

EFFEKTER AV VEISALTING PÅ
JORD, VANN OG VEGETASJON
Rapport for perioden
1998 - 2001

Samarbeidsprosjekt mellom Institutt for plantefag, Norges landbrukshøgskole
og
Interconsult ASA

Oppdragsgiver: **Statens vegvesen - Vegdirektoratet**
Formell oppdragstittel: **Effekter av veisalting på jord, vann og vegetasjon**
Oppdragsnummer: 102661 Rapportdato: 08.02.2002 Versjonsnr.: 2

Prosjektansvarlig hos o.giver: Sven Olav Næss
Prosjektansvarlig hos Interconsult: Svein Ole Åstebøl
Saksbehandler hos Interconsult: Svein Ole Åstebøl, Per Kristian Røhr
Prosjektansvarlig Inst. for plantefag, Norges: Per Anker Pedersen
Nøkkelord (søkeord): Veisalt, vegetasjonsskader, jordvann, grunnvann

Signaturer:

Per Anker Pedersen (sign), Svein Ole
Åstebøl (sign), Per Kristian Røhr (sign)

(Saksbehandler)

Svein Ole Åstebøl (sign)

(Prosjektansvarlig Interconsult)

Effekter av veisalting på jord, vann og vegetasjon

Rapport for perioden 1998-2001

Innhold	Side
Del 1 – Jord og vegetasjon.....	4
1.1 Innledning	4
1.2 Klimaforhold og saltforbruk i overvåkningsperioden	5
1.3 Saltinnhold i jord og skader på vegetasjon	6
1.3.1 Metodikk	6
1.3.2 Resultater og diskusjon.....	6
1.3.2.1 Saltinnhold i jord- variasjon mellom feltene.....	6
1.3.2.2 Saltinnhold i jord- variasjon mellom år	6
1.3.2.3 Skader på grantrær	6
1.4 Jordvann og plantetilgjengelig grunnvann	6
1.4.1 Metoder for registrering av saltinnhold i jordvann og plantetilgjengelig grunnvann	6
1.4.2 Resultater fra den sesongvise undersøkelsen av vannivå og saltinnhold for jordvann/grunnvann	6
1.4.2.1 Nivåmålinger i brønner	6
1.4.2.2 Saltkonsentrasjoner i jordvann/grunnvann	6
1.4.3 Utviklingstrekk for saltinnhold i plantetilgjengelig grunnvann i perioden 1998 – 2001. Diskusjon.	6
Del 2 - Grunnvann og overvann	6
2.1 Grunnvann	6
2.1.1 Delmål.....	6
2.1.2 Innledning	6
2.1.3 Undersøkelser og gjennomføring.....	6
2.1.4 Resultater	6
2.1.4.1 Hovinmoen	6
2.1.4.2 Matrand.....	6
2.1.4.3 Helleland	6
2.1.5 Oppsummering	6
2.2 Overvann	6
2.2.1 Innledning	6
2.2.2 Undersøkelser og gjennomføring.....	6
2.2.3 Resultater	6
2.2.4 Oppsummering	6
Litteratur	6

Sammendrag

Jord, jordvann og vegetasjon

Nordvimarka ved E6 i Stange ble valgt ut for overvåkning av skader på skog og saltkonsentrasjoner i jord og jordvann. Dette området ble valgt fordi det allerede tidlig på 90- tallet ble dokumentert betydelige skader. Overvåkingen ble utført i tre felter (transekter) på østre side av E6, vinkelrett på veien. Skadeomfang ble registrert årlig på totalt 369 merkede grantrær og jordprøver i øvre 20 cm jordlag ble samlet i ulike avstander fra veien. Prøvebrønner for uttak av overflatenært grunnvann ble på to av feltene etablert høsten 1998. Resultatene viser at skogen på stedet er sterkt saltskadd helt ut til 80m fra veien, og at skadene har vært tydelige i hele perioden. I det ene feltet har imidlertid skadene blitt betydelig redusert fra 1998 til 2001. Jordanalyser viser at at kloridinnholdet er høyt i stor avstand fra veien. I et av feltene ble de største verdiene funnet 80m fra veikant. Natriumnivåene avtok derimot tilnærmet eksponentielt med økende avstand fra veien. Det ene feltet viste imidlertid noe avvikende spredningsmønster for natrium. Konsentrasjonen av både natrium og klorid avtok i perioden, men ligger likevel på et meget høyt nivå. Reduksjonen kan i første rekke tilskrives store nedbørmengder som lå langt over det normale. Det ble ikke funnet noen god sammenheng mellom skadeomfanget hos gran og klorid- og natriumverdiene i øvre jordlag. Det var heller ikke mulig å finne noen god sammenheng mellom saltkonsentrasjonene i jordvann og skadeomfang innen feltene. Det er imidlertid helt klart dokumentert at det undersøkte området er sterkt salteksponert og at dette har påvirket jordsmonn og skog i stor avstand fra veien. Overvåkningsmetodikken gir imidlertid ikke god nok oppløselighet til å korrelere skogskadene i ulike avstander fra veien, til målte saltkonsentrasjoner i jord og jordvann.

Grunnvann

Målestasjonene Hovinmoen og Helleland hadde en økning i saltkonsentrasjonen i grunnvannet i løpet av de to måleperiodene 1992-1995 og 1998-2001. Saltforbruket på Hovinmoen lå omtrent på samme nivå i de to periodene. På Helleland var saltforbruket betydelig lavere i siste periode. På Matrand lå saltkonsentrasjonen i grunnvannet totalt sett på samme nivå i de to periodene. Saltforbruket lå en del høyere i siste periode. Resultatene viser at det innenfor de tidsavgrensede måleperiodene, ikke var noen direkte sammenheng mellom utviklingen i vannkvalitet og saltforbruk. En viktig faktor i dette er at endringer i saltforbruk generelt vil ha en tidsmessig forsinket virkning på grunnvannskvaliteten p.g.a. grunnvannets lave strømningshastighet. Undersøkelsene viser at grunnvannet påvirkes av veisalt i hele grunnvannsmagasinet dybde.

Overvann

Resultatene i de to måleperiodene 1992-1995 og 1998-2001, viste en klar saltpåvirkning i overvannet. Saltkonsentrasjonen i overvannet lå i gjennomsnitt pr år 5 – 8 ganger høyere enn bakgrunnskonsentrasjonen. På vinteren var saltkonsentrasjonen i overvannet langt høyere. Andelen av årlig saltforbruk som påvises i overvannet varierer mye fra sted til sted og over tid. På E18 Gutu utgjorde dette 13 –25 % og på E6 Korsegården 20 – 46 % pr år. Klima, saltforbruk, grunnforhold og veianleggets utforming er faktorer som påvirker dette. Saltet som ikke fanges opp i overvannssystemet spres diffust og vil følge den naturlige avrenningen til vassdrag.

Det foreslås at overvannsundersøkelsene heretter dreies over mot saltutslippets biologiske og vannkvalitetsmessige effekter i vassdrag. Arbeidet bør starte med en sammenstilling av foreliggende dokumentasjon om saltpåvirkning i vassdrag etterfulgt av utarbeidelse av et undersøkelsesopplegg.

Del 1 – Jord og vegetasjon

1.1 Innledning

Sommeren 1991 ble det oppdaget tydelige skader på granskog nær E6 og R2 flere steder i Hedmark og Akershus. Etter nærmere undersøkelser ble det konkludert med at alle lokalitetene med store skader lå nedstrøms veien og at veisalting var årsak til skadene, samt at forskjeller i jordbunnsforholdene trolig var en årsak til de store forskjellene i omfanget av skadene (Pedersen 1991).

I en større undersøkelse i årene 1992- 95 ble skadeårsakene bekreftet og forverring av skadene ble påvist (Pedersen & Fostad 1996). Årsakene til at skadene var særlig store på enkelte lokaliteter ble undersøkt spesielt. På alle disse stedene ble det funnet overflatenært, temporært grunnvann som var saltpåvirket. Jordbunnsmessige variasjoner som førte til spesielle hydrologiske forhold var altså årsaken (Røhr 1996). Nordvimarka i Stange representerer et slikt ”verste tilfelle”. Her ble det funnet tydelige skader i 1991 og sterk forverring etterfølgende år (jfr. foto i figur 1). Skogen nærmest veien ble senere ryddet og dermed ble skadeomfanget mindre synlig fra E6.

Jord- og jordvannsanalyser samt observasjoner av skogskader i dette området avslørte imidlertid betydelig saltpåvirkning ut til 60m fra veibanen (Pedersen & Fostad 1995, Røhr 1996). Tatt i betraktning den relativt korte tiden E6 er saltet i dette området, er miljøeffektene overraskende store, og det er ønskelig å dokumentere utviklingen over tid. Det ble derfor igangsatt en ny undersøkelse i årene 1998- 2001. Målet var å dokumentere konsentrasjoner av veisalt i øvre jordlag og overflatenært grunnvann samt å beskrive skadeomfanget på skog i forhold til salteksposeringen.



Figur 1. Skadene på gran nær E6 i Stange forverret seg kraftig i årene etter saltingen startet. Bildet viser situasjonen i juni 1993 ved felt 1 og 2 sett fra nordvest. Foto: Per Anker Pedersen

1.2 Klimaforhold og saltforbruk i overvåkningsperioden

Klimadata er benyttet som supplerende grunnlagsdata for vurderinger av sammenheng mellom veisaltning og vegetasjonsskader. I dette tilfellet er det innhentet klimadata fra Det norske meteorologiske institutt, med døgnmidler for nedbør og temperatur fra klimastasjoner på Jønsberg og Kise.

Tabell 1. Nedbørhøyder ved Jønsberg i Stange. (Etter data fra Det norske meteorologiske institutt).

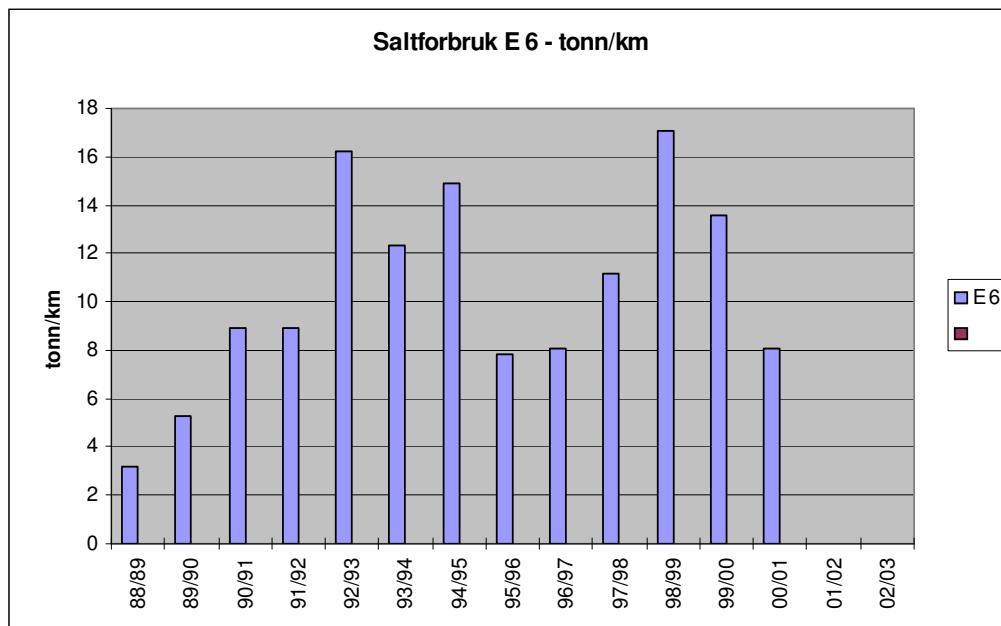
Nedbør (mm)													
	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sept	okt	nov	des	sum
1998	38	21	51	57	3	140	59	59	59	69	19	22	597
1999	56	17	80	35	23	105	83	23	99	58	18	51	648
2000	11	13	11	81	46	67	112	78	34	118	160	65	796
2001	45	20	37	47	51	43	65	94	69	84	*	*	
Normal	33	24	25	28	44	60	74	68	61	54	44	37	552

* Tidsrommet faller utenfor overvåkningsperioden.

Tabellen viser at det gjennomgående falt betydelig mer nedbør enn normalt i overvåkningsperioden.

Klimaforholdenes betydning, særlig nedbørfordelingen i de enkelte år og i prosjektperioden generelt, er nærmere diskutert i de respektive resultatkapitlene.

Saltforbruket på E6 blir fortløpende registrert ved hver utkjøring. Det er relativt store variasjoner fra sesong til sesong, og i overvåkningsperioden varierte mengdene fra 8 til 17 tonn pr. km, jfr. fig. 2. Klimaforholdene har selvsagt stor innvirkning på omfanget av salting. Men også utvikling av nye metoder og rutiner for bruk av veisalt har betydning. Generelt går utviklingen i retning av at det benyttes lavere saltmengder for å opprettholde tilfredsstillende kjøreforhold.



Figur 2. Utviklingen av saltforbruk på E6 gjennom Stange, målt i tonn/km, for perioden 1988 til 2001. Kilde: Statens vegvesen Hedmark.

1.3 Saltinnhold i jord og skader på vegetasjon

1.3.1 Metodikk

Lokalisering

Basert på tidligere registreringer er det valgt ut 3 felter ved E6 i Stange for nærmere oppfølging av skadeutvikling på vegetasjon og saltinnhold i jord. Feltene er plassert på østre side av veien ved E6- 03-6 (felt 1 og 2) og E6-03-4.5 (felt 3). Felt 1 er det nordligste feltet. Feltene er alle plassert i granskog, omtrent vinkelrett på veien, og strekker seg 80 til 100 m ut fra veibanen. Felt 1 og 2 er avgrenset av et hogstfelt mot øst, mens felt 3 er avgrenset av dyrket mark. Avstander er målt fra hvit stripe. I felt 1 og 2 tas det også prøver av grunnvannet, jfr. kap. 1.4 nedenfor.



Figur 3. Oversiktsbilde av skogteigen med felt log 2 sett fra sør. Mai 2000. Foto: Astrid Skrindo.

Skadeomfang

Totalt 369 trær (vanlig gran) ble vurdert årlig. Alle trær i et ca 14 m bredt transektbelte gjennom hvert felt ble nummerert, og avstanden til veibanen oppmålt. Antall registrerte trær på felt 1, 2 og 3 var henholdsvis 125, 123 og 121. Skadeomfanget ble bedømt etter en skala fra 0 til 9, hvor 0= uskadd og 9= totalskadd. log 2 angir små og lite tydelige skader. 3 og 4 angir tydelige men moderate skader. Karakter 5-8 ble gitt ved omfattende og alvorlige til meget alvorlige skader. Skadeomfanget er bedømt følgende datoer: 17. november 1998, 22. juli 1999, 27.juli 2000 og 10.juli 20001.

Jordanalyser

Jordprøver ble samlet 1. november 1998, 29.september 1999, 19. oktober 2000, 12. juni 2001 og 10. oktober 2001. Prøvene ble tatt ned til 20 cm dybde, etter at strøsjiktet var fjernet. Hver prøve besto av ca 5 stikk. Prøvene ble tatt i følgende avstander fra hvit stripe: 6, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 50, 60, 70, 80, 90, og 100m. I felt 3 ble det ikke tatt prøver ved 90 og 100 m, fordi dette var utenfor skogens utstrekning. Prøvene ble analysert for vannløselig klorid(Cl), ammoniumlaktat-løselig dvs. lett-løselig natrium(Na-AL) og volumvekt ved Jordforsk Lab, Ås. Analyseresultatene er korrigert for volumvekt og oppgitt i mg/l jord.

1.3.2 Resultater og diskusjon

1.3.2.1 Saltinnhold i jord- variasjon mellom feltene

Jorda i alle de tre feltene var sterkt påvirket av veisalt. Spredningsmønsteret var svært ulikt for natrium og klorid. Mens natriumverdiene i hovedtrekk var avtagende med økende avstand fra veien, viste kloridet et mer variabelt mønster (figur 4-6). Verdiene av klorid var sterkt forhøyet så langt ut som 80m fra veien.

Felt 1

I dette feltet avtok natriumnivået eksponentielt etter en temmelig regelmessig kurve (figur 4), men viste likevel tendenser til forhøyde verdier i relativt stor avstand (50-80m). Kloridverdiene viste et helt annet spredningsmønster med en klar økning ut til et maksimum ved 80m for deretter å avta (figur 4). Kloridkonsentrasjonen 80m fra veien var ca 320mg/l. Dette tilsvarer eksponeringsnivåer som i dyrkingsforsøk har gitt sterke skader på gran (Fostad & Pedersen 1997). Lignende tendenser til økning i kloridnivået med økende avstand fra veien ble funnet en rekke steder i tidligere undersøkelser (Pedersen & Fostad 1995). Litt lenger sør i samme område, ved parsell E6- 03- 4,5 ble det i 1993 funnet verdier på nesten samme nivå 16m fra veien. Til tross for at det i flere tilfeller er målt høye kloridnivåer i relativt stor avstand representerer denne lokaliteten trolig det hittil mest ekstreme tilfellet vi kjenner i Norge. Røhr (1993) refererer imidlertid til et eksempel fra Tyskland hvor høyt saltinnhold i grunnvann har gitt skader 2-300m fra veien.

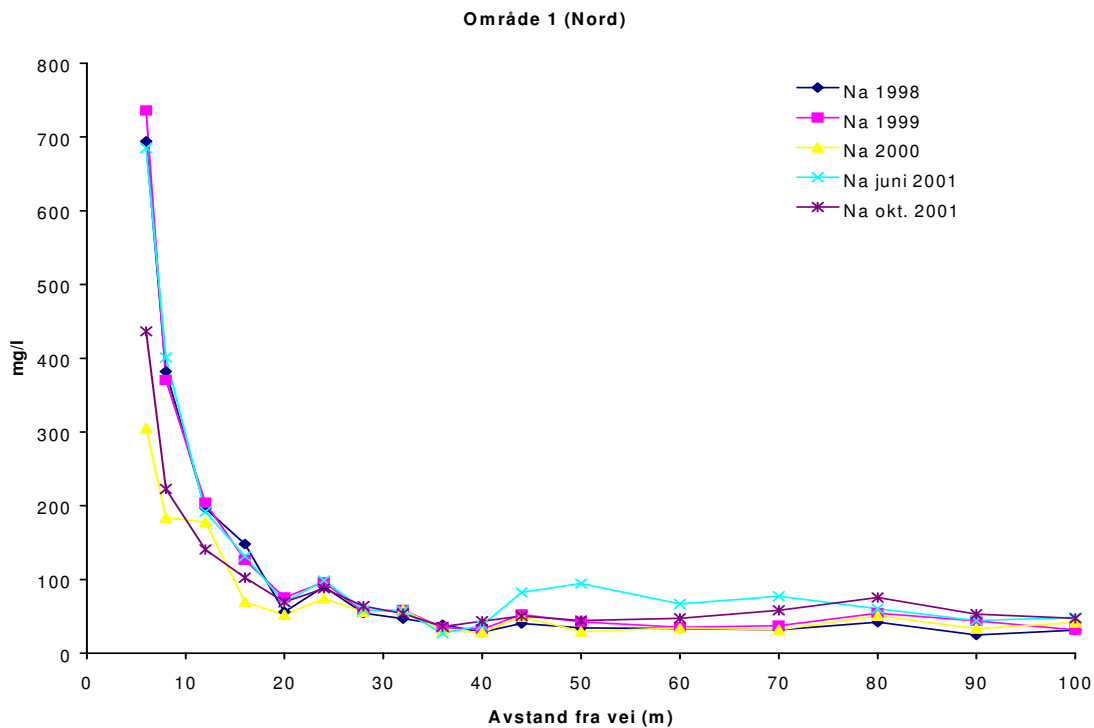
Felt 2

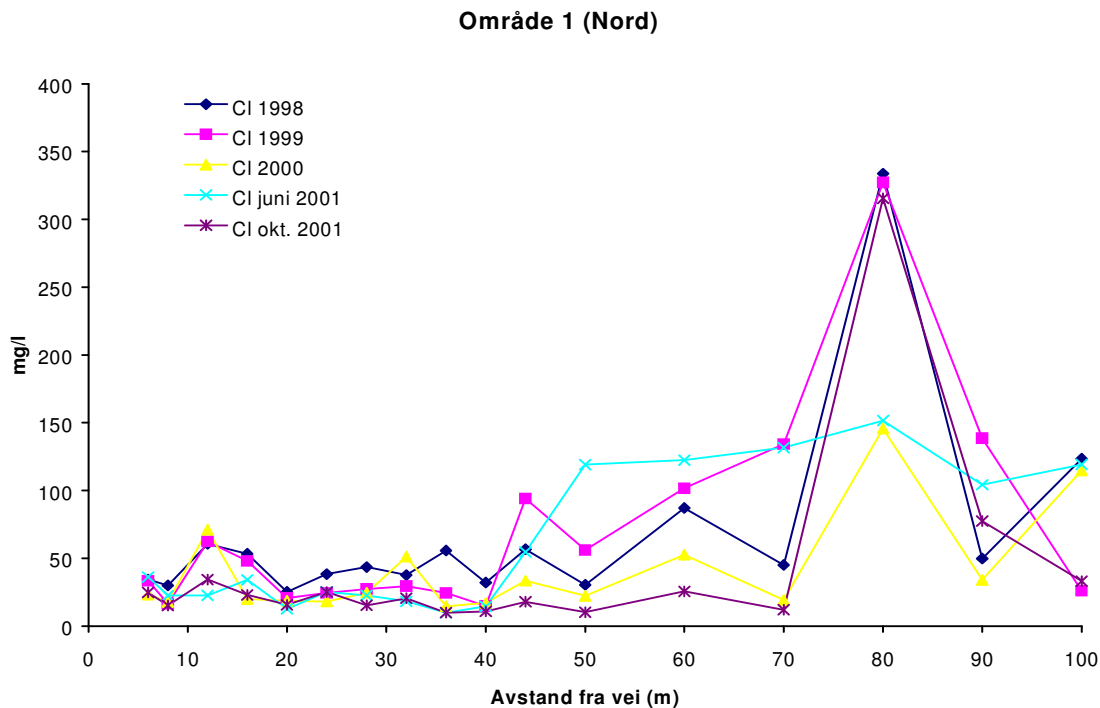
Også i dette feltet avtar natriumkonsentrasjonen i jorda eksponentielt med økende avstand fra veien (figur 5). Kloridkonsentrasjonen varierte betydelig, men hadde også her et maksimum i stor avstand, 70m. Selv om verdiene her var lavere enn i felt 1, var det tydelig forhøyde verdier helt til 90m.

Felt 3

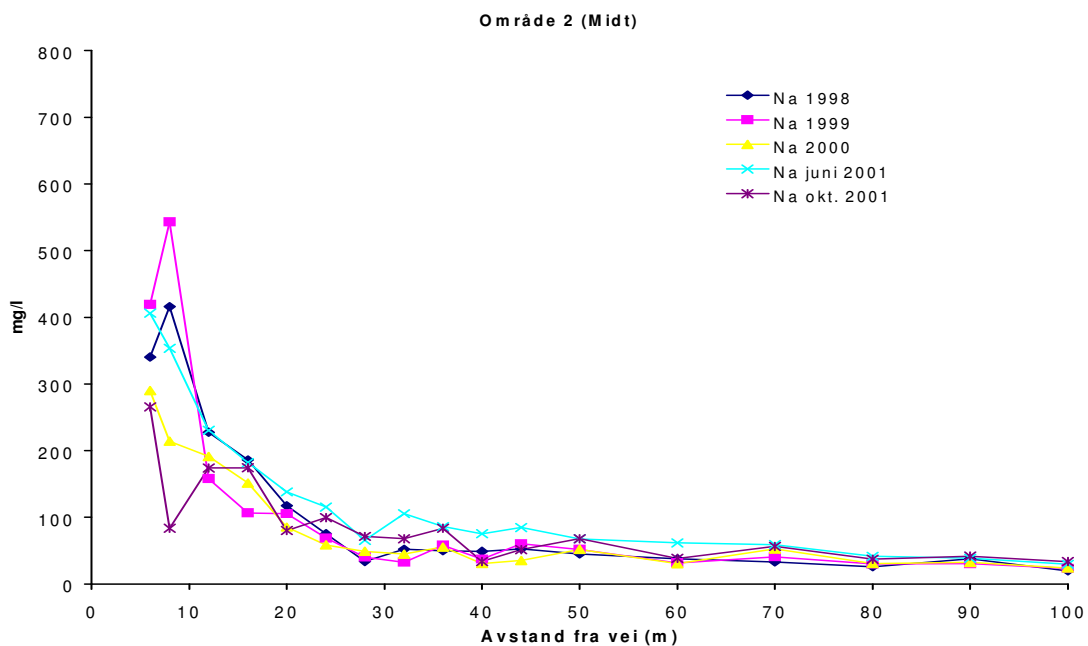
Felt 3 skiller seg tydelig fra de andre feltene ved at natrium har et mer uregelmessig spredningsmønster. Natriumverdiene avtar først på normal måte og oppnår et lavt nivå ved 20- 30m, men så øker nivået til et maksimum ved 40- 50m for deretter å avta. Kloridet følger her i grove trekk det samme mønsteret som natrium (figur 6). En mulig forklaring på dette er at det i dette feltet er langt fuktigere enn i de to andre og at også natrium som bindes sterkere enn klorid i jord, vaskes ut og transporteres horisontalt. I dette feltet er det også tidligere tatt prøver. Også i 1995 var natriumnivåene på dette stedet høye i ganske stor avstand fra veien, mellom 300 og 400 mg/l jord 10- 30m fra veien, men verdiene avtok når avstanden økte utover dette (Pedersen & Fostad 1996). Analyseresultatene fra 1998- 2001 viser at verdiene nærmest veien ligger på samme nivå som i 1995, mens de er lavere ca 20- 30m fra veien. Derimot er natriumkonsentrasjonene høyere ved 40- 50m enn de var i 1995. Også for klorid er spredningsmønsteret endret. I 1995 var verdiene lave nærmest veien og økte så til et maksimum ved 12- 16m for deretter å avta. I 1998- 2001 ligger verdiene på et tilsvarende høyt nivå i denne avstanden, men etter å ha avtatt ved 20- 35m øker nivået ved 40- 50m. Disse endringene i konsentrasjonene både for natrium og klorid tyder på salteksponeringen har økt i større avstand fra veien. Både natrium- og kloridkonsentrasjonene var signifikant høyere i dette feltet enn i de to andre (se tabell 2 og 3). Dette kan skyldes at arealene på den andre siden av veien er særlig sterkt saltpåvirket. Der ble det i undersøkelser i perioden 93- 95 påvist svært høye verdier, helt opp til 900 mg/l jord for begge elementer. Felt 3 ligger nedstrøms disse arealene og må forventes å være påvirket av avrenning fra herfra. Grunnen til de høye nivåene

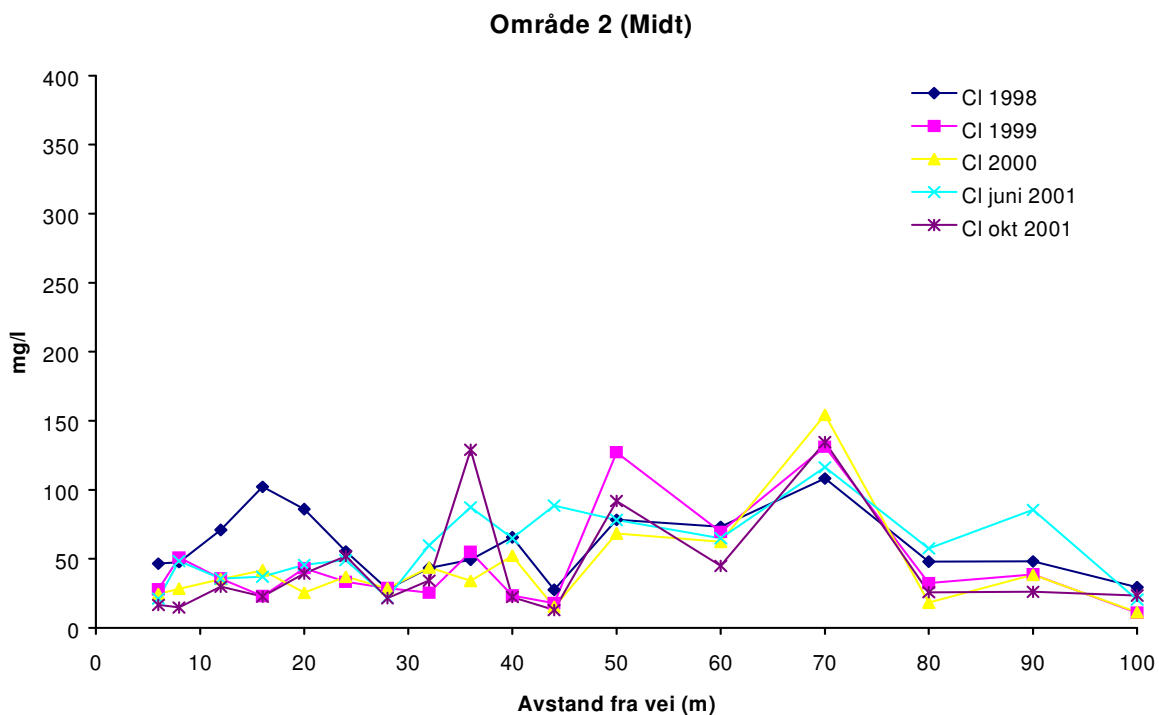
på vestsiden av veien antas å være tilsig av vann fra en relativt lang strekning av E6 kombinert med dårlig drenering. Høsten 1993 ble veigrøftene utbedret ved dette feltet, men det har ikke gitt tydelig utslag på saltkonsentrasjonen i øvre jordlag.



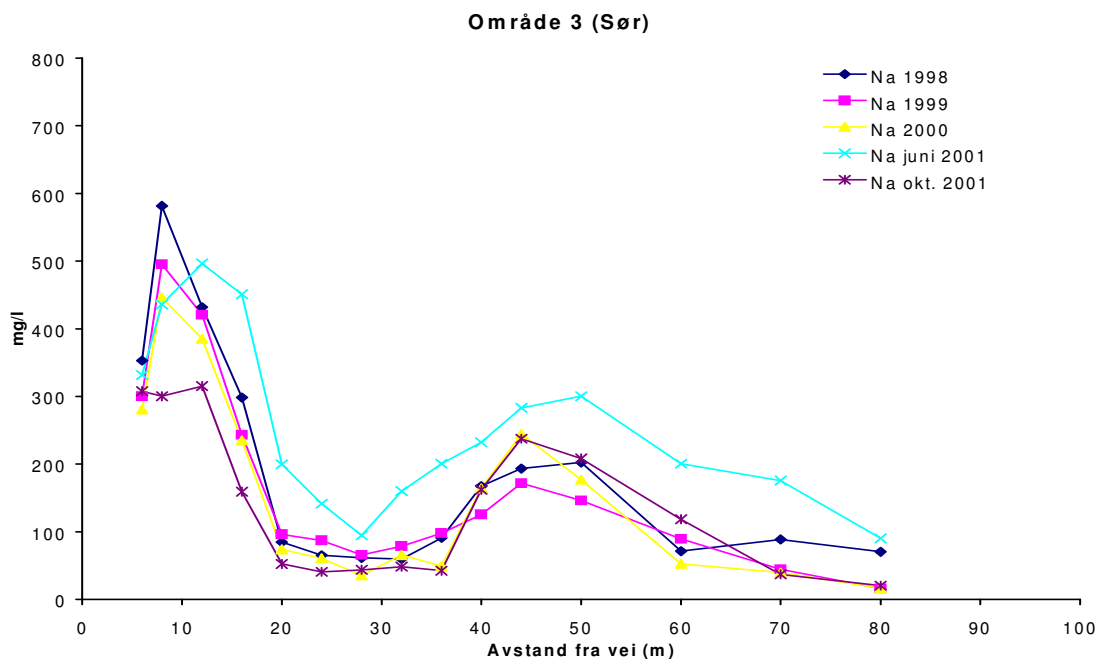


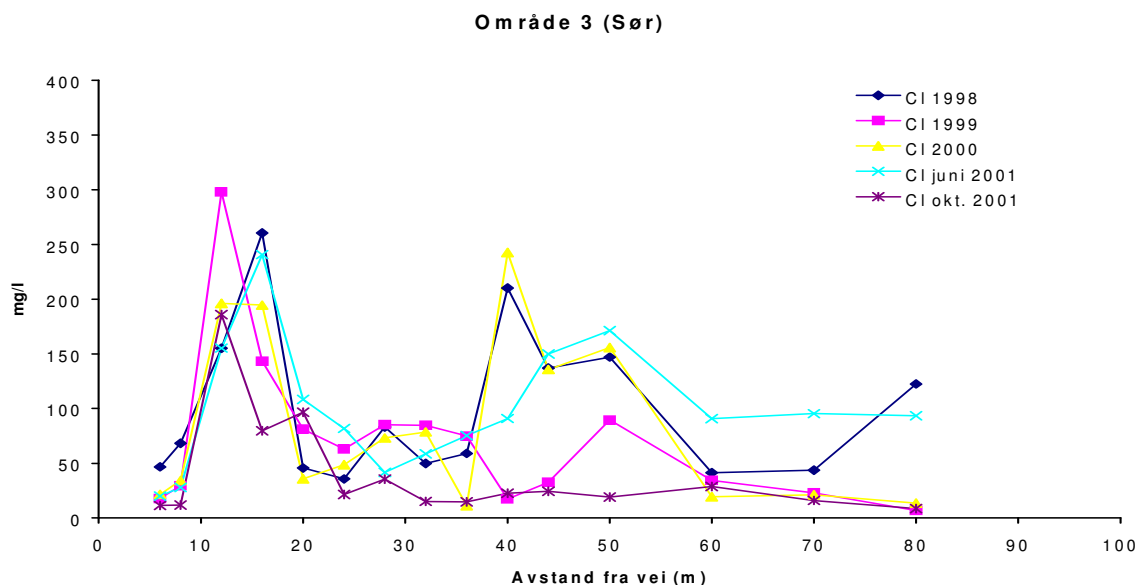
Figur 4. Spredningsmønster for hhv. natrium og klorid i øvre 20 cm jordlag i felt 1 ved ulike prøvetakingstidspunkt





Figur 5. Spredningsmønster for hhv. natrium og klorid i øvre 20 cm jordlag i felt 2 ved ulike prøvetakingstider.





Figur 6. Spredningsmønster for natrium og klorid i øvre 20 cm jordlag i felt 3 ved ulike prøvetakingstider.

1.3.2.2 Saltinnhold i jord- variasjon mellom år

Konsentrasjonen av både natrium og klorid i jordprøver tatt om høsten avtok fra 1998 til etterfølgende år (tabell 2). Generelt var nedgangen i klorid- og natriumkonsentrasjonene størst nærmest veien. Ut fra saltforbruket skulle det forventes høyere verdier i både 1999 og 2000 enn i 1998 (figur 1). Når nivåene likevel er lavere skyldes det trolig nedvasking til dypere jordsjikt pga mye nedbør. Disse årene hadde en nedbørmengde som lå langt over det normale (tabell 1). I 2001 har det falt mer nedbør enn normalt og saltforbruket vinteren 2000/2001 var forholdsvis lavt. De lave verdiene for høsten 2001 er derfor ikke overraskende. I 2000 falt det særlig mye nedbør med 796mm mot normalt 552mm. Det var derfor noe overraskende at konsentrasjonene var høye i juni 2001. Denne prøveserien hadde de totalt sett høyeste natriumverdiene og hadde dessuten kloridverdier på nivå med 1998. Resultatet er likevel ikke helt uventet fordi det er en godt dokumentert tendens fra tidligere undersøkelser at saltkonsentrasjonene varierer betydelig gjennom året. Basert på prøver fra flere lokaliteter i Hedmark og Akershus ble det i årene 1992-94 funnet økende saltkonsentrasjoner i øvre jordlag fra tidlig i juni til august, og deretter nedgang til september/ tidlig oktober (Pedersen & Fostad 1996). Det er derfor ikke unaturlig at prøver tatt i juni 2001 er høyere enn prøver tatt seinhøstes etter sterk nedbør. De høye verdiene for juni 2001 bekrefter kapillært opptrekk av saltpåvirket

jordvann i relativt stor avstand fra veien. Dette er en sterk indikasjon på at lange perioder med mye nedbør ikke er tilstrekkelig til å fjerne saltpåvirkningen i øvre jordlag. Samlet sett gir ikke resultatene grunnlag for å anta at saltbelastningen for miljøet i dette området avtar med tiden.

Tabell 2 . Natriumkonsentrasjon i 20 cm øvre jordlag i ulike år (*resultater fra juni 2001). Tall med like bokstaver er ikke signifikant forskjellige på 5% nivå.

Natriumkonsentrasjon (mg/l jord)				
Tid	Felt 1	Felt 2	Felt 3	Middel
1998	116	106	188	135ab
1999	123	108	165	131ab
2000	77	84	155	103b
2001*	132	126	153	167a
2001	96	86	140	106b
Middel	109b	102b	180a	

Tabell 3. Kloridkonsentrasjon i 20 cm øvre jordlag i ulike år (*resultater fra juni 2001). Tall med like bokstaver er ikke signifikant forskjellige på 5% nivå.

Kloridkonsentrasjon (mg/l jord)				
Tid	Felt 1	Felt 2	Felt 3	Middel
1998	67	59	100	75a
1999	69	46	72	62ab
2000	41	42	79	53ab
2001*	60	58	100	72a
2001	40	44	39	41b
Middel	56b	50b	78a	

Tabell 4. Natriumkonsentrasjon i 20cm øvre jordlag i ulike avstander fra veien og ulike år (*resultater fra juni 2001). Tall med like bokstaver er ikke signifikant forskjellige på 5% nivå.

Natriumkonsentrasjon (mg/l jord)				
----------------------------------	--	--	--	--

Tid	6- 16m	20- 28m	32- 44m	50- 60m	70- 80m	90- 100m	Middel
1998	355	71	73	71	49	28	135ab
1999	344	77	70	66	37	32	131ab
2000	244	61	72	63	37	33	103b
2001*	358	109	119	132	84	40	167a
2001	224	68	76	88	47	44	106b
Middel	305a	72b	82b	84b	51b	36b	

Tabell 5. Kloridkonsentrasjon i 20cm øvre jordlag i ulike avstander fra veien og ulike år (* resultater fra juni 2001). Tall med like bokstaver er ikke signifikant forskjellige på 5% nivå.

Kloridkonsentrasjon (mg/l jord)							
Tid	6- 16m	20- 28m	32- 44m	50- 60m	70- 80m	90- 100m	Middel
1998	81	49	69	76	116	63	75a
1999	66	45	41	80	109	54	62ab
2000	59	34	61	47	62	50	53ab
2001*	59	45	64	108	108	82	72a
2001	39	36	28	37	85	40	41b
Middel	61b	42b	53b	69ab	96a	58b	

Natrium viser generelt det samme spredningsmønsteret i 1999 som i 1998 i alle tre felt. Verdiene i de enkelte avstandene fra veien viser meget små endringer med unntak av felt 3 hvor verdiene har blitt noe lavere.

For klorid er det temmelig sammenfallende spredningsmønster for 1998 og 1999 i felt nr 1 men gjennomgående høyere verdier i stor avstand fra veien i 1999.

I felt nr 2 var verdiene i de fleste avstander noe redusert i 1999 men stabile eller forhøyet i avstanden 50- 80 m.

I felt 3 er verdiene generelt noe redusert i 1999, men det er også eksempler på økning i visse avstander. Fra 40m og utover har verdiene avtatt fra 1998.

Spredningsmønsteret for natrium viser altså minimale endringer fra 1998 til 1999. For klorid er hovedtrekkene i spredningsmønsteret opprettholdt men avvikene er større. Det er ingen systematiske tendenser til økning eller reduksjon i verdiene. Endringene fra 1998 er størst i felt 3 som var dårligst drenert av de tre feltene. I dette feltet er det sannsynlig at den nedbørrike høsten 1999(særlig september) kan ha ført til at klorid og delvis også natrium er vasket noe nedover i jordprofilet.

1.3.2.3 Skader på grantrær

Saltskadene på gran var omfattende i alle tre felt når undersøkelsene startet i 1998. Skadene opptrer alle tre steder i stor avstand fra veien, men fordelingen av skadde trær

er likevel ulik (figur 10). I felt 1 har skadeomfanget et maksimum 50- 60m fra veien, men store skader forekommer ut til 80m. Skadene er her overraskende moderate nærmest veien . Skadebildet korresponderer bra med kloridkonsentrasjonen i øvre jordlag. Døde trær forekommer i størst antall fra 40m og utover.

Skadebildet i felt 2 viser en sterkt avtagende tendens i stor avstand fra veien, men skadene er betydelige helt ut til ca 60m. Antallet døde trær er høyest ut til ca 35m. Skadene korresponderer dårlig med kloridnivåene i jord her ligger som ligger lavt nærmest veien. Årsaken til dette er kan være lokale forskjeller i kloridtransporten i det øverste jordlaget, noe som igjen kan skyldes forskjeller i jordbunnsforholdene. I felt 3 øker skadene med økende avstand fra veien og har her faktisk størst omfang i størst avstand fra veien (70- 80m) . Antallet døde trær forekommer imidlertid nokså jevnt i feltet. Heller ikke i felt 3 korresponderer skadene særlig godt med kloridnivåene i øvre jordlag.

Samlet sett korresponderer skadeomfanget nokså dårlig med både klorid- og natriumverdiene i øvre jordlag. Det var heller ikke mulig å finne noen god sammenheng mellom saltkonsentrasjonene i jordvann og skadeomfang innen feltene (1.4.2). Det er imidlertid helt klart dokumentert at det undersøkte området er sterkt saltekspontert og at dette har påvirket jordsmonn og skog i stor avstand fra veien. Overvåkningsmetodikken gir imidlertid ikke god nok oppløselighet til korrelere skogskadene i ulike avstander fra veien til målte saltkonsentrasjoner i jord og jordvann.

Utviklingen i skadeomfanget over tid var ulik for feltene (tabell 6). Ved registreringene i 1998 og 1999, var skadeomfanget nokså likt, men i 2000 og 2001 var skadene betydelig redusert i felt 3. For lettere å kunne se utviklingen i skadebildet er trær som allerede var døde ved første registrering utelatt i tabell . Tabellen viser enda tydelig reduksjon i skadeomfanget i felt 3. På en ekstra befarig 11.05.00 ble det observert påfallende lite skaderi dette feltet. Dette kan muligens forklares ved at en utbedring av veigrøftene på stedet har påvirket salttilførselen til jorda i dette feltet hvor dreneringen i utgangspunktet var dårlig. Grøftingen ble utført i slutten av november 1999. Det høye klorid- og natriuminnholdet som ble målt høsten 2000 svekker imidlertid denne antagelsen, men det er vanskelig å se noen annen forklaring. Skadene på trær som var levende nå overvåkingen har vært noenlunde konstante i felt 1 og 2, hvilket bekrefter at salteksposeringen har virket svært negativt til tross for mye nedbør. Granskogen i området er i dårlig forfatning og vil trolig få enda større problemer hvis det inntreer tørke kombinert med normalt saltforbruk.

Tabell 6 . Utvikling i skade hos gran i de ulike feltene i overvåkningsperioden.

Skadeomfang (0 – 9)			
	Felt 1	Felt 2	Felt 3
	(n= 125)	(n= 123)	(n= 121)
1998	3,8a	4,5a	3,7a
1999	4,5a	4,0a	3,7a
2000	4,4a	3,7ab	3,0b

2001	4,5a	4,2a	2,8b
------	------	------	------

n= antall trær

Tabell 7. Utvikling i skade hos gran i de ulike feltene i overvåkningsperioden. Trær som allerede var døde når registreringene startet er utelatt.

Skadeomfang (0 – 9)			
	Felt 1	Felt 2	Felt 3
	(n= 112)	(n= 92)	(n= 99)
1998	3,2a	3,0ab	2,5b
1999	3,9a	2,3b	2,5b
2000	3,9a	1,9b	1,7b
2001	3,9a	2,6b	1,5c

n= antall trær

For å illustrere utviklingen i skadebildet er gjennomsnittlig skade også beregnet spesielt for trær som hadde tydelige, men moderate skader i 1998, dvs. skadenivå 3. Hos trær med et slikt skadeomfang bør skadene kunne avta hvis salteksponeeringen reduseres, mens en forverring lett vil inntre hvis salteksponeeringen øker. Resultatene av de beregningene er vist i tabell og bekrefter den positive utviklingen i felt 3, mens tilstanden er noe forverret i felt 1.

Tabell 8. Utvikling i skadebildet hos gran med moderat skade (skadenivå 3) når overvåkingen startet.

Skadeomfang (0 – 9)			
	Felt 1	Felt 2	Felt 3
	(n= 61)	(n= 24)	(n= 34)
1998	3,0a	3,0a	3,0a
1999	3,7a	1,4b	2,8a
2000	3,7a	1,2b	1,7b
2001	3,7a	2,3ab	1,4b

n= antall trær

Antallet døde trær har økt betydelig i overvåkningsperioden, fra totalt 70 trær i 1998 til 114 trær i 2001. For de 70 trærne som ble registrert som døde i 1998 var effekter av

veisalting er den mest sannsynlige dødsårsaken. Av de 44 trærne som døde i løpet av overvåkningsperioden hadde 43 trær tydelige saltskader når registreringene startet, og effekter av veisalting må regnes som årsak til avgangen. Skogen på stedet er sterkt preget av døde trær (figur 8). Økningen i antall døde trær var stor i felt 1 men svært liten i felt 3. Samlet sett har utviklingen i skadebildet derfor vært negativ for felt 1 og positiv for felt 3.

Tabell 9 . Endring i antall døde trær i feltene i løpet av overvåkningsperioden.

Antall døde trær			
	Felt 1	Felt 2	Felt 3
1998	19	31	20
1999	33	36	27
2000	44	36	28
2001	48	38	28



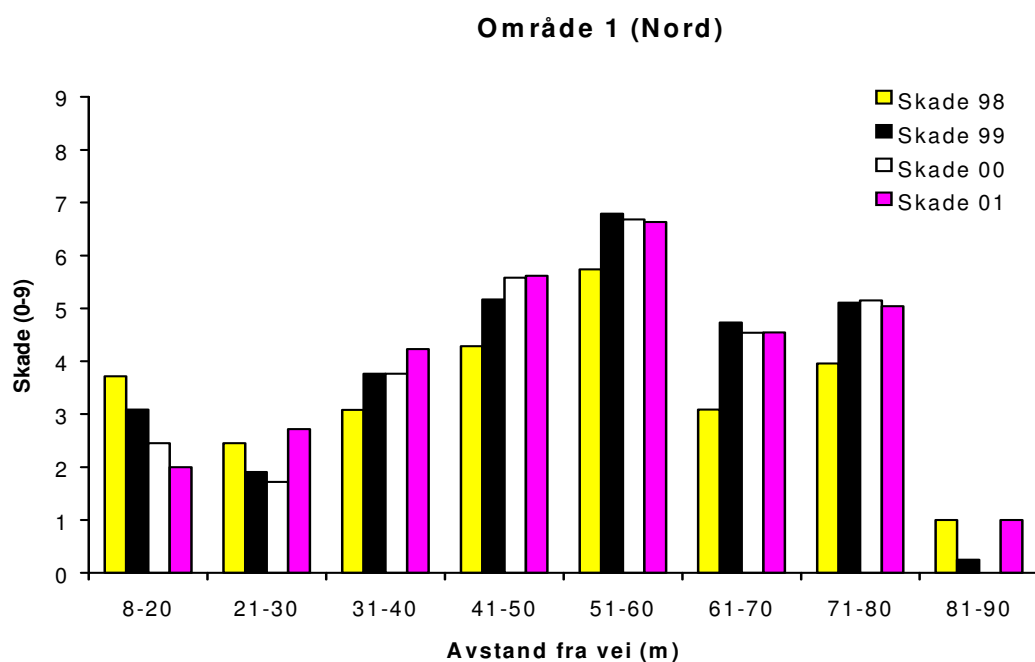
**Figur 7. Tydelig skadd gran ca 50 m fra veien i felt 1. Mai 2000.
Foto: Astrid Skrindo.**



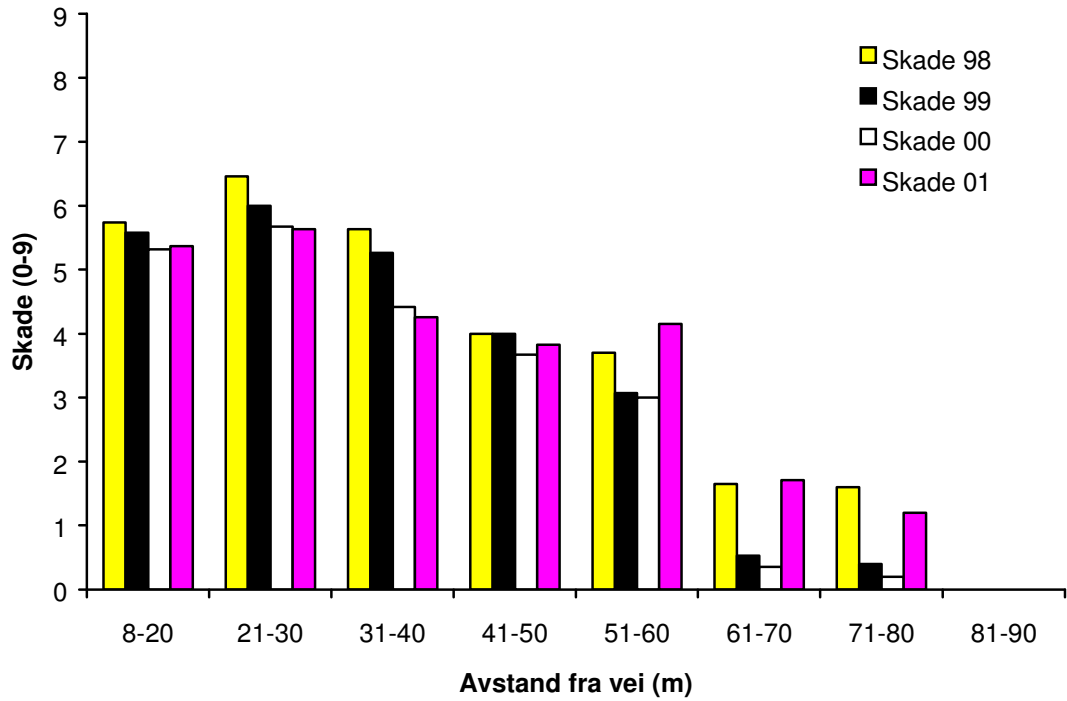
Figur 8. Et betydelig antall trær i det undersøkte området er døde, og velter etter hvert overende. Felt 2 ved E6, Stange, juni 2001. Det lyse røret er prøvebrønn nr 7. Foto: Per Anker Pedersen.



*Figur 9. Salttolerante planter dukker fra tid til annen opp langs veiene våre, men ikke ofte så langt inne i landet som Stange. Denne frodige strandkjempen (*Plantago maritima*) er fotografert noen hundre meter nord for felt 1 i juni 1993 med Magne Smeland som målestokk. Foto: Per Anker Pedersen.*

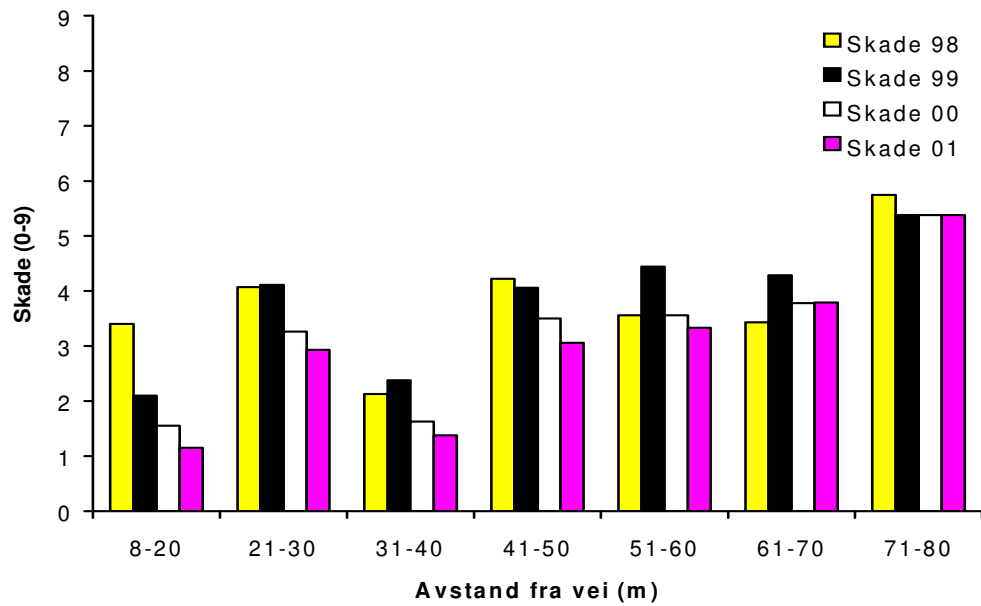


Område 2 (Midt)



Figurtekst finnes på neste side.

Område 3 (Sør)



Figur 10. Omfang av skader på gran i ulike avstander fra E6 i Stange og i ulike år. 0= ingen skade, 9= totalskadd.

1.4 Jordvann og plantetilgjengelig grunnvann

1.4.1 Metoder for registrering av saltinnhold i jordvann og plantetilgjengelig grunnvann

Undersøkellesområdet ligger i Nordvimarka, øst for E6 i Stange, Hedmark. I første halvdel av 1990-tallet ble det i dette området observert omfattende skader på granskogen tett inntil E6. Skadene framsto som uttørking. Det ble også registrert skader på deler av skogen i større avstand fra veien. Da Statens vegvesen fjernet vegetasjonen ut til ca 10 m fra veikant, ble skadeomfanget mindre synlig. Den negative utviklingen har imidlertid fortsatt i gjenværende skogbestand.

Siden skogskadene skjøt fart noen år etter at rutinemessig salting av E6 ble innført, var det grunn til å reise spørsmålet om det kunne foreligge en sammenheng mellom saltspredning og skadeutvikling på granskog.

Siden skadene i det aktuelle skogbestandet ikke var begrenset til veiens umiddelbare nærhet, ble det antatt at veisalt fulgte vannsaget i jord og dermed fikk et spredningsmønster ut i skogområdet. Mens vegetasjonen nær veien er eksponert for sprut og vindavdrift og skades som følge av saltbelegg, kan eventuelle skader i lengre avstand fra veien skyldes forhøyede saltkonsentrasjoner i jordvannet eller plantetilgjengelig grunnvann, slik det ble påvist i undersøkelser i perioden 1992-1995. For å avdekke og utdype eventuelle sammenhenger mellom veisaltning og skogskader i større avstander fra veien, ble undersøkelse av saltinnholdet i jordvann og plantetilgjengelig grunnvann lagt inn som en del av prosjektet.

Observasjonsbrønner

Det ble satt ned 5 observasjons- og prøvetakingsbrønner i undersøkelsesfeltet i juli 1998. Disse ble supplert med ytterligere 6 brønner 27. oktober 1998. Brønnene er etablert i 2 serier vinkelrett på E6 i avstander varierende fra 8 til 95 m fra veikant, jfr. skisse i figur 11. Senere i statusrapporten er brønnene 1 til 5 betegnet som *brønnserie nord* og brønn 6 til 11 som *brønnserie sør*.

Observasjonsbrønnene er satt ned til 3 - 4 m dybde. Ved boring var alle brønnene tørre, men etter få dager var det vann i de fleste. Vannivået i brønnene representerer et temporært grunnvannsmagasin som mates av vannsig fra overflaten. Brønnvannet kan betegnes som jordvann, overflatenært grunnvann eller plantetilgjengelig grunnvann.

Overvåking i brønner

Den rutinemessige overvåkingen gjennomføres av Statens vegvesen, Hamar vegstasjon, og omfatter følgende elementer:

- Måling av grunnvannsnivå i alle brønner 1 gang pr. måned.
- Prøvetaking av grunnvann i alle brønner hver 2. til 3. måned.

Vannprøvene er analysert for følgende parametere:

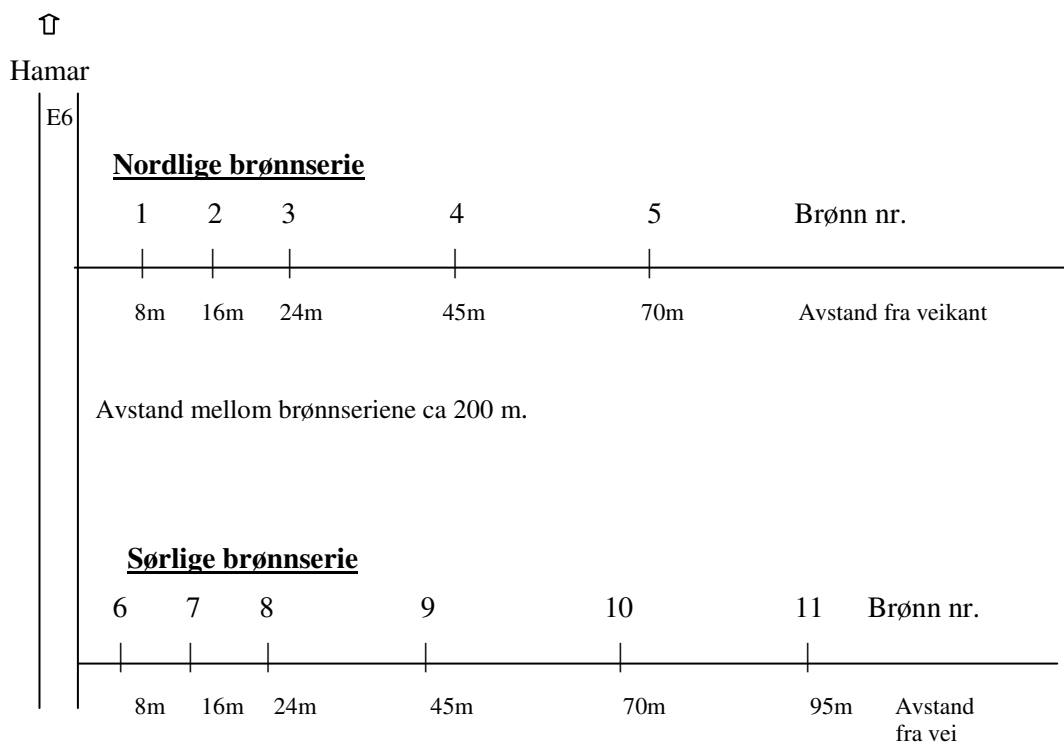
- pH
- Klorid (Cl)
- Natrium (Na)

Jordsmonnundersøkelse i brønnområdet

I juli 1998 ble det gravd et jordprofil ved brønn 3 (24 m fra veikant) i den nordlige brønnserien. I oktober 1998 ble det gravd opp ytterligere et jordprofil ved brønn 8 (24 m fra veikant) i den sørlige brønnserien. Profilgropene ble gravd ned til hhv. 0,8 og 0,9 m dybde. Planterøttenes tetthet og fordeling, jordas mekaniske sammensetning og profilets naturlige dreneringsgrad ble klassifisert iht. standard for jordprofilbeskrivelse. Det ble tatt jordprøver i de ulike profilsjiktene for kjemisk analyse. Analysene omfattet følgende parametere: pH, K-AL, Natrium, Klorid og ledningsevne.

Analyseresultatene viser at konsentrasjonen av både klorid og natrium øker noe med jorddybden.

Senere i prosjektet er undersøkelse av saltinnholdet i jord begrenset til overflatenære prøver, jfr. kap. 1.3.



Figur 11. Skisse over undersøkelsesområdet i Nordvimarka i Stange

1.4.2 Resultater fra den sesongvise undersøkelsen av vannivå og saltinnhold for jordvann/grunnvann

Nivået i miljøbrønnene uttrykkes som avstand fra terrengoverflaten. Måleresultatene viser på hvilket dyp i jordprofilet det til enhver tid er tilnærmet metning av jordvann/grunnvann. Vannet som nivåmåles og prøvetas er vann i bevegelse fra

overflaten og nedover i profilet. Avhengig av jordsmonnets sammensetning, kan strømningsgradienten ha både en vertikal og horisontal komponent.

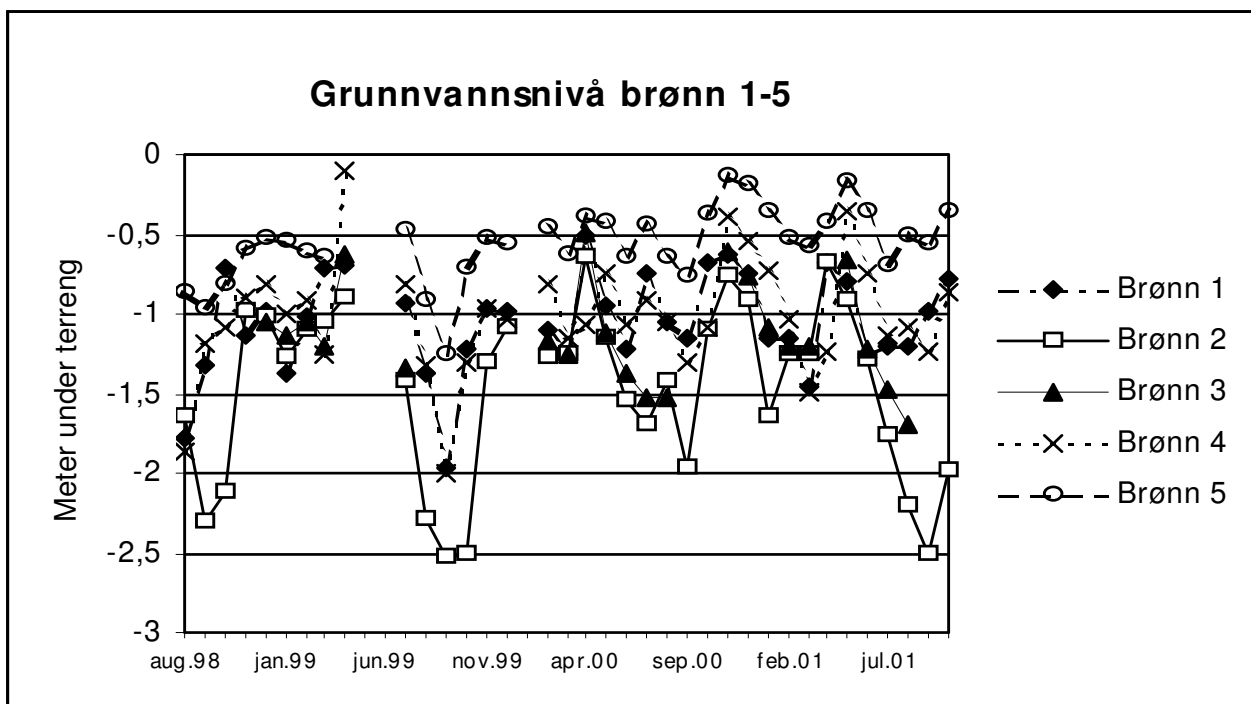
1.4.2.1 Nivåmålinger i brønner

Hensikten med måling av vannets nivå i brønnrørene er å finne tidspunkter på året hvor det temporære grunnvannet eller jordvannet ligger i nivåer hvor det er tilgjengelig for planterøttene. Hvis dette tidspunktet er sammenfallende med perioder hvor vannets saltkonsentrasjon er høy, og samtidig sammenfallende med perioder hvor plantenes vannopptak er stort, kan vegetasjonens salttoleranse bli overskredet.

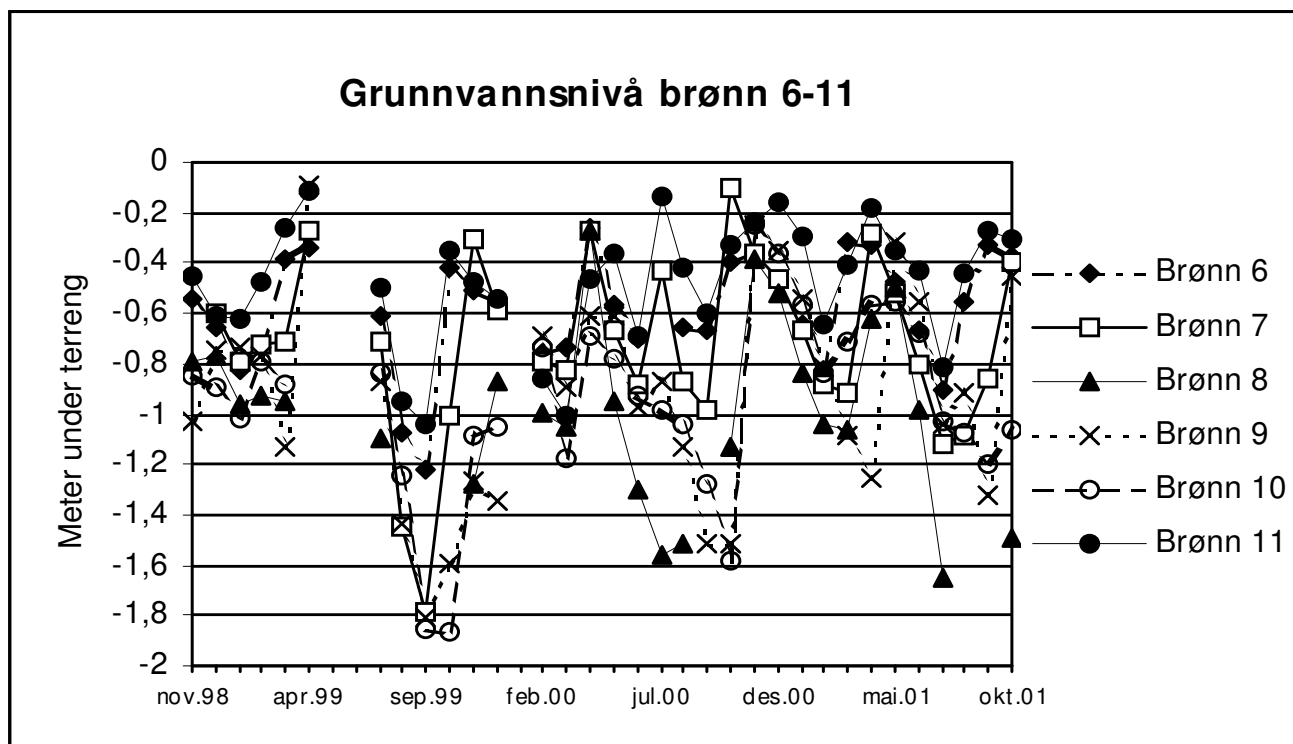
Måleresultatene viser at grunnvannsnivået generelt ligger lavt tidlig høst og sen vinter, mens det ligger høyt (nær overflaten) tidlig vår og sen høst. Det er særlig perioder med høyt nivå om våren som er av interesse for å forklare saltskader på vegetasjon. Nivåstigningen sent på høsten er av mindre interesse fordi plantenes vannopptak er svært lavt på den tiden av året.

Måleresultatene fra Stange viser at nivået i brønnene gjennomgående har vært fra 0,2 til 1,0 m under terreng i april-mai i alle årene målinger har blitt utført. Undersøkelser av vegetasjonens rotutvikling i området viste at planterøttene er sterkest konsentrert i dybder på 0,2 til 0,4 m under overflaten, men at enkelte røtter når ned til 0,8 m dybde (Røhr 1996). Med andre ord har jordvannet/grunnvannet som undersøkes i dette prosjektet i noen grad vært tilgjengelig for plantene hver vår i prosjektperioden.

Nivåvariasjonene følger i hovedsak samme mønster i alle brønnene. Minst nivåvariasjon er det i brønnene lengst unna veien, dvs. brønn 5 som ligger 70 m fra veikant og brønn 11 som ligger 95 m fra veikant.



Figur 12. Nivåmålinger jordvann/grunnvann i brønn 1 - 5 i perioden august 1998 til oktober 2001.



Figur 13. Nivåmålinger jordvann/grunnvann i brønn 6 - 11 i perioden november 1998 til oktober 2001.

1.4.2.2 Saltkonsentrasjoner i jordvann/grunnvann

Det tas inntil 6 serier med vannprøver hvert år fordelt på månedene februar, april, mai, juli, september og desember. Vannprøvene analyseres på følgende parametere: pH, klorid (Cl) og natrium (Na). Analyseresultatene er presentert i figurene 14 – 17.

Kloridkonsentrasjoner

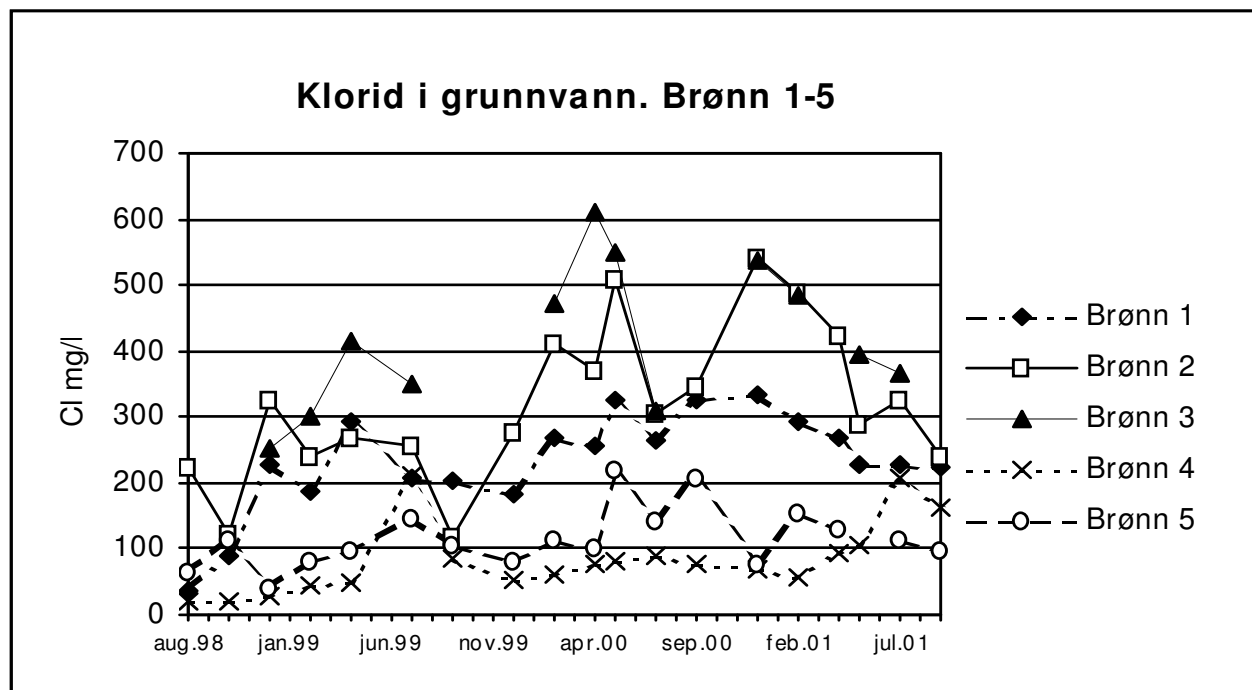
For klorid er analyseresultatene relativt sprikende både mht. konsentrasjonsnivåer og variasjonsmønster over året. For nordlige serie er det brønner nær veien, brønn 2 og 3, hhv. 16 og 24 m fra vei, som har de høyeste konsentrasjonene av klorid. I den sørlige brønnserien er det imidlertid brønn 9 og 10, hhv. 45 og 70 m fra vei, som har høyest innhold av klorid.

Den høyeste kloridkonsentrasjonen i prosjektperioden er målt 14 april 2000 i brønn 3. Brønn 3 har gjennomgående høye kloridkonsentrasjoner. Brønnen er tørr på ettersommeren og tidlig høst hvert år. Årsaken er at filteret er satt relativt høyt i profilet slik at grunnvannsnivået i perioder av året blir liggende dypere enn filteret. Brønnfilteret for brønn 3 ligger i den sonen som veksler mellom å være vannmettet og umettet. Dette er også den sonen i jordprofilet som har størst konsentrasjon av planterøtter. . Selv om det er mange brudd i måleseriene både for nivå og

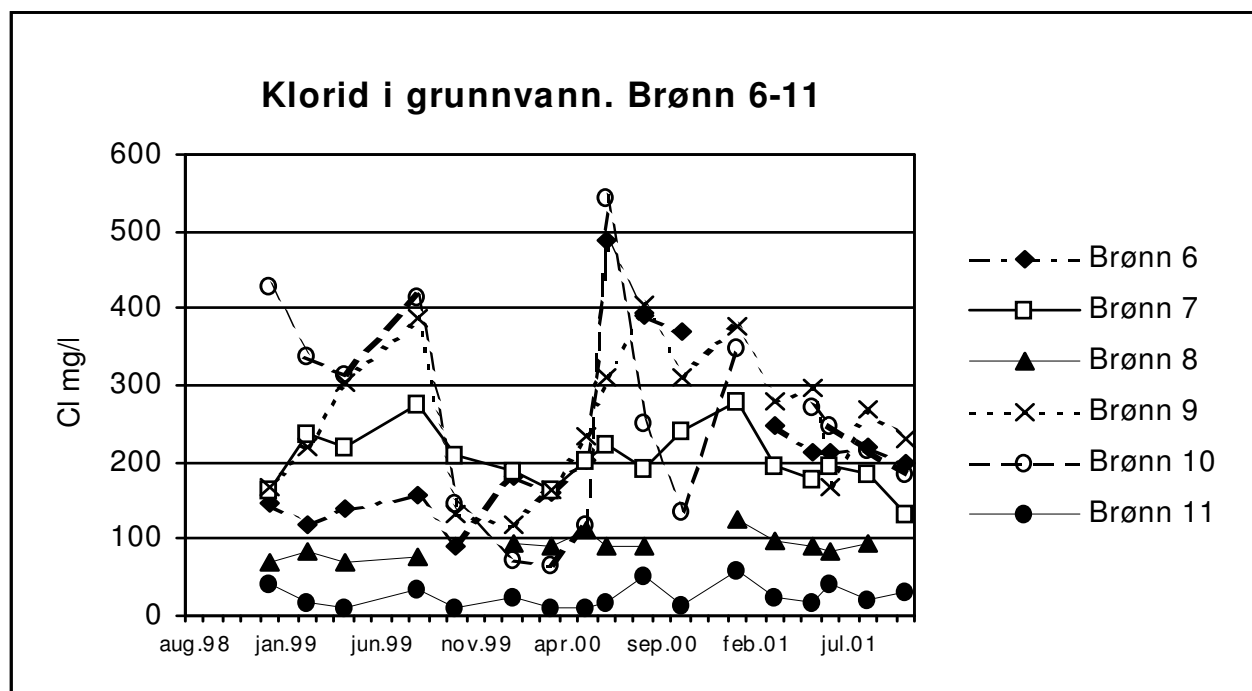
saltkonsentrasjoner, er brønn 3 likevel den mest representative mht. planterøttens opptak av veisalt, samtidig som det er brønnen med de høyest målte kloridkonsentrasjoner.

Gjennomgående trekk for brønnvannet i undersøkelsesområdet er at kloridkonsentrasjonen er størst i en årstid hvor grunnvannsnivået ligger nær terrengoverflaten, nærmere bestemt tidlig vår. Videre viser analyseresultatene at i alle brønnene i nordlige brønnserie var kloridkonsentrasjonen våren 2000 høyere enn våren 1999, for så å avta svakt våren 2001. I brønnserie sør har noen brønner hatt en markert konsentrasjonsøkning fra 1999 til 2000, mens andre har vært stabile.

Alle 3 somrene i prosjektperioden har vært nedbørrike. Siden klorid er svært mobilt, har nedvaskingen/utvaskingen av klorid vært effektiv gjennom hele prosjektperioden. Hittil i prosjektperioden har det manglet en tørkeperiode. I den foregående prosjektperioden var det lange tørre perioder sommerstid, hvor anlysysedata fra jordvann visrte kapillær vanntransport opp i profilet, samtidig som salt i jord og jordvann i liten grad ble vasket ut av sommernedbør.



Figur 14. Kloridkonsentrasjoner i brønn 1 - 5 i perioden august 1998 til oktober 2001.

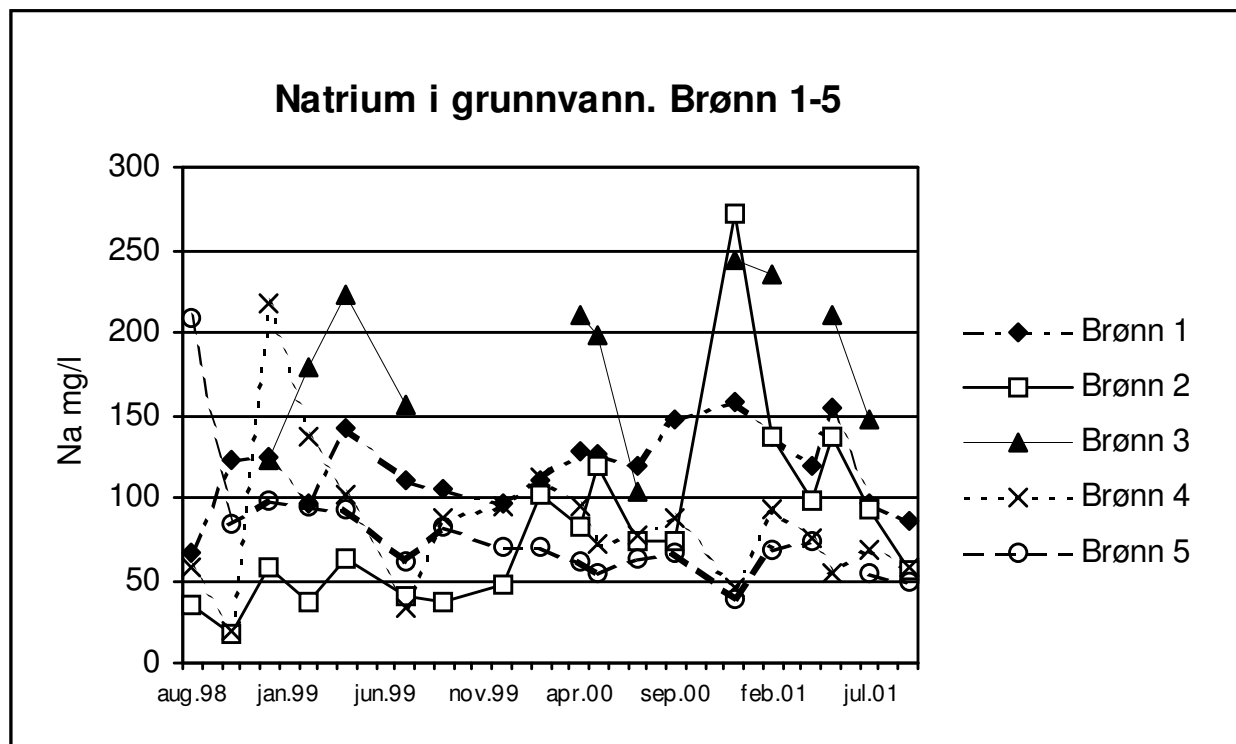


Figur 15. Kloridkonsentrasjoner i brønn 6 - 11 i perioden desember 1998 til okt. 2001.

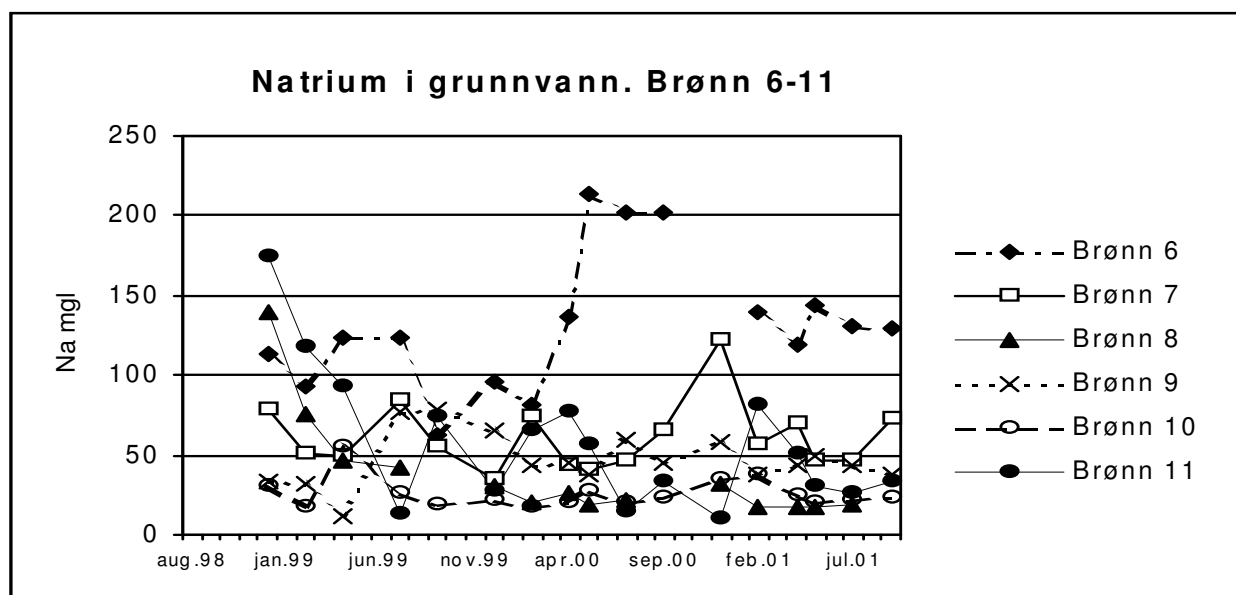
Natriumkonsentrasjoner

Analyseresultatene viser at konsentrasjonen av natrium er mer stabil enn tilfellet er for klorid. Noe av årsaken er at natrium bindes lettere i jord. Variasjonsmønsteret i tid er ikke så entydig som tilfellet er for klorid. For enkelte brønner, særlig brønn 3 og 6, er imidlertid natriumkonsentrasjonen tidvis meget høy også i plantenes vekstperiode.

Sammenlignes kurvene for natrium med kurvene for klorid, er det tydelig at variasjonsmønsteret er relativt likt, men at natriumkonsentrasjonene gjennomgående ligger betydelig lavere enn tilfellet er for klorid. Dette er i god overensstemmelse med stoffenes ulike betingelser for mobilitet.



Figur 16. Natriumkonsentrasjoner i brønn 1 - 5 i perioden august 1998 til okt. 2001.



Figur 17. Natriumkonsentrasjoner i brønn 6 - 11 i perioden desember 1998 til oktober 2001.

1.4.3 Utviklingstrekk for saltinnhold i plantetilgjengelig grunnvann i perioden 1998 – 2001. Diskusjon.

Undersøkellesområdet i Stange har vært i drift gjennom 3 veisaltningssesonger. Dette er for kort periode til å trekke bastante konklusjoner.

Det har vært unormalt mye nedbør i hele prosjektperioden, noe som har gitt stor grad av fortykning i jordvannet og gode forhold for utvasking av salt fra jordsmonnet. Samtidig har mye nedbør sommer og høst ført til høytstående grunnvann, og dermed skapt betingelser for vannopptak fra saltholdig jordvann/grunnvann.

Ved å legge utelukkende vannnivåer og saltkonsentrasjoner til grunn, kan det likevel fastslås at betingelsene for vegetasjonsskader er styrket fra 1999 til 2000.

Hovedårsaken til dette er høyere saltkonsentrasjoner (særlig klorid) i 2000, samtidig som grunnvannsnivået har ligget høyt i en periode med stort vannopptak. Fra 2000 til 2001 synes det ikke å ha vært noen vesentlig utvikling i saltkonsentrasjonene. Dette kan skyldes den markerte nedgangen i saltforbruket på E6 i sesongen 2000/2001 i forhold til sesongen foran..

Siden det ikke foreligger noen detaljert oversikt over jordvannets horisontale strømning (nivå, retning og hastighet), er det heller ikke mulig å se noe klart eller logisk spredningsmønster for salt utover i veiens sideterreng. En sannsynlig årsak til at det er målt svært varierende saltkonsentrasjoner i ulike avstander fra veikant, er at noen brønnfiltre står relativt høyt i profilet og fanger opp saltpåvirket jordvann, mens andre brønnfiltre ligger i en dybde hvor veisaltet er fortynnet.

Del 2 - Grunnvann og overvann

2.1 Grunnvann

2.1.1 Delmål

Følge utviklingen i saltkonsentrasjon i grunnvann for å framskaffe dokumentasjon om langsiktige utviklingstrekk. Styrke vurderingsgrunnlaget mht. langsiktige konsekvenser av veisalting i forhold til utnyttelse av grunnvann til vannforsyning.

2.1.2 Innledning

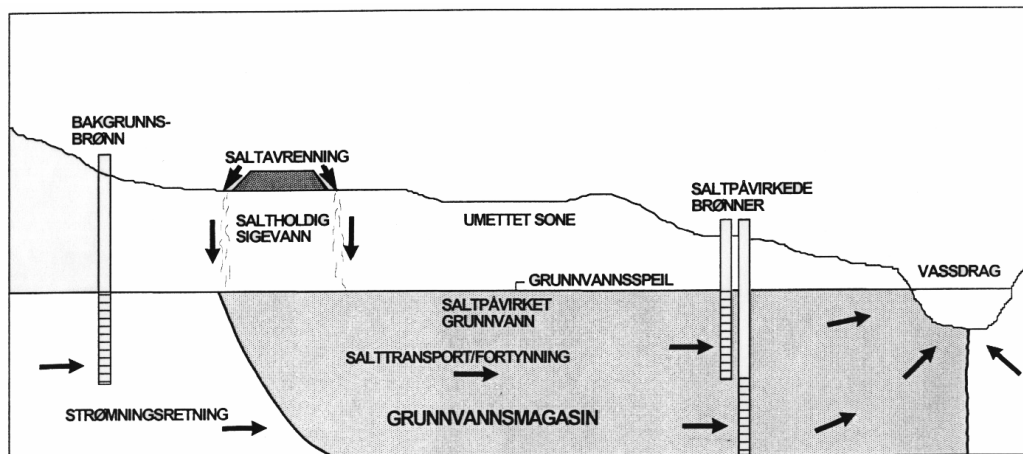
Vegdirektoratets "Saltprosjekt 1992-95" (MITRA rapport nr 05/96), viste at det var behov for å dokumentere langsiktige effekter av veisalting i spesielt dype store grunnvannsmagasiner og i områder med dyp umettet sone (stor dybde til grunnvannet). Målingene ble derfor videreført på E18 Helleland (Rogaland), Rv2 Matrand (Hedmark) og E6 Hovinmoen (Akershus). Alle de nevnte stasjoner var i bruk under "Saltprosjektet". Foruten å representere store grunnvannsmagasiner har områdene ulikt klima. Stasjonene på Østlandet (Matrand/Hovinmoen) dekker to svært ulike hydrogeologiske situasjoner. På Hovinmoen er det dyp umettet sone som er typisk for bl.a. Gardermoenområdet, mens Matrand representerer en typisk Østlandssituasjon. Helleland har samme type grunnvannsmagasin som Matrand, men klimaet er svært ulikt. Det er ingen utnyttelse av grunnvannet til vannforsyning på de nevnte steder i dag.

2.1.3 Undersøkelser og gjennomføring

Undersøkelsene startet høsten 1998 og omfattet måling av grunnvannskvalitet (uttak av vannprøver) og registrering av saltforbruk. I undersøkelsen ble de samme installasjonene som var på stasjonene ved forrige saltundersøkelse, benyttet.

Det er prøvetatt 4-5 brønner ved hver stasjon 4 ganger pr år. Prøvetakingen er utført av personell fra Vegvesenet lokalt etter en fastsatt prosedyre. Det er utnevnt en fast driftsoperatør for hver målestasjon. Vannprøvene er sendt fortløpende til laboratorie for analyse. Løpende registrering av saltforbruk er også utført av Vegvesenet.

Veisaltet løses fullstendig i vann og i områder med selvdrenerende grunn (sand/grus) vil mesteparten av overvannet fra veien infiltrere (sige ned) i grunnen og påvirke grunnvannets kvalitet (figur18).



Figur 18. Prinsippkisse som viser saltavrenning til grunnvann, strømning og brønner for vannprøvetaking.

2.1.4 Resultater

Registrert saltforbruk i perioden 1998 – 2001 er sammenstilt i tabell 10. Gjennomsnittlig saltkonsentrasjon i grunnvannet for perioden 1998 – 2001 er sammenholdt med målingene for perioden 1992 – 1995 i tabell 11. Resultatene er nærmere vurdert i de etterfølgende beskrivelser for hver målestasjon.

Tabell 10. Registrert saltforbruk pr sesong ved målestasjoner for grunnvann.

Målestasjon	1998/1999 tonn/km	1999/2000 tonn/km	2000/2001 tonn/km
Hovinmoen	23	-	6
Matrand	14	21	6
Helleland	5	3	4

Tabell 11. Sammenstilling av data for grunnvannskvalitet (gjennomsnitt) for periodene 1992-95 og 1998-2001.

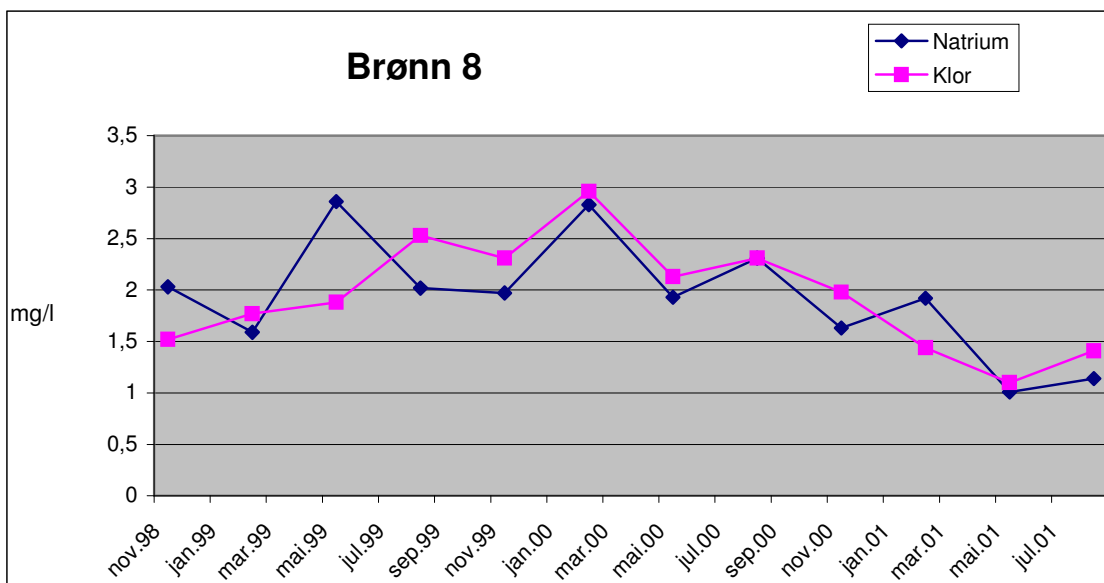
Målestasjon	Natrium, mg/l		Klorid, mg/l	
	1992-1995	1998-2001	1992-1995	1998-2001
Hovinmoen:				
Brønn 8 (bakgrunn)	2	2	2	2
Brønn 9a (påvirket)	10	70	116	207
Matrand:				
Brønn 3 (bakgrunn)	4	5	11	16
Brønn 13 (påvirket)	38	31	57	63
Brønn 14 (påvirket)	29	19	51	35
Brønn 15 (påvirket)	23	18	31	54
Gj.snitt – påvirket	30	23	46	51
Helleland:				
Brønn1 (bakgrunn)	7	5	16	11
Brønn 11a (påvirket)	11	24	23	41
Brønn 11b (påvirket)	19	16	37	28
Gj.snitt – påvirket	15	20	30	34

2.1.4.1 Hovinmoen

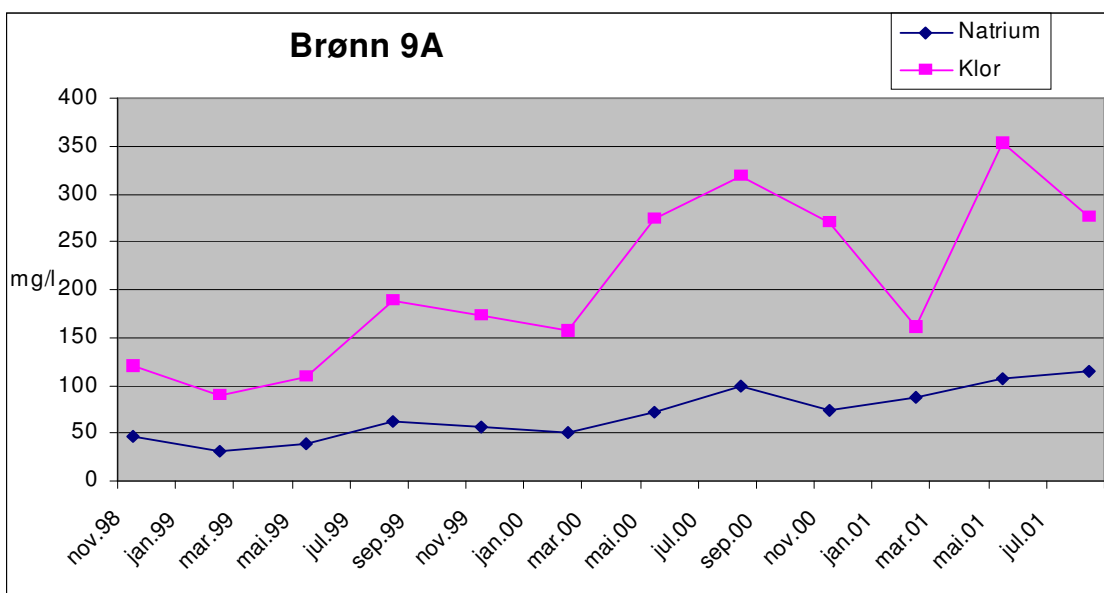
I inneværende periode (1998-2001) varierte saltforbruket fra 6 til 23 tonn/km (tab.10). I foregående periode (1992-95) varierte saltforbruket fra 10 til 19 tonn/km.

Hovinmoen har en spesiell grunnvannssituasjon med stor umettet sone (stor dybde til grunnvannet - ca 12 m). Overvåkingen har vist en klar økning i saltkonsentrasjonen i grunnvannet i både foregående og inneværende periode. Fra første til andre periode økte gjennomsnittlig natriumkonsentrasjon med 600 % (60 mg/l) og kloridkonsentrasjonen økte med 78% (91 mg/l). Det er en tendens til jevnt økende saltkonsentrasjon i hele inneværende periode (figur 20). Ser man på endringen fra start til slutt i inneværende periode økte natriumkonsentrasjonen fra 46 mg/l til 114 mg/l og kloridkonsentrasjonen økte fra 121 mg/l til 276 mg/l. Bakgrunnsverdiene har vært stabile og ligger på samme nivå i de to periodene (figur 19).

Det påpekes at brønn 9A på Hovinmoen ligger nær veien og representerer det overflatenære og mest saltpåvirkede grunnvannet. Stor dybde til grunnvannet medfører en stor forsinkelse og utjevning i transporten av salt ned til grunnvannet i forhold til tidspunktet for saltning og variasjon i saltforbruket. Deler av natriumet bindes i løsmassene i den umettede sonen. Etter hvert som bindingskapasiteten brukes opp over tid, vil en økende andel av natriumet transporteres ned til grunnvannet. Dette er en medvirkende årsak til økende natriumkonsentrasjon.



Figur 19. Grunnvannskvalitet Hovinmoen 1998 - 2001. Brønn 8, bakgrunnsnivå.



Figur 20. Grunnvannskvalitet Hovinmoen 1998 - 2001. Brønn 9A – saltpåvirket grunnvann

2.1.4.2 Matrand

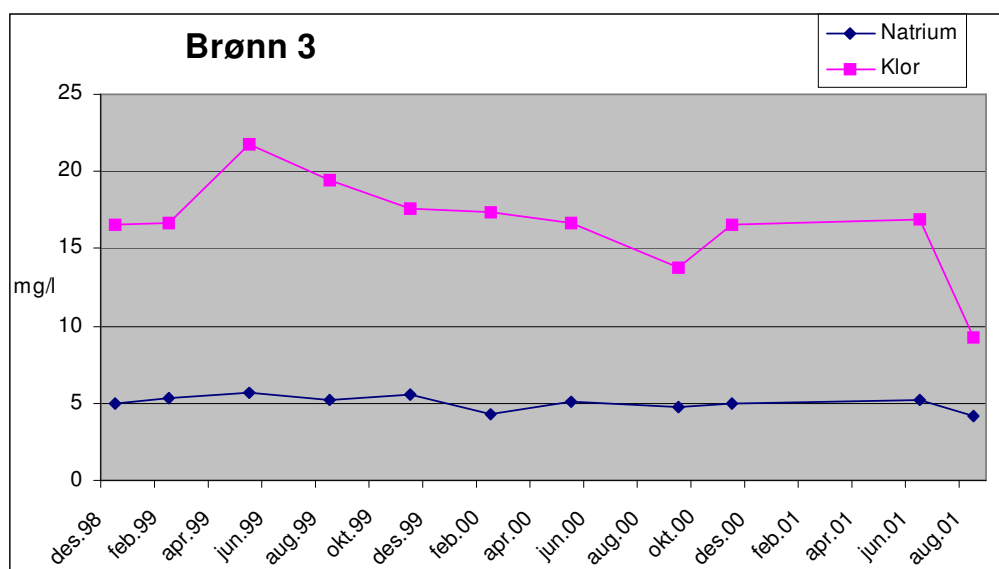
Saltforbruket ved Matrand lå i perioden 1992 – 1995 på mellom 8 og 11 tonn/km og med et gjennomsnitt på 9,5 tonn/km. I inneværende periode varierte forbruket mellom 6 og 21 tonn/km og med et gjennomsnitt på 14 tonn/km.

På Matrand er bakgrunnsverdiene tilnærmet på samme nivå i de to periodene (tabell 11 og figur 21). Noe variasjon i grunnvannskvaliteten vil det være (spesielt klorid) siden bakgrunnsbrønnen ligger på dyrket mark og derfor påvirkes av jordbruksdriften. Brønnene 13, 14 og 15 er saltpåvirket og står på samme sted, ca 75 m fra veien, med vanninntak i økende dybde i grunnvannsmagasinet henholdsvis 2 m, 8 m og 15 m under grunnvannsnivået.

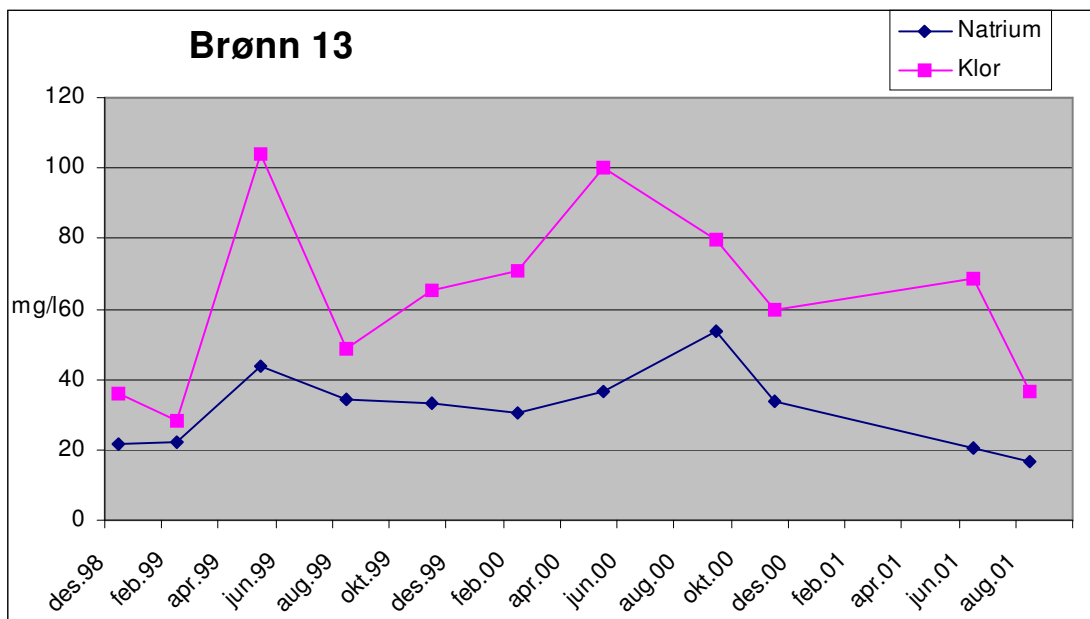
Brønn 13 har hatt tilnærmet samme middelværdi i begge periodene (tab.11). Saltkonsentrasjonen har sesongmessige variasjoner uten at det fremtrer noen generell utviklingstendens over tid (fig.22).

I dypereliggende grunnvann (brønn 14) var det gjennomgående lavere midlere saltkonsentrasjon i inneværende periode sammenlignet med foregående periode. Kloridkonsentrasjonen har med unntak av sesongmessige variasjoner, hatt en generelt nedadgående tendens i begge periodene (fig.23). Natriumkonsentrasjonen i brønn 14 ligger i gjennomsnitt lavere i inneværende periode.

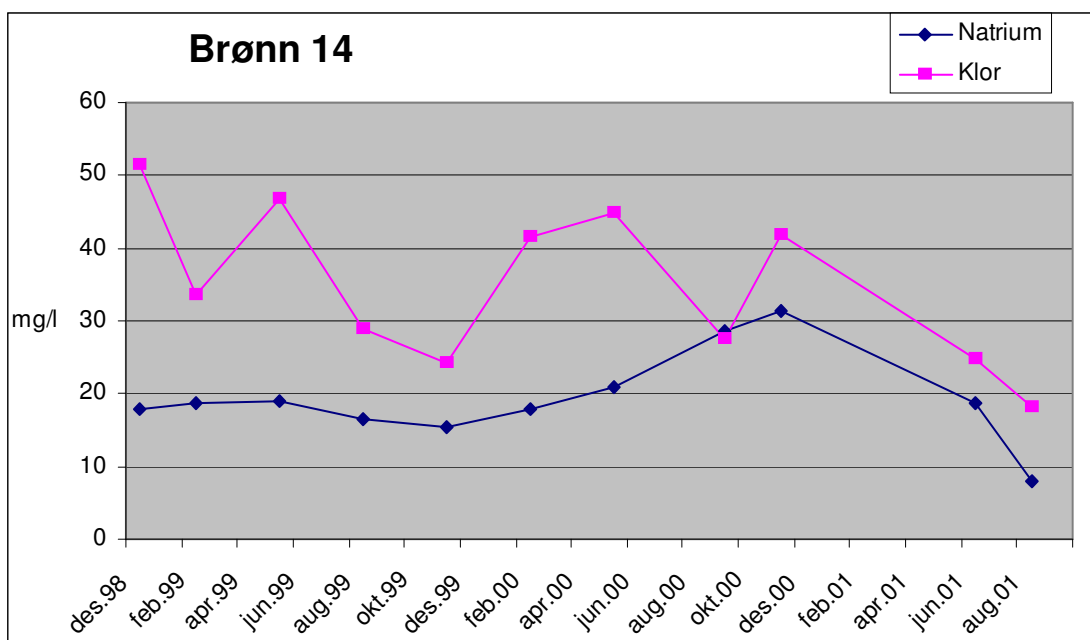
I brønn 15 lå natriumkonsentrasjonen på tilnærmet samme nivå i de 2 periodene. Kloridkonsentrasjonen hadde derimot en klar økning fra første til andre periode. I inneværende periode hadde klorid en generelt økende tendens (fig. 24). Den samme tendensen registreres også for natrium. En økning i kloridkonsentrasjonen over tid i dypereliggende grunnvann, er også påvist i utenlandske undersøkelser. Ser man de saltpåvirkede brønnene under ett, har det vært en nedgang i natriumkonsentrasjonen, mens kloridkonsentrasjonen har økt i de to periodene. Summen av natrium og klorid lå på samme nivå i de to periodene.



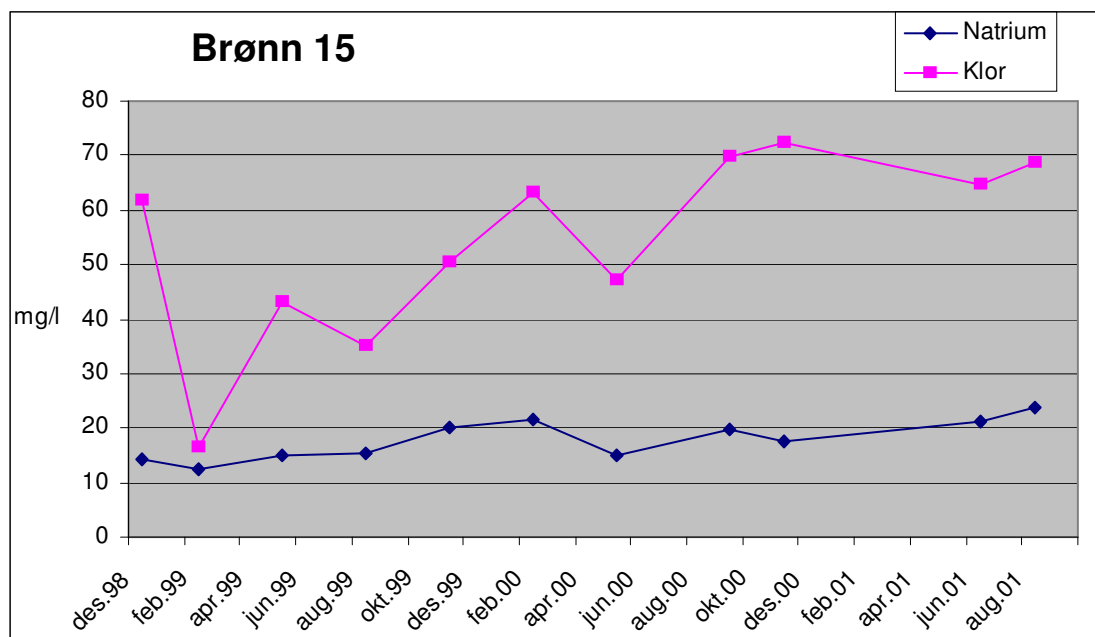
Figur 21. Grunnvannskvalitet Matrand 1998 - 2000. Brønn 3 – bakgrunn.



Figur 22. Grunnvannskvalitet – Matrand 1998 - 2000. Brønn 13 - saltpåvirket



Figur 23. Grunnvannskvalitet – Matrand 1998- 2000. Brønn 14 – saltpåvirket.

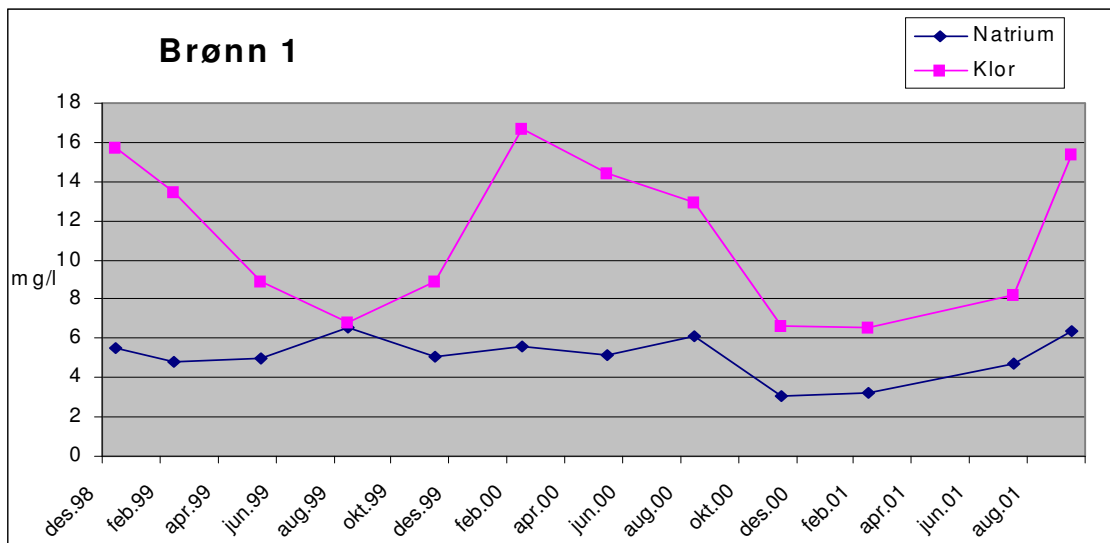


Figur 24. Grunnvannskvalitet – Matrand 1998 - 2000. Brønn 15 – saltpåvirket.

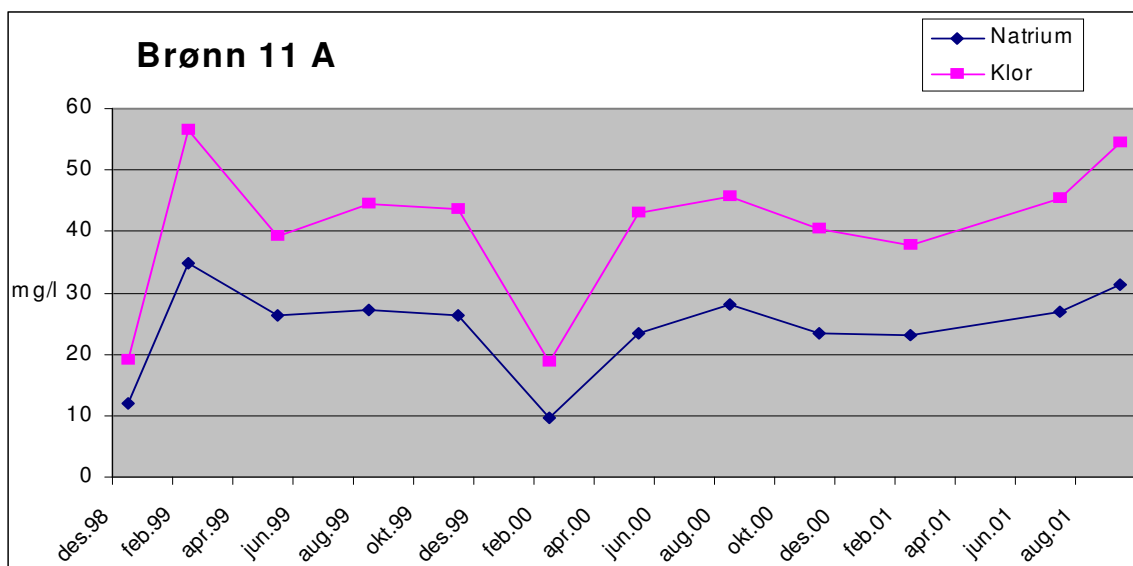
2.1.4.3 Helleland

I inneværende periode har saltforbruket variert mellom 3 og 5 tonn/km. I foregående periode varierte saltforbruket fra 9 til 14,5 tonn/km.

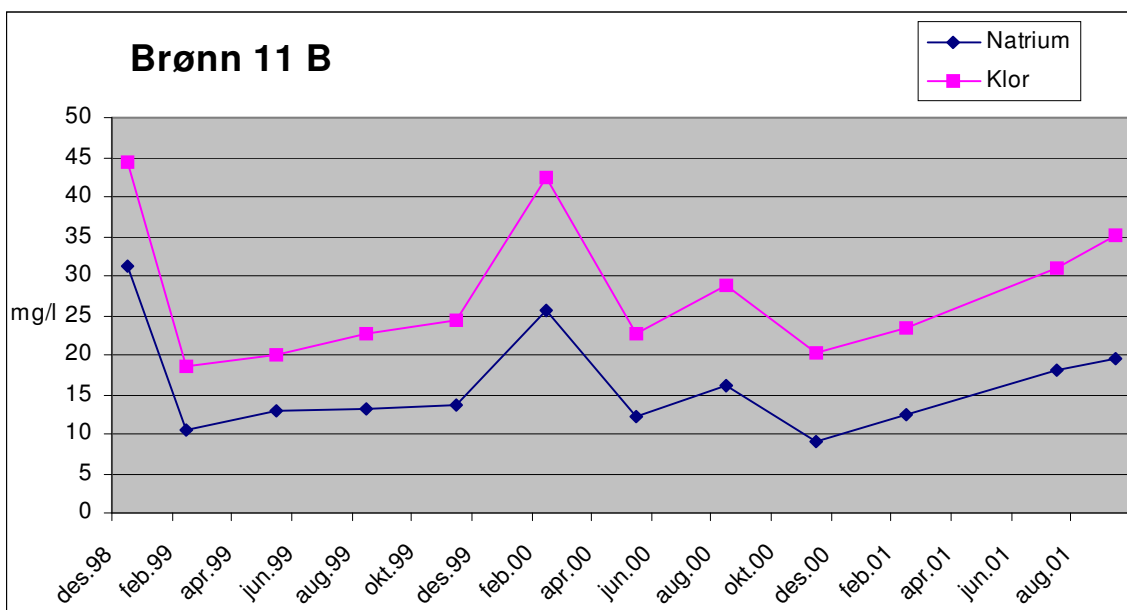
På Helleland har gjennomsnittlig bakgrunnskonsentrasjon ligget noe lavere i inneværende periode enn i foregående periode (tab.11, fig. 25). Konsentrasjonen varierer imidlertid en del over tid og dette har sammenheng med områdets nærhet til kysten (saltnedfall via luft) og beliggenheten på dyrket mark. Brønnene 11A og 11B er saltpåvirket og står på samme sted ca 130 m fra veien, med vanninntak henholdsvis 5 m og 12 m under grunnvannsnivået (figur 26 og 27). Midlere saltkonsentrasjon i brønn 11A er dobbelt så høy i inneværende periode sammenlignet med foregående periode (fig. 26). I brønn 11B har konsentrasjonen gått noe ned og mest for klorid (fig.27). Totalt sett har saltkonsentrasjonen (Na+Cl) i påvirket grunnvann i gjennomsnitt økt med 10 mg/l tilsvarende 20 % økning i løpet av de to periodene. At saltkonsentrasjonen har økt mens saltforbruket har gått ned, kan bl.a. ha sammenheng med forsinkelsen i vannkvalitetsutvikling i grunnvannsmagasinet (lav strømningshastighet) i forhold til tidspunktet for endring i saltforbruket.



Figur 25. Grunnvannskvalitet Helleland 1998 - 2000. Brønn 1 – bakgrunn.



Figur 26. Grunnvannskvalitet Helleland 1998 - 2000. Brønn 11A – saltpåvirket.



Figur 27. Grunnvannskvalitet Helleland 1998-2000. Brønn 11B – saltpåvirket.

2.1.5 Oppsummering

Målestasjonene Hovinmoen og Helleland hadde en økning i saltkonsentrasjonen i grunnvannet i løpet av de to måleperiodene (1992-1995 og 1998-2001). Saltforbruket på Hovinmoen lå omtrent på samme nivå i de to periodene. På Helleland var saltforbruket betydelig lavere i siste periode. På Matrand lå saltkonsentrasjonen i grunnvannet totalt sett på samme nivå i de to periodene. Saltforbruket lå en del høyere i siste periode. Resultatene viser at det innenfor de tidsavgrensede periodene, ikke er noen direkte sammenheng mellom utviklingen i vannkvalitet og saltforbruk. En viktig faktor i dette er at endringer i saltforbruk generelt vil ha en tidsmessig forsinket virkning på grunnvannskvaliteten p.g.a. grunnvannets lave strømningshastighet. Undersøkelsene viser at grunnvannet påvirkes av veisalt i hele grunnvannsmagasinet dybde.

2.2 Overvann

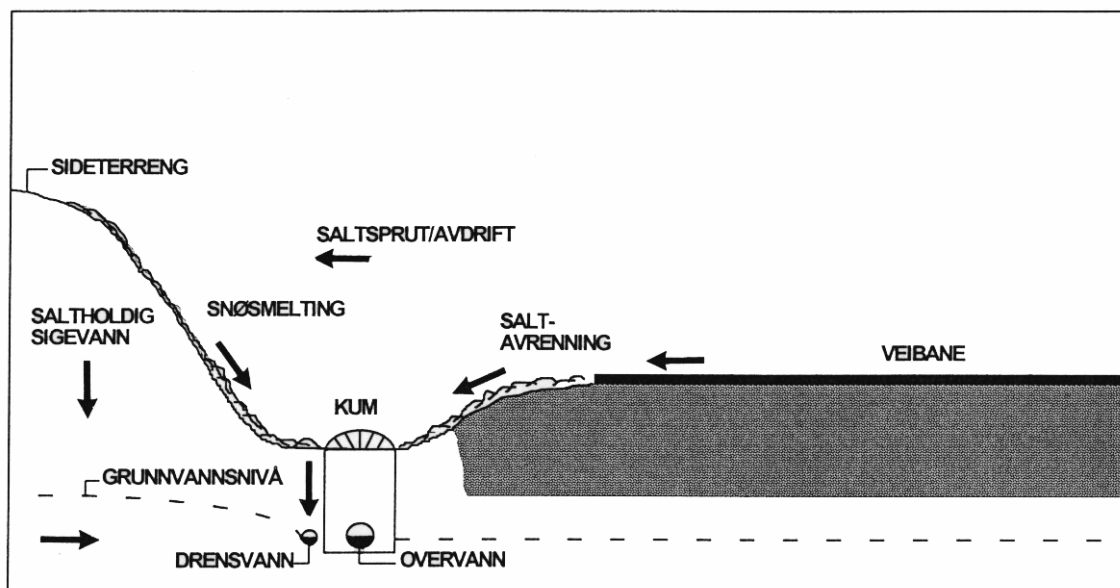
2.2.1 Innledning

Måling av saltkonsentrasjon og salttransport i overvannet gir direkte informasjon om den saltbelastningen som vassdrag utsettes for. I "Saltprosjektet 1992-95" ble overvannsmålingene utført på E6 Korsegården i Ås (Akershus). I forbindelse med videre utbygging av E6 i området, ble denne stasjonen fjernet. En ny overvannsstasjon ble satt i drift på ny E18 Gutu i nordre Vestfold i 1995 (4-felts vei) og saltmålingene ble overført dit med målestart i 1998. En veistrekning på 560 m har avrenning til målestasjonen.

2.2.2 Undersøkelser og gjennomføring

Undersøkelsen omfattet måling av vannmengde, uttak av vannprøver og registrering av saltforbruk. Vegkontoret i Vestfold har stått for alle målinger og registreringer etter en fast prosedyre. Vannføringen måles kontinuerlig som liter/sekund. Avhengig av vannføringen tas det automatisk ut delvannprøver til en samledunk (blandprøve). Det tas ut en delprøve fra dunken en gang hver andre uke som sendes til laboratorie for analyse av saltinnhold. Blandprøven representerer en gjennomsnittsprøve for to-ukers perioden. Med utgangspunkt i data om vannføring og saltkonsentrasjoner kan transporten av salt fra veien og til vassdrag beregnes.

Generelt renner saltholdig overvann av fra veien til overvannssystemet (fig. 28). Veisalt som avsettes på sideterreng (sprut/avdrift) vil delvis transporteres ned i jorda og delvis renne av på overflaten til overvannssystemet. Saltholdig sigevann forventes å bli fanget opp av dreneringen langs veien. Saltet som ikke fanges opp i overvanns-/drenssystemet spres diffust og vil følge den naturlige avrenningen til vassdrag



Figur 28. Prinsippkisse som viser avrenning av saltholdig overvannet for parsell med fire felt på E18 Gutu (Vestfold).

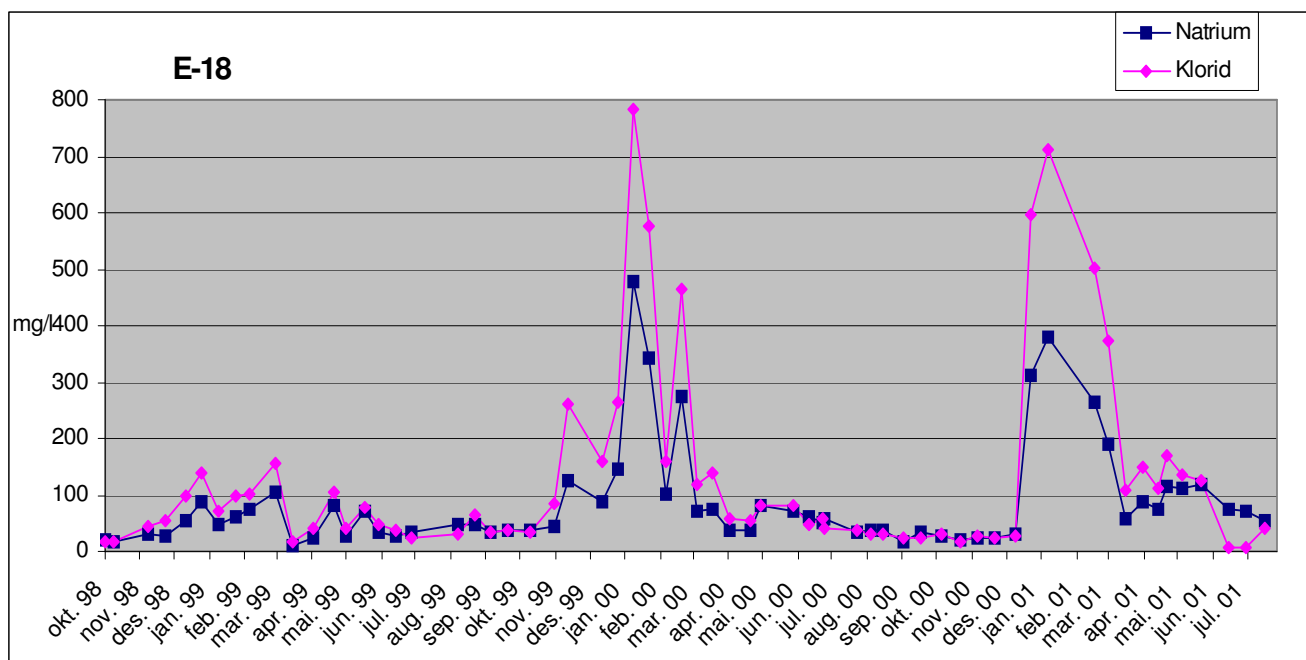
2.2.3 Resultater

Saltforbruket i sesongen 1998/1999 var 14 tonn og i sesongen 2000/2001 11 tonn innenfor avrenningsfeltet (560 m vei). Registreringene i 1999/2000 var mangelfulle.

De løpende målingene av saltkonsentrasjon i overvannet er sammenstilt i figur 29.

Gjennomsnittlig saltkonsentrasjon pr år samt årlig salttransport er sammenstilt i tabell 12. Saltkonsentrasjonen hadde en svak økning på vinteren 1998/1999. I de etterfølgende vintrene var effekten av veisaltingen i form av forhøyede saltkonsentrasjoner svært tydelig. Høyeste målte konsentrasjon for klorid var 800 mg/l og for natrium 500 mg/l. Gjennomsnittlig natriumkonsentrasjon pr år varierte fra 30 mg/l til 56 mg/l. For klorid lå variasjonen mellom 43 mg/l og 77 mg/l. Bakgrunnskonsentrasjonen i overvannet før veien ble åpnet lå på 8 mg/l for både natrium og klorid.

Salttransporten (med overvannet) fra veistrekningen var i 1998/99 1.800 kg/år og i 2000/2001 2.700 kg/år. Dette utgjorde henholdsvis 13 % og 25 % av saltforbruket. Målingene på E6 Korsegården i perioden 1993 – 1997 viste at årlig salttransport via overvannet til vassdrag, utgjorde 20 – 46 % av årlig tilført saltmengde på veien. Saltavrenningen fra E18 Gutu har således vært en del lavere.



Figur 29. Saltkonsentrasjon i overvannet fra E 18 Gutu i Vestfold 1998 - 2001.

Tabell 12. Saltkonsentrasjon og salttransport for årene 1998 – 2001, E18 Gutu.

År	Na, mg/l	Cl, mg/l	Salttransport, kg/år
*1998/1999	30	43	1800
*1999/2000	56	77	1100
**2000/2001	41	55	2700

* 12 mnd (okt.-okt.) ** 10 mnd. (okt.-aug.)

2.2.4 Oppsummering

Målingene i de to periodene viste en klar saltpåvirkning i overvannet. Saltkonsentrasjonen i overvannet var i gjennomsnitt pr år 5 – 8 ganger høyere enn bakgrunnskonsentrasjonen. I vintersesongen var saltkonsentrasjonen i overvannet langt høyere. Andelen av saltforbruket som ble påvist i overvannet varierte mye fra sted til sted og over tid. På E18 Gutu utgjorde dette 13-25 % og E6 Korsegården 20-46 % pr år. Klima, saltforbruk, grunnforhold og veianleggets utforming er faktorer som påvirker dette. Saltet som ikke fanges opp i overvannssystemet spres diffust og vil følge den naturlige avrenningen til vassdrag.

Utslippet av salt i overvann vurderes nå å være godt dokumentert og det foreslås at undersøkelsen på E18 Gutu avsluttes. Det foreslås at overvannsundersøkelsene heretter dreies over mot saltutslippets biologiske og vannkvalitetsmessige effekter i vassdrag. Arbeidet bør starte med en sammenstilling av foreliggende dokumentasjon om saltpåvirkning i vassdrag etterfulgt av utarbeidelse av et undersøkelsesopplegg.

Litteratur

Fostad, O. & P.A. Pedersen, 1997. Absorption, distribution, and dose response patterns in *Picea abies* (L.)Karst. and *Pinus sylvestris* L. exposed to soil- applied sodium chloride. In: O. Fostad: Roadside vegetation- growth problems, causes of decline, and variation among and between some species. Dr. Scient. Theses 1997: 19. Department of Horticulture and Crop Sciences, Agricultural University of Norway.

Pedersen, 1991. Effekter av vegsalting på jord og vegetasjon langs veier i Hedmark og Akershus årene 1991. Prosjektrapport for Vegdirektoratet. 24 s.

Pedersen, P.A. & O. Fostad, 1996. Effekter av veisalting på jord, vann og vegetasjon. Hovedrapport del I. Undersøkelser av jord og vegetasjon. Statens Vegvesen, MITRA nr. 01/96. 65 pp.

Røhr, P.K. 1993. Salting av veier- virkninger for grunnvannet. Litteraturoversikt. Rapport nr. 1/93. Forskningsparken i Ås. 23s.

Åstebøl, S.O., Pedersen, P.A., Røhr, P.K., Fostad, O. & Soldal, O., 1996: Effekter av veisalting på jord, vann og vegetasjon. Sammendragsrapport. Statens vegvesen, MITRA nr 05/96.

Åstebøl, S.O. & Soldal, O., 1996: Effekter av veisalting på jord, vann og vegetasjon. Hovedrapport del III: Undersøkelser av overvann/drensvann og grunnvann. Statens vegvesen, MITRA nr 03/96.

Åstebøl, S.O., 1998: Veiavrenning og vannforurensning. Salt- og partikkelavrenning fra E6 Korsegården i Akershus i 1996/97.