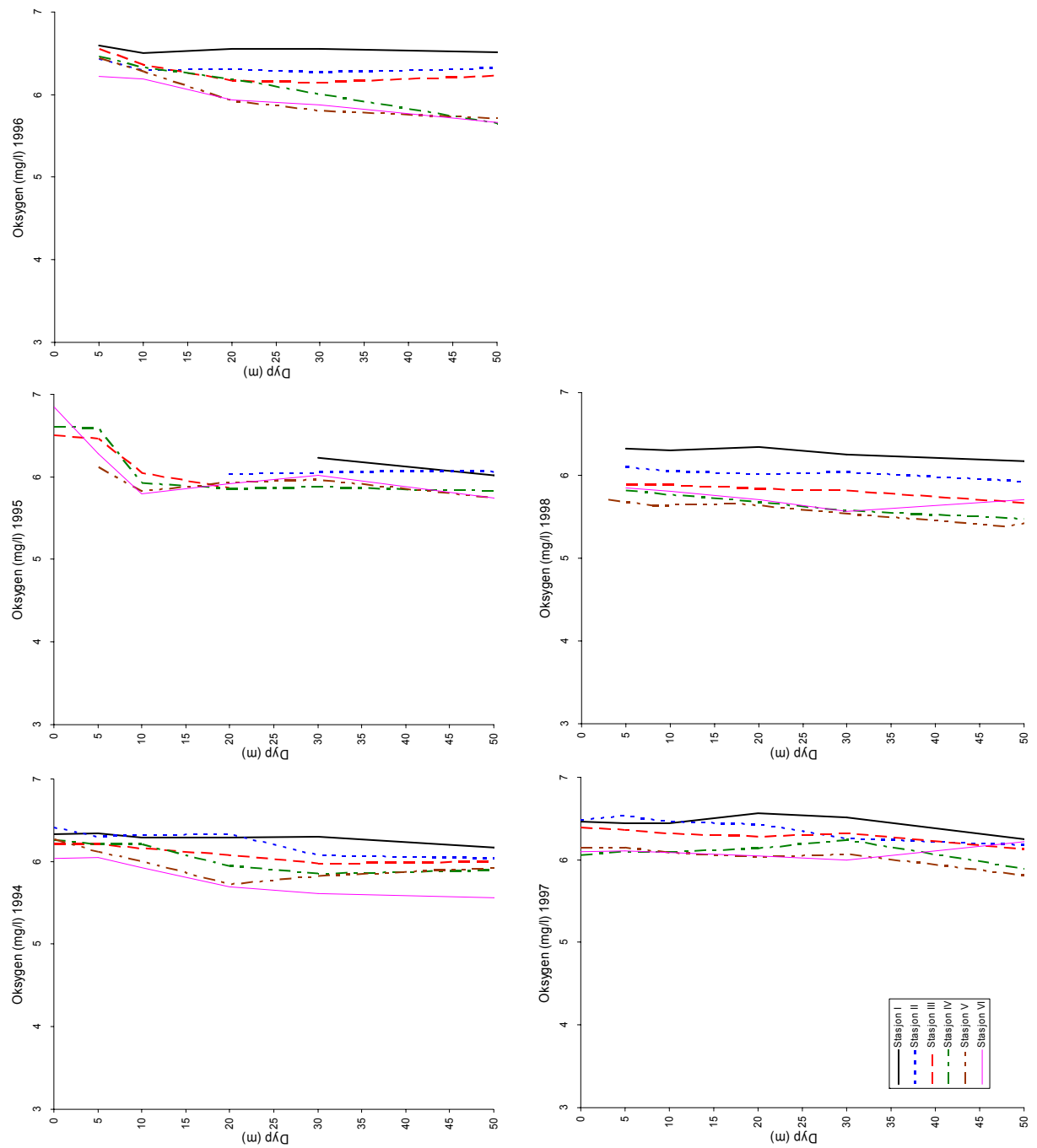


Figur 32 Saltholdighet i Storfjorden i november - desember for stasjon V til VI ned til 50 meters dyp, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

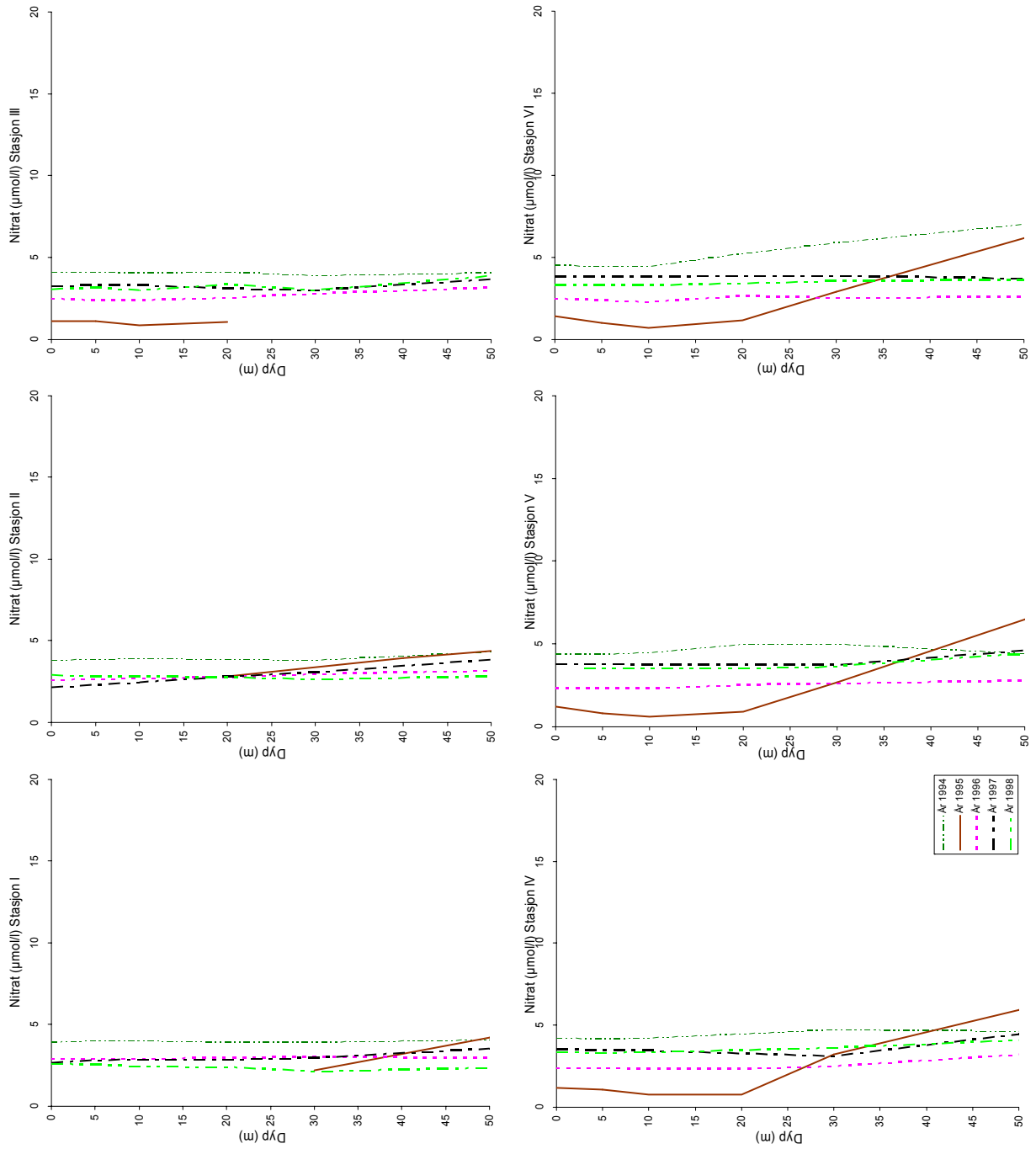


Figur 33

Oksygeninnhold i milligram pr. liter i Storfjorden for årene 1994-1998 i november - desember ned til 50 meters dyp, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.

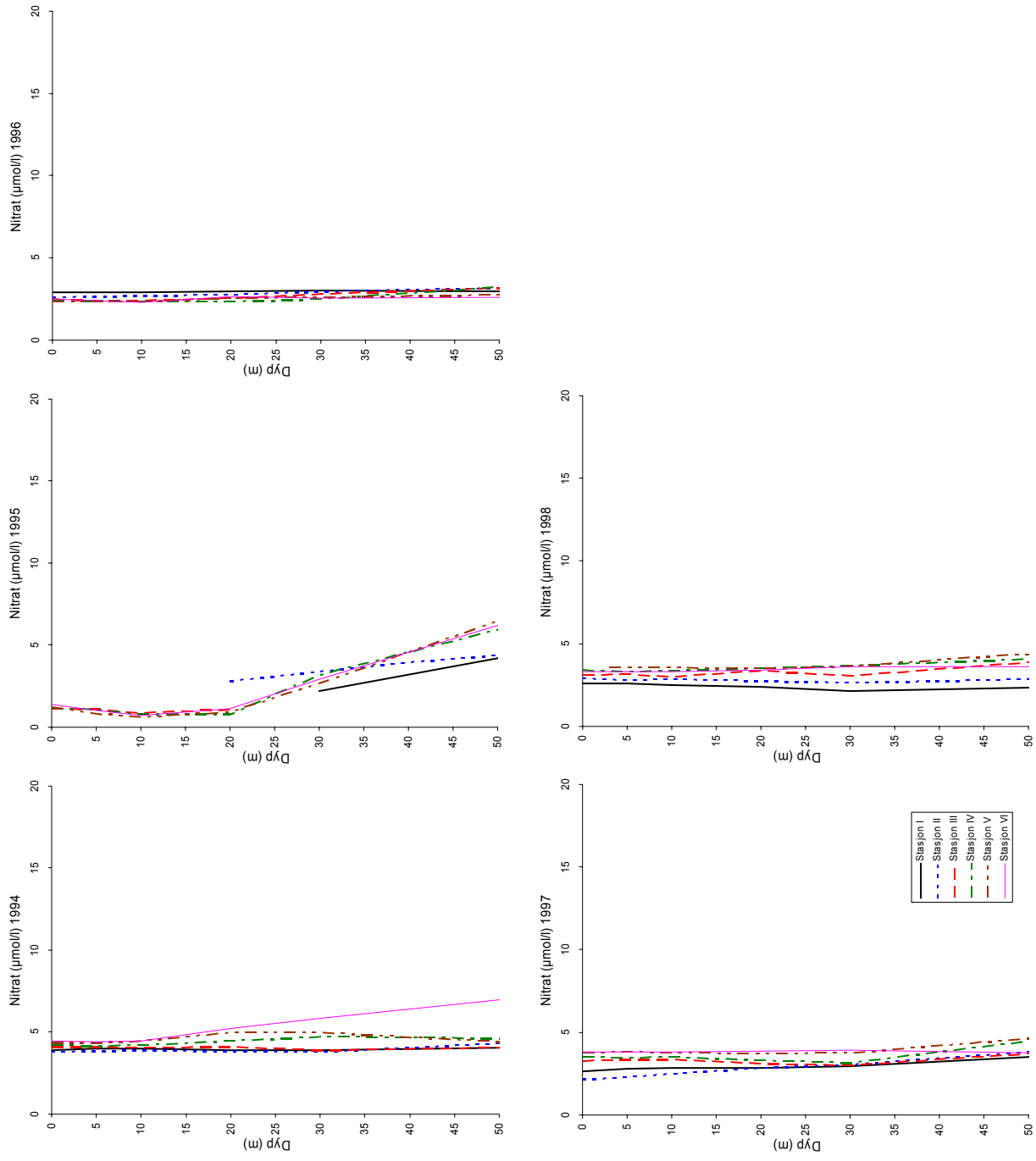


Figur 34 Oksygeninnhold i milligram pr. liter i Storfjorden i november - desember for alle stasjonene ned til 50 meters dyp, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

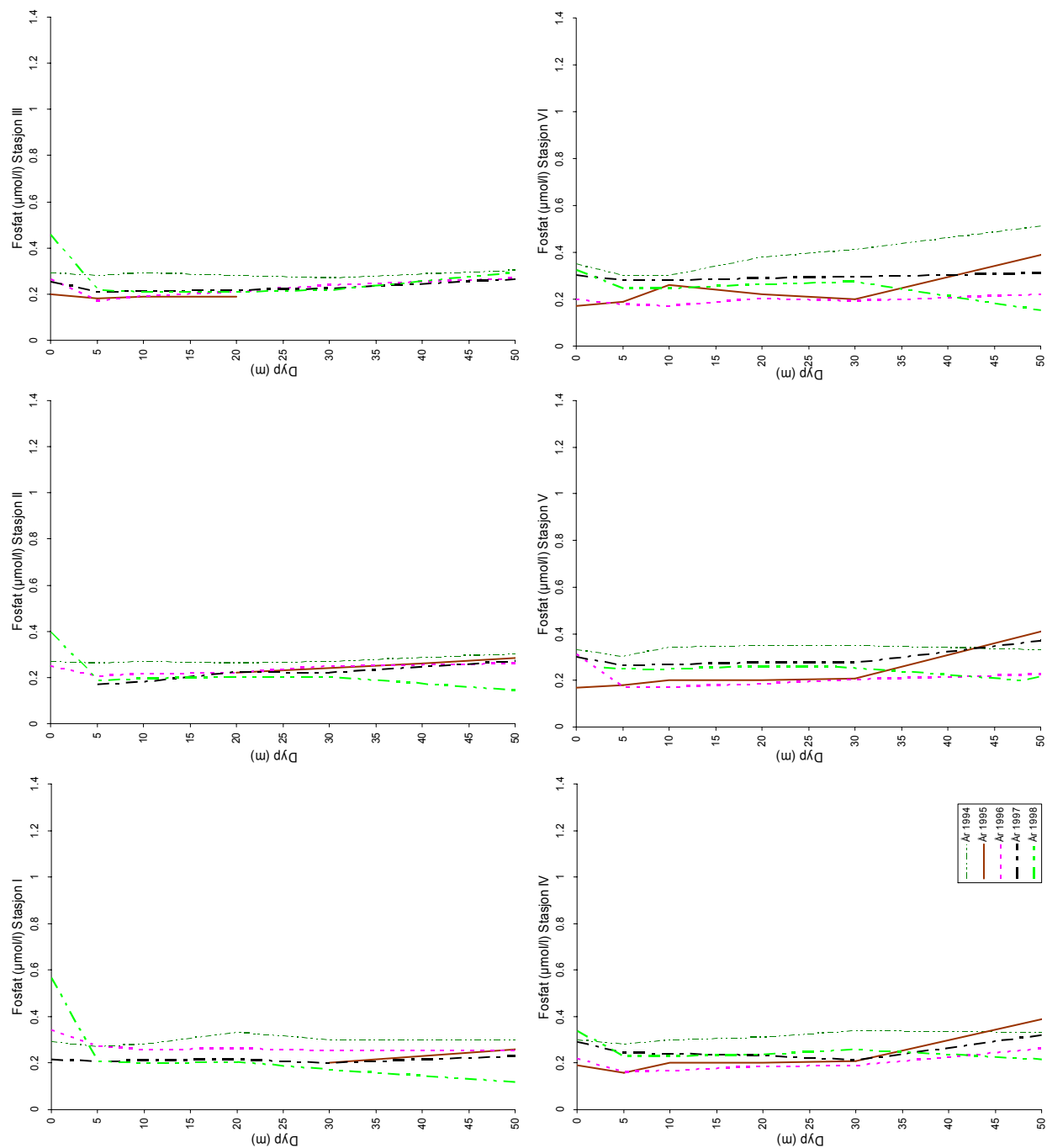


Figur 35

Nitratinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden for årene 1994-1998 i november - desember ned til 50 meters dyp, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.

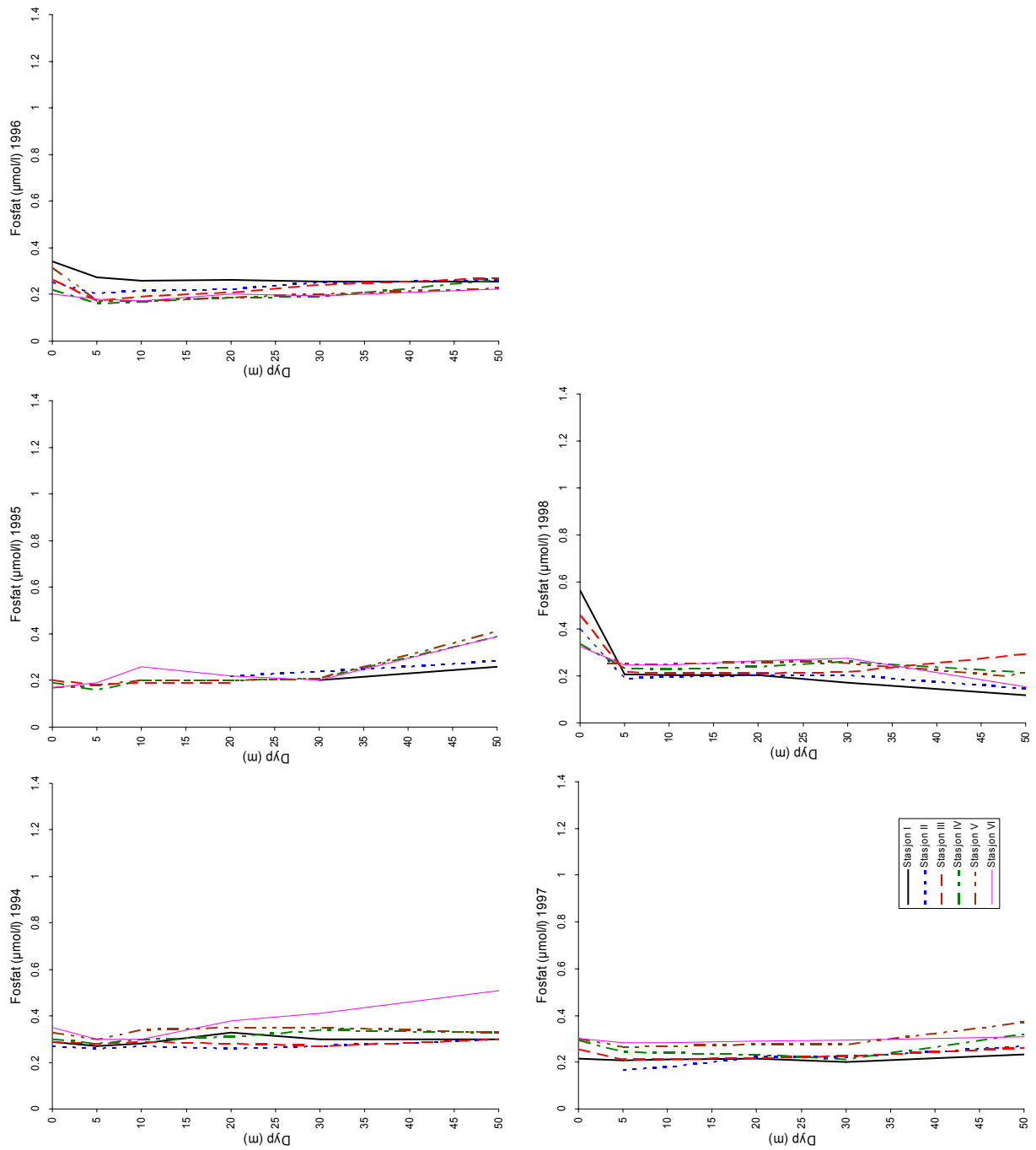


Figur 36 Nitratinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden i november - desember for alle stasjonene ned til 50 meters dyp, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

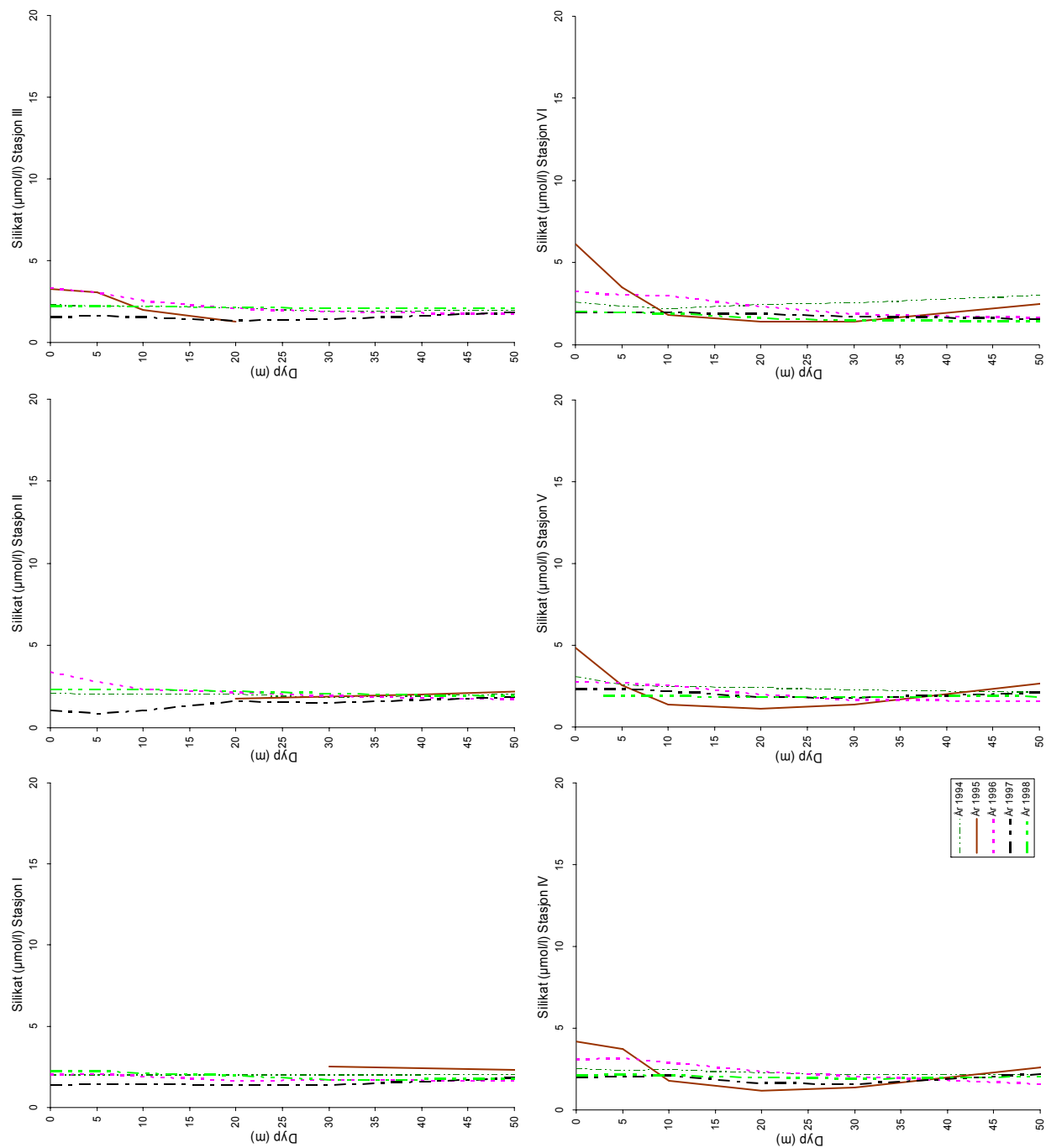


Figur 37

Fosfatinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden for årene 1994-1998 i november - desember ned til 50 meters dyp, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.

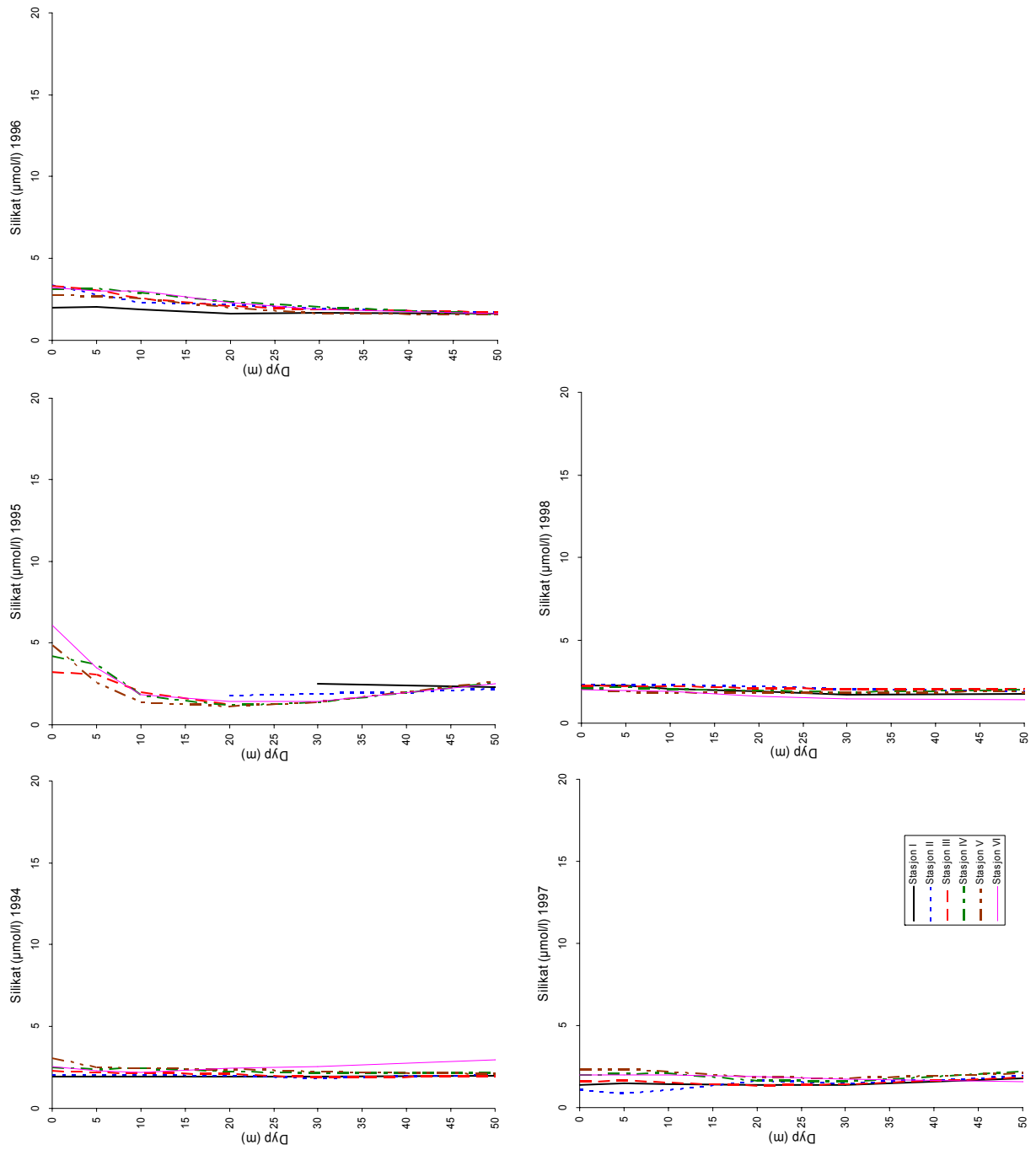


Figur 38 Fosfatinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden i november - desember for alle stasjonene ned til 50 meters dyp, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.

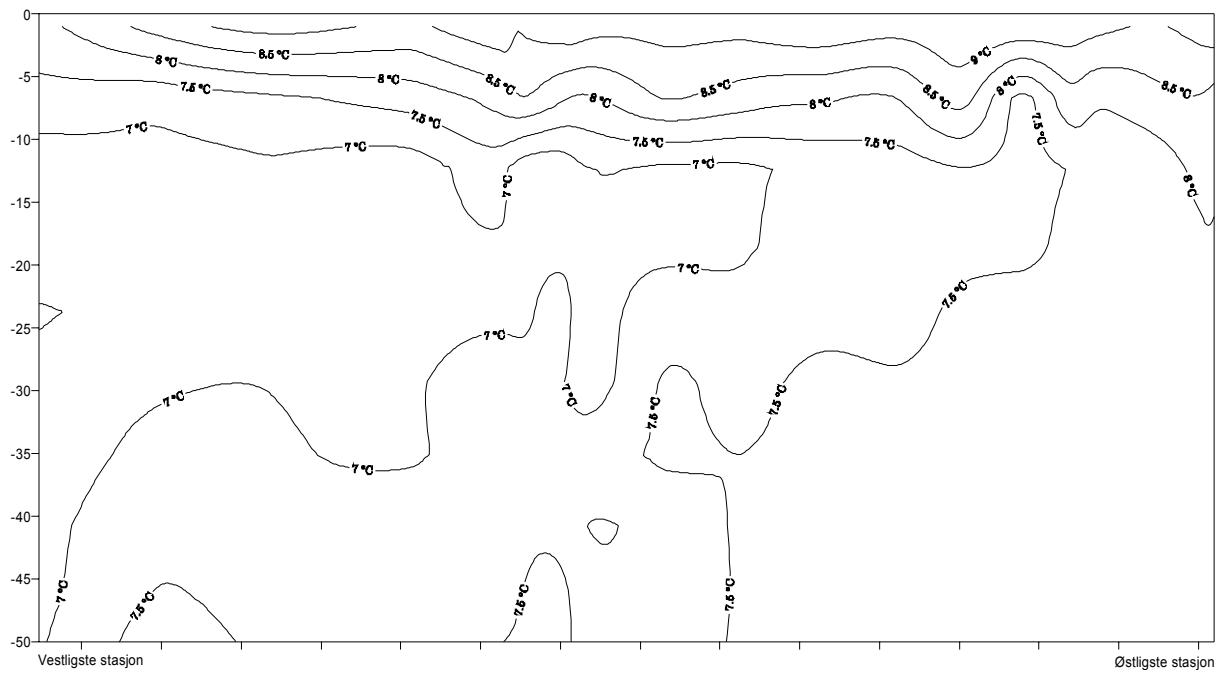


Figur 39

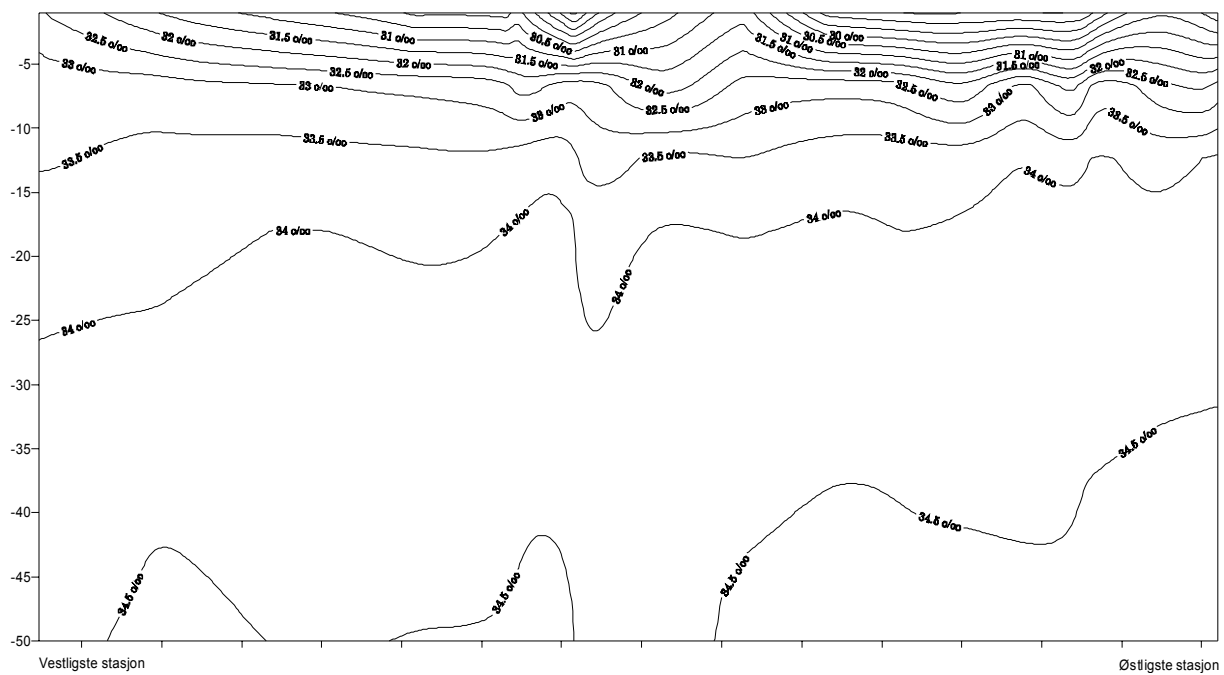
Silikatinnhold i mikromol pr. liter i Storfjorden for årene 1994-1998 i november - desember ned til 50 meters dyp, hvor variasjon mellom stasjonene er sammenliknet hvert år.



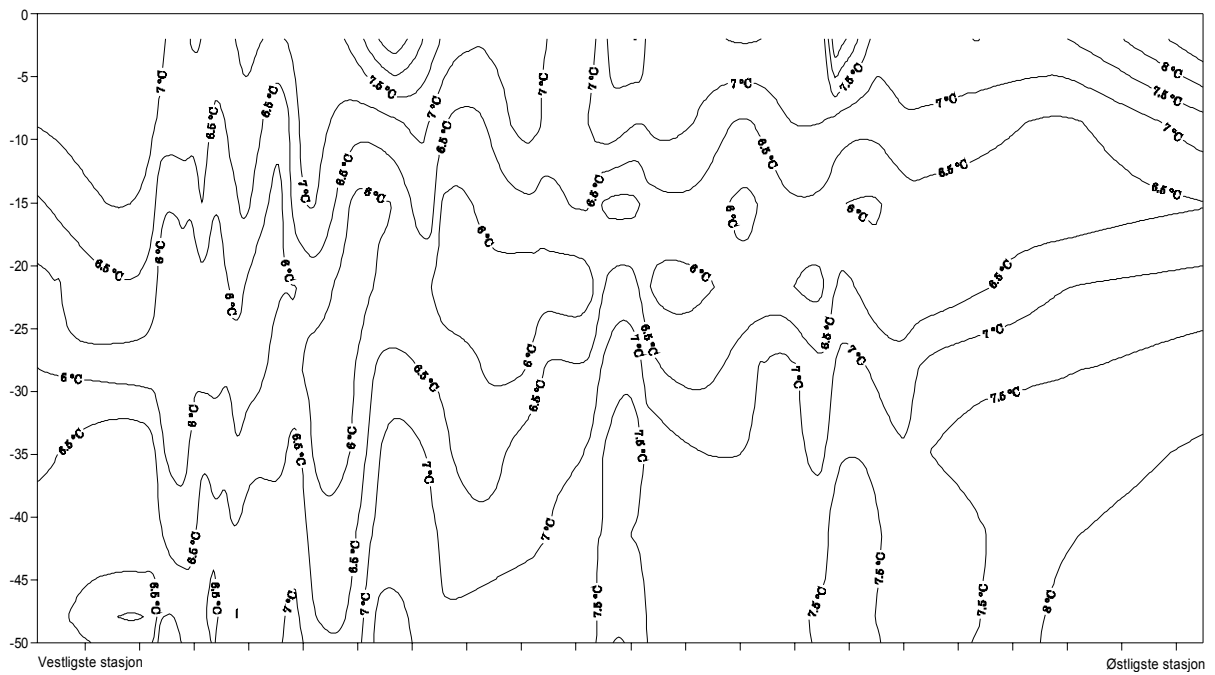
Figur 40 Silikatinnehold i mikromol pr. liter i Storfjorden i november - desember for alle stasjonene ned til 50 meters dyp, hvor variasjonen i perioden 1991 til 1998 er vist.



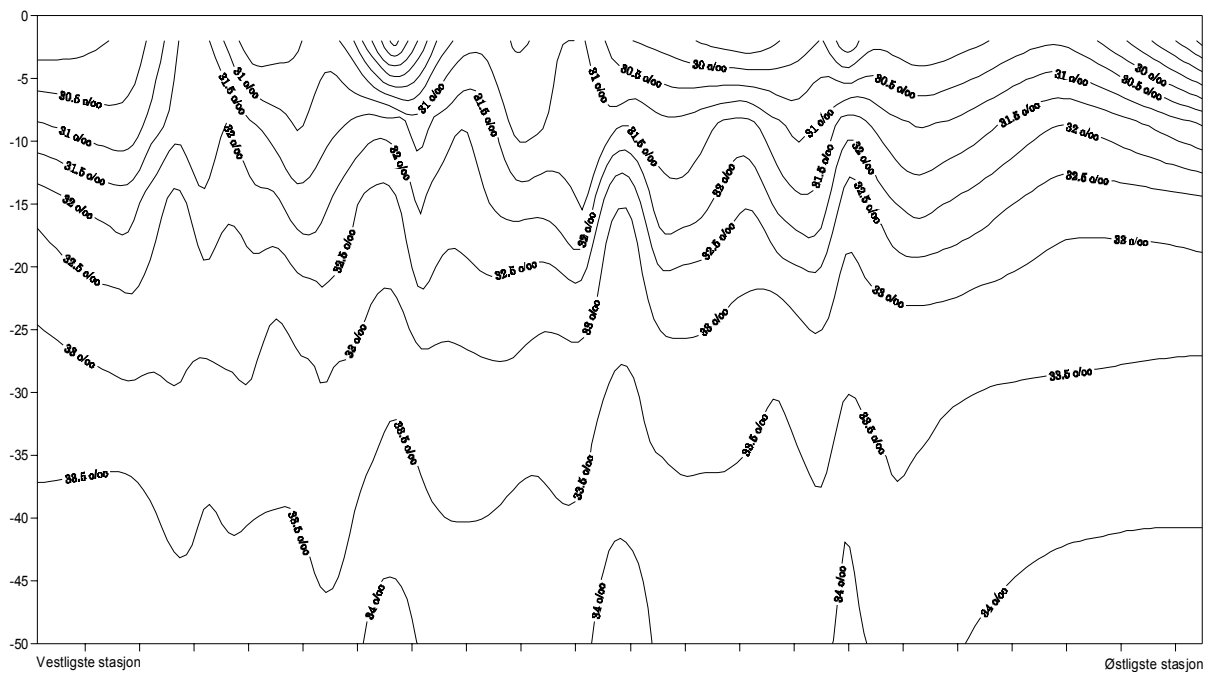
Figur 41 Temperaturer fra overflaten til 50 meter i april/mai 1998. Vestligste stasjon ligger til venstre og østligste til høyre.



Figur 42 Temperaturer fra overflaten til 50 meter april/mai 1999. Vestligste stasjon ligger til venstre og østligste til høyre.



Figur 43 Saltholdighet fra overflaten til 50 meter april/mai 1998. S Vestligste stasjon ligger til venstre og østligste til høyre



Figur 44 Saltholdighet fra overflaten til 50 meter april/mai 1999. Vestligste stasjon ligger til venstre og østligste til høyre