



Statens vegvesen

Salt SMART

Estimering av gjennomsnittlig saltfluks fra veg til vannforekomst

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2589



Dato: 2010-03-26



Statens vegvesen

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2589

Tittel

**Salt SMART
Estimering av gjennomsnittlig saltfluks fra veg til vannforekomst**

Utarbeidet av

Bioforsk Jord og miljø ved prosjektleder Nils-Otto Kitterød, Stein Turtumøygard, Paul Andreas Aakerøy og Ståle Haaland.

Dato:

2010-03-26

Saksbehandler

Kjersti Wike

Prosjektnr:

601945

Kontrollert av

Jørn Arntsen og Kjersti Wike

Antall sider og vedlegg:

115

Sammendrag

Rapporten er skrevet på oppdrag for Statens vegvesen. Rapporten er i sin helhet skrevet av Bioforsk.

Enkel metodikk for saltbalanseberegninger er utviklet på oppdrag fra Statens Vegvesen gjennom SaltSMART prosjektet. Metoden er basert på vannbalanseberegninger, digitale terrengkart samt geografisk informasjon om gjennomsnittlig forbruk av vegsalt. Hensikten med metoden er å estimere stasjonær vannbalanse, saltbalanse og saltkonsentrasjon for en hvilken som helst vannforekomst i Norge. Beregningene gir også estimat på romlig fordelt stasjonær saltfluks langs randa på vannforekomstene. Fordi metoden er basert på landsomfattende informasjon kan metoden benyttes for å identifisere mulige utsatte vannforekomster før eventuelle fysiske målinger blir utført. I denne rapporten er metodikken testet for seks innsjøer i Norge og resultatene av beregningene er sammenlignet med uavhengige feltobservasjoner. For fem av seks innsjøer er det rimelig godt samsvar mellom målte kloridkonsentrasjoner (på 1 m dyp) og estimert stasjonær kloridkonsentrasjon. Estimert romlig variasjon av saltinnstrømningen langs randa på innsjøene indikerer risiko for tetthetsjiktning i innsjøene. I tillegg til risikokartlegging kan metodikken brukes for å estimere grensebetingelser for hydrodynamiske strømningberegninger og for å evaluere mulige tiltak for å begrense forurensningsbelastningen.

Summary

The report is financed by the Norwegian Public Roads Administration. The report is written by Bioforsk (Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research).

A simple methodology for salt balance is developed financed by Norwegian Public Roads Administration through the Salt SMART-project. The method is based on water balance, digital terrain maps and geographic information about average consumption of road salt for one year. The purpose of the method is to estimate stationary water balance, salt balance and salt concentration in any water body in Norway. The calculations also gives estimates of spatial distribution stationary salt flux along the boundary on the water body. Because the method is based on nationwide information, the method can be used to identify possible exposed water bodies before potential physical measurements are done. In this report, the method is tested for six lakes in Norway and the results of the estimations are compared with independent field observations. Five out of six lakes are in reasonable accordance with field observations (in 1 m depth) and estimated stationary chloride concentration. Estimated spatial variation of salt influx along the boundary of the lake indicates risk of salt gradients in the lakes. In addition to risk mapping, the method can be used for estimating boundary conditions for hydrodynamic flux estimations and for evaluating possible actions for reducing pollution load.

Emneord:

Road salt, water balance, pollution, lake, digital terrain map.



Hovedkontor
Frederik A. Dahls vei 20,
1432 Ås
Tel.: 03 246
Fax: 63 0092 10
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø
Frederik A. Dahls vei 20
1432 Ås
Tlf: 03 246
Faks: 63 00 94 10
jord@bioforsk.no

Tittel:

Estimering av gjennomsnittlig saltfluks fra veg til vannforekomst

Forfattere:

Nils-Otto Kitterød, Stein Turtumøygard, Paul Andreas Aakerøy og Ståle Haaland

<i>Dato:</i> 16.03.2010	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr.:</i> 2110669	<i>Arkiv nr.:</i> -
<i>Rapport nr.:</i> 5(50) 2010	<i>ISBN-13 nr.:</i> 978-82-17-00632-9	<i>Antall sider:</i> 107 s inkl. vedlegg	<i>Antall vedlegg:</i> 2 vedlegg

<i>Oppdragsgiver:</i> Statens Vegvesen	<i>Kontaktperson:</i> Kjersti Wike og Jørn Arntsen
---	---

Stikkord:

Vegsalt, vannbalanse, forurensning, innsjø, digitale terrengkart.

Fagområde:

Hydrologi

Oppsummering:

Enkel metodikk for saltbalanseberegninger er utviklet på oppdrag fra Statens Vegvesen gjennom SaltSMART prosjektet. Metoden er basert på vannbalanseberegninger, digitale terrengkart samt geografisk informasjon om gjennomsnittlig forbruk av vegsalt. Hensikten med metoden er å estimere stasjonær vannbalanse, saltbalanse og saltkonsentrasjon for en hvilken som helst vannforekomst i Norge. Beregningene gir også estimat på romlig fordelt stasjonær saltfluks langs randa på vannforekomstene. Fordi metoden er basert på landsomfattende informasjon kan metoden benyttes for å identifisere mulige utsatte vannforekomster før eventuelle fysiske målinger blir utført. I denne rapporten er metodikken testet for seks innsjøer i Norge og resultatene av beregningene er sammenlignet med uavhengige feltobservasjoner. For fem av seks innsjøer er det rimelig godt samsvar mellom målte kloridkonsentrasjoner (på 1 m dyp) og estimert stasjonær kloridkonsentrasjon. Estimert romlig variasjon av saltinnstrømningen langs randa på innsjøene indikerer risiko for tetthetssjiktning i innsjøene. I tillegg til risikokartlegging kan metodikken brukes for å estimere grensebetingelser for hydrodynamiske strømningsberegninger og for å evaluere mulige tiltak for å begrense forurensningsbelastningen.

Godkjent

Per Stålnacke, Forskningsjef

Nils-Otto Kitterød, prosjektleder

Forord

Resultatene som presenteres i denne rapporten er en del av forsknings- og utviklingsprosjektet SaltSMART som Statens vegvesen har startet for å kartlegge og redusere miljøskader fra vegsalting. Bioforsk Jord og miljø har fått i oppdrag å utvikle metodikk som kan brukes for å identifisere utsatte vannforekomster. Vi benytter begrepet vannforekomst i denne rapporten fordi metodikken er generell og kan anvendes på ulike typer vannressurser. En vannforekomst kan med andre ord være en innsjø, et vannmagasin, et våtmarksområde, en elvestrekning eller et grunnvannsreservoar.

I Norge er innsjøer en viktig ferskvannsressurs og målinger av vannkvaliteten er tilgjengelig for en rekke norske innsjøer. I denne rapporten har vi derfor kun brukt målinger fra innsjøer for å teste beregningsmetodikken. Alle feltobservasjonene vi har brukt i denne rapporten, er utført av Norsk institutt for vannforskning (Bækken og Haugen, 2006). De viktigste datakildene i massebalanse beregningene er gjennomsnittlig saltforbruk i perioden 2005 til 2008, digitale kart for normalavrenningen i perioden 1961-1990 samt digitale terreng kart. Tallmateriale for saltforbruket har vi fått fra Statens vegvesen, mens avrenningskart og terrenginformasjon har vi bestilt fra Hydrologisk avdeling i Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Vi benytter denne anledningen til å takke kollegaer i Vegvesenet, NIVA og NVE for god service.

Ås, 16.03.2010

Nils-Otto Kitterød

Innhold

1.	Sammendrag og konklusjoner	7
2.	Innledning.....	9
3.	Materiale og metode	11
3.1	Digitalt avrenningskart	11
3.2	Digitalt hellingskart.....	11
3.3	Vannforekomstene	12
3.4	Gjennomsnittlig forbruk av vegsalt	12
3.5	Beregningsmetoden.....	12
3.5.1	Gridding	13
3.5.2	Indeksring av randa	13
3.5.3	Algoritme for beregning av nedbørsfelt.....	14
3.5.4	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse for hele vannforekomsten	14
3.5.5	Usikkerheten i gjennomsnittlige stasjonære konsentrasjoner.....	15
3.5.6	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa til vannforekomsten	15
4.	Resultater.....	16
4.1	Gjersjøen (297).....	16
4.2	Kolbotntjernet (5537)	16
4.3	Nordbytjernet (4228).....	17
4.4	Tussetjernet (5611).....	17
4.5	Steinsrudtjernet (5320)	17
4.6	Råtjernet (144423).....	17
4.7	Oppsummering	18
5.	Diskusjon.....	20
5.1	Grunnvannsspeilet	20
5.2	Gjersjøen (297).....	20
5.3	Kolbotntjernet (5537)	21
5.4	Nordbytjernet (4228).....	22
5.5	Tussetjernet (5611).....	22
5.6	Steinsrudtjernet (5320)	23
5.7	Råtjernet (144423).....	23
5.8	Oppsummering	23
5.9	Hva er viktigst, variasjoner i tid eller rom?.....	25
5.10	Menneskelig aktivitet eller naturlige prosesser?	25
6.	Konklusjoner og anbefalinger.....	27
7.	Referanser	28
8.	Vedlegg 1: Figurer	
9.	Vedlegg 2: Tabeller	

1. Sammendrag og konklusjoner

På oppdrag fra Statens Vegvesen har Bioforsk Jord og miljø, implementert metodikk for saltbalanseberegninger. Arbeidet er gjort i regi av forsknings og utviklingsprosjektet SaltSMART. Hovedmålet i SaltSMART er å "... redusere bruken av salt samtidig som man opprettholder god fremkommelighet og trafiksikkerhet gjennom vinteren" (Statens Vegvesen, 2009). For å oppnå dette målet må sårbare vannforekomster identifiseres og miljøkonsekvensene av dagens driftspraksis estimeres. Et ledd i dette karakteriseringsarbeidet er utviklingen av metodikken som er beskrevet i denne rapporten.

Det har vært et viktig anliggende for Vegvesenet at metodikken skal være generell, enkel å gjennomføre, etterprøvbart og basert mest mulig på offentlig tilgjengelige databaser. At metoden skal være generell betyr i denne sammenhengen at beregningene skal være mulig å gjennomføre for en hvilken som helst innsjø i Norge. Dette kravet forutsetter landsomfattende kontinuerlig romlig informasjon. Kontinuerlig informasjon i rommet innebærer i praksis en eller annen form for diskretisering. I dette prosjektet er beregningene basert på såkalt gridda informasjon, dvs. at kontinuerlig informasjon beskrives i et rutenett med en konstant verdi for hver rute. I denne rapporten er størrelsen på rutene ($dx \times dy$) like ($dx = dy = 25 \text{ m}$) for alle feltene. Metodikken er imidlertid generell og lengden på dx og dy kan for eksempel endres som en funksjon av størrelsen på feltet som skal beregnes. Prinsippet om gridda informasjon betyr at beregningene blir enkle å utføre så fort datamaterialet foreligger med mest mulig hensiktsmessig oppløsning. Usikkerheten blir imidlertid en ufravikelig del av metodikken fordi kontinuerlig informasjon i rommet forutsetter interpolering av observasjoner. Så lenge usikkerheten kvantifiseres, er den i prinsippet håndterbar. Samtidig er det viktig å framholde at usikkerheten gradvis vil bli mindre ettersom kvaliteten på observasjoner og interpoleringer forbedres.

I dag gjøres mer og mer av slike kontinuerlige digitale kart tilgjengelig for offentligheten gjennom internett. Det har derfor vært en utfordring i dette prosjektet å etablere prosedyrer som kan ta i bruk oppdatert informasjon fra offentlige datakilder. Kravet om at beregningene skal være enkle å gjennomføre, er med andre ord tilfredstilt så fort informasjonen som trengs, foreligger i gridda form. I dette prosjektet har vi implementert algoritmer for enkle beregninger av massebalansen. Den eneste utfordringen er å avgrense dreneringsområdet til gridd-rutene langs randa til vannforekomsten.

Prinsippet om at metodikken skal være etterprøvbart, innebærer ikke bare at enhver som er interessert, skal kunne gjøre de samme beregningene og komme fram til samme svar. Det innebærer også at beregningene bør gi rimelige verdier i forhold til fysiske observasjoner. I denne rapporten er resultatene av beregningene sammenlignet med observasjoner av kloridkonsentrasjonen. Kloridkonsentrasjonen avhenger imidlertid av to uavhengige variabler som begge inneholder usikkerheter, nemlig vannføringen Q og gjennomsnittlig forbruk av vegsalt M_f . Kloridkonsentrasjonen $C = M_f/Q$, avhenger med andre ord både av usikkerheten i gjennomsnittlig vannføring og gjennomsnittlig massefluks av salt. Prinsippet om etterprøvbart (eller målbarhet), betyr med andre ord at usikkerheten i beregningene skal være kvantifiserbar. Så langt i utviklingsarbeidet, er dette prinsippet i varetatt på enklest mulig måte, nemlig ved å estimere standardavviket i konsentrasjonsberegningene ut fra kvalitative opplysninger om usikkerheten. Kvantifisering av usikkerheten er imidlertid et felt hvor det lønner seg å gjøre mer. Førre var prinsippet innebærer at dersom usikkerheten er ukjent, må man lage handlingsregler som forutsetter at usikkerheten er stor. I praksis betyr dette at usikkerheten ofte blir overestimert. Bedre metoder for å begrense usikkerheten er med andre ord ensbetydende med reduserte kostnader.

Beregningsmetoden som er presentert i denne rapporten går i korthet ut på å kombinere digitale kart for avrenning, terrengdata med romlig informasjon om gjennomsnittlig forbruk av vegsalt. Hensikten er å estimere stasjonær vannbalanse, saltbalanse og saltkonsentrasjon for en hvilken som helst vannforekomst i Norge. Vi bruker begrepet *stasjonær* i denne rapporten for å understreke at variablene i beregningene (klima, terreng og saltforbruk), ikke endres i tiden (eng. *steady state*). Dette er selvsagt en forenkling av virkeligheten, men det er til gjengjeld den tilstanden som inneholder mest informasjon om systemet man studerer. I første omgang er det viktigere å estimere variasjoner i rommet enn variasjoner i tid. Derfor har vi implementert metodikk for beregning av romlig fordelt stasjonær saltfluks langs randa på vannforekomstene. Fordi metoden er basert på landsomfattende informasjon, kan beregningene benyttes for å identifisere mulige utsatte vannforekomster før fysiske målinger blir utført. Metodikken har foreløpig kun blitt testet mot målinger i seks innsjøer i Norge. Så langt viser resultatene brukbar overensstemmelse mellom beregninger og fysiske målinger av kloridkonsentrasjoner. For fem av seks utvalgte innsjøer lå målte kloridkonsentrasjoner på 1 m dyp rimelig nær de estimerte stasjonære verdiene. Hvis vi bruker grove anslag for usikkerheten i datagrunnlaget (spesifikk normal avrenning og romlig fordelt saltforbruk), kan vi se at målingene på 1 m dyp for fem av seks innsjøer ligger innenfor et grovt anslått konfidensinterall på ± 0.95 av de estimerte stasjonære kloridkonsentrasjonene.

Vi har foreslått tre ulike kriterier for sannsynlig tetthetssjiktning i innsjøene som følge av vegsalt: (i) forholdet mellom areal og omkrets på innsjøen (A/O), (ii) maksimum stasjonær kloridkonsentrasjon langs randa på innsjøen, og (iii) gjennomsnittlig saltkonsentrasjon i den bekken som er mest saltførende. Tanken er at desto større A/O, desto mer utsatt er innsjøen for vindkrefter. I områder med høyt forbruk av vegsalt men liten avrenning, kan konsentrasjonen av salt bli meget høy. I slike områder kan saltet synke ned mot bunnen av vannet uten at det blir blandet inn i øvre vannmasser. Dette er ideen bak det andre kriteriet. Det tredje kriteriet tar utgangspunkt i den bekken som transporterer mest salt inn i vannforekomsten. Dersom gjennomsnittlig saltkonsentrasjon er høy i forhold til gjennomsnittlig saltkonsentrasjon i vannforekomsten, er det fare for at bekkevannet strømmer ned i dypere vannlag og ikke blandes inn i overflaten. Disse tre kriteriene ble sammenlignet med observert kloridkonsentrasjon i overflatevann og bunnvann for seks utvalgte innsjøer i Norge. Resultatet viser at desto større arealet er i forhold til omkretsen, desto mindre er sannsynligheten for tetthetssjiktning. Observasjonene tyder også på at desto høyere saltkonsentrasjon er langs randa, desto større er faren for tetthetssjiktning. Det samme gjelder det tredje kriteriet, desto større forskjellen er mellom saltkonsentrasjon i bekken og innsjøen, desto større er sannsynligheten for tetthetssjiktning. Fordi små innsjøer er mer sårbare enn store, og fordi sesongvariasjoner kan være mer kritisk for de mest sårbare innsjøene, anbefaler vi at massebalanseberegningene utvides til også å omfatte sesongvariasjoner.

Så langt er sammenligninger mellom observasjoner og massebalanseberegninger kun gjennomført for seks innsjøer. Dette er ikke tilstrekkelig for å avgjøre om de kriteriene vi har foreslått, er tilstrekkelige for å identifisere utsatte innsjøer. Vi anbefaler derfor at tilsvarende beregninger blir gjennomført for flere av de vannforekomstene som er observert etter at metodikk for sesongvariasjoner er implementert.

2. Innledning

Økt vegtransport og strenge krav til trafiksikkerhet innebærer bruk av avisningskjemikalier vinterstid i Norge. Vegsalt (NaCl) er et hensiktsmessig kjemikalium til dette formålet, og i små konsentrasjoner er vegsalt relativt harmløst for miljøet (Færøvig, 2006; Amundsen m.fl., 2008). I utsatte vannforekomster kan imidlertid saltmengden overskride anbefalte doser, og Statens Vegvesen har derfor som mål å redusere bruken av salt samtidig som man opprettholder god fremkommelighet og trafiksikkerhet gjennom vinteren (Statens vegvesen, 2009). For å oppnå dette målet må sårbare vannforekomster identifiseres og miljøkonsekvensene av dagens driftspraksis estimeres. Hovedpoenget med arbeidet som presenteres i denne rapporten, er å begrense usikkerheten i massebalanseberegninger ved å benytte mest mulig oppdatert informasjon om de fysiske forholdene som er tilgjengelig for hele nedbørsfeltet for enhver vannforekomst i Norge. Tanken er at massebalanseberegninger kan brukes for å estimere sannsynligheten for at en gitt innsjø er utsatt for miljøskade som følge av vegsalt.

Det er viktig å understreke at gjennomsnittsberegninger ikke kan erstatte feltobservasjoner. Feltobservasjoner er imidlertid svært kostbare, og fordi forbruk av vegsalt er relativt omfattende samtidig som miljøkonsekvensene i de aller fleste tilfellene ikke er særlig dramatiske, er det ikke hensiktsmessig å gjennomføre feltmålinger i flere vannforekomster enn nødvendig. Beregninger derimot kan gjennomføres over alt dersom det er tilgjengelig fysisk informasjon i nedbørsfeltet til vannforekomsten. Dette kravet møtes i stadig økende grad takket være bedre kvalitet på informasjonen som er tilgjengelig i offentlige databaser. I denne sammenhengen er databaser om klima og topografi viktig i tillegg til geografisk informasjon om saltforbruket langs norske vinterveger. Hensikten med beregningene er med andre ord, ikke å erstatte feltobservasjoner, men snarere å stille spørsmålet: Hvilke saltkonsentrasjoner kan vi forvente å få i norske vannforekomster dersom dagens saltpraksis fortsetter under dagens klimatiske forhold? Eller sagt på annen måte: Hvor stor andel av kloridmengden i en gitt vannforekomst kan tilskrives forbruk av vegsalt i nedbørsfeltet?

Dersom det er saltede veger i nedbørsfeltet, er det også interessant å beregne den romlige fordelingen av saltfluksen langs kanten på vannforekomsten. Metodikk for slike beregninger er også utviklet i dette prosjektet og er testet for seks innsjøer i Norge. Resultatene viser til dels betydelige fokuseringseffekter i salttransporten fra vegen til vannforekomsten. Fokuseringseffekter representerer en utfordring med hensyn til feltmålinger av vannkvaliteten, samtidig kan det være en fordel dersom det blir aktuelt med tiltak for å begrense forurensningsbelastningen. Det er også grunn til å understreke at den romlige fordelingen av saltfluksen inn i vannforekomsten øker verdien av fysiske feltmålinger. Eller sagt på annen måte: Uten kvantifisert massebalanse langs randa på vannforekomsten, kan tolkningen av feltmålingene lett bli usikker.

Innledningsvis kan det være på sin plass å nevne at risiko for miljøskade strengt tatt ikke blir berørt i denne rapporten. Årsaken er at risiko er sammensatt av to uavhengige størrelser, nemlig sannsynlighet for uønsket tilstand og konsekvens av uønsket tilstand. Spesielt viktige vannforekomster må åpenbart ha lavere sannsynlighet for miljøskader enn mindre viktige vannforekomster for å oppnå samme akseptable risikonivå. Viktige vannforekomster er imidlertid relativt enkelt å identifisere dersom kriteriene er spesifisert. Et åpenbart kriterium er for eksempel om vannforekomsten benyttes som drikkevannskilde. Sannsynligheten for uakseptabel belastning derimot, er langt mer komplisert å kvantifisere spesielt for vannforekomster hvor det ikke foreligger systematiske observasjoner. Dette er begrunnelsen for at vi mener det er viktig først å konsentrere seg om å utvikle mest mulig objektiv metodikk for å beregne fysiske størrelser som i neste omgang kan brukes for å estimere sannsynligheter for uønsket tilstand i vannforekomstene som følge av vegsalting.

I særlig verdifulle vannforekomster kan det være nødvendig med systematiske feltobservasjoner. Slike observasjonsprogram er imidlertid kostnadskrevede og bør derfor ikke gjennomføres før strømningsforholdene i vannforekomsten er simulert. Hydrodynamiske simuleringer forutsetter at grensebetingelsene¹ er kvantifisert. Metoden som er utviklet i dette prosjektet kan benyttes som et estimat for slike grensebetingelser.

I denne rapporten beskrives først hvilke datakilder som er benyttet, hvordan dataene er bearbeidet og hvilke algoritmer som er utviklet (kap. 3). Resultatene for de seks sjøene presenteres for seg (kap. 4) og sammenlignes med feltobservasjoner i diskusjonskapitlet (kap.5). Figurer og massebalansetabeller er plassert i vedlegg 1 og 2.

¹ Hydrodynamiske simuleringer betyr i denne sammenhengen at man løser Navier-Stokes likning koblet med saltkonsentrasjonen. Dette formuleres som et set med partielle differensiallikninger. For å løse slike likninger er det nødvendig at fysiske og kjemiske tilstander langs randa til innsjøen blir spesifisert. I praksis gis dette ofte som en hastighet (vannføring) eller en trykkbetingelse, og i tillegg massefluks eller konsentrasjon.

3. Materiale og metode

I dette prosjektet er den hydrologiske modellen identisk med datamaterialet som benyttes for å beregne stasjonær saltbalanse. Det er derfor naturlig å beskrive datamaterialet først og deretter algoritmene som er utviklet. Algoritmen skal være enkel i bruk og samtidig være mulig å gjennomføre for alle vannforekomster i Norge. Kvaliteten på beregningene er dermed bestemt av datagrunnlaget som er tilgjengelig. I dette prosjektet består datamaterialet av:

1. Digitalt avrenningskart.
2. Digitalt hellingskart.
3. Geografisk stedfesting av vannforekomstene.
4. Geografisk informasjon om gjennomsnittlig forbruk av vegsalt.

3.1 Digitalt avrenningskart

Normalavrenning for Norge er utarbeidet av NVE og metodikken er beskrevet i Beldring m.fl. (2002; 2003; 2007; 2008) og Engen-Skaugen (2007). Grunnlaget for avrenningsberegningene er vannføringsmålinger i større vassdrag. Ved å betinge avrenningsestimatene på vannføringsmålinger blir usikkerheten i vannbalansen minimalisert i alle griddpunktene i avrenningskartet. Denne egenskapen gjør normalavrenningskartet til en meget verdifull datakilde i SaltSMART sammenheng. I følge NVE er gjennomsnittlig avvik mellom målinger og estimert avrenning ca. 20 %. Hvis vi antar at usikkerheten i estimatene kan beskrives som en normalfordelt funksjon med standardavviket (s) for en gitt griddpunkt (x,y), kan vi beregne usikkerheten i de romlige estimatene som funksjon av størrelsen på avrenningsfeltet. Vi kan illustrere dette ved å anta at standardavviket kan beskrives som:

$$(1) \quad s = 0.2 \cdot E\{X\},$$

hvor $E\{X\}$ er estimert avrenningsverdi i et gitt punkt (x,y). I dette prosjektet har vi benyttet siste normalavrenningsperiode (1961-90, fig. 3.1). Dette kartet består av griddverdier med oppløsning på 1 x 1 km².

For nedbørsfelt med større areal enn 1 x 1 km² er imidlertid usikkerheten mindre. Hvis vi godtar at usikkerheten i normalavrenning kan beskrives som en tilfeldig variabel X med Gaussisk sannsynlighetstetthets funksjon, er det enkelt å vise at usikkerheten vil minke som en funksjon av størrelsen n , på nedbørsfeltet:

$$(2) \quad S.E.(Y) = s \cdot \text{sqrt}(n)/n,$$

hvor Y er gjennomsnittet av alle verdiene innenfor nedbørsfeltet. $S.E.$ kalles ofte standardfeilen i statistikk. Hvis nedbørsfeltet for eksempel er 3 km², noe som må karakteriseres som et lite nedbørsfelt, vil usikkerheten bli redusert fra 0.2 til 0.12. Hvis n er stor (>10 km²), kan vi med rimelig sikkerhet anta at 95 % av reell normalavrenning vil ligge innenfor 0.13 ($= \pm 2s \cdot \text{sqrt}(n)/n$).

3.2 Digitalt hellingskart

Siden Norge stort sett består av fjell og løsmasser med relativt lav ledningsevne, følger grunnvannspeilet i grove trekk terrengoverflaten. Hvis vi i tillegg kan anta at berggrunnen og løsmassene er noen lunde isotrope, betyr det at vannets strømningsretning i *gjennomsnitt*² vil følge terrengoverflaten. Som en først ordens tilnærming kan dermed hellingsretningen på terrenget benyttes

² Fordi denne rapporten omhandler fysiske og kjemiske variabler i rommet, er det alltid et gjennomsnitt over et gitt areal (eller volum) som er meningen.

for å avgrense nedbørsfeltet³ til et hvilket som helst punkt i terrenget. I forenkelt form kan hellingsretningen bli framstilt i et gridda kart som viser hvordan vannet drenerer fra en rute til nærmeste naborute. Det er dette griddede kartet som vi refererer til som hellingskartet i denne rapporten (flowdirection map på engelsk). Dersom hver rute kun drenerer til én og bare én naborute vil det kun være 8 ulike heltall i hellingskartet (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128). Hvis verdien i en rute er 1, drenerer ruten mot øst, 2 mot sør-øst, 4 mot sør, o.s.v. (fig. 3.2). Et eksempel på hellingskart er vist i fig. 3.3.

I urbane strøk og i områder med bakkeplanering kan terrenget på enkelte steder helle i en retning mens vannet renner i en annen. For å minke usikkerheten i slike tilfeller, har NVE laget en elvenettverksdatabase (ELVIS) hvor den såkalte elvestrengen for alle vassdrag i Norge er lagt inn. Elvestrengen er en fiktiv linje i terrenget som knytter bekker, elver og innsjøer sammen på en slik at det er mulig å definere en entydig strømningsretning. I utgangspunktet ble N50 Kartdata fra Statens kartverk benyttet for å konstruere elvestrengen, men elvestrengen oppdateres stadig dersom ny og bedre informasjon legges for dagen. For å sikre at vannet renner i riktig retning blir elvestrengen lagt over det digitale terrengkartet og ”brent” inn i datagrunnlaget, d.v.s. at det er trukket fra en konstant terrengverdi i hver rute som har en elvestreng. Detaljer om hvordan hellingskartet kan beregnes, er forklart på hjemmesidene til Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2009). Til dette prosjektet har vi bestilt hellingskart med regelmessig ruteoppløsning på 25 x 25 m² fra NVE.

3.3 Vannforekomstene

Alle vannforekomster (innsjøer, elver, grunnvann, brakkvann og kyst) i Norge er i prinsippet stedfestet på NVEs hjemmesider (<http://vann-nett.nve.no/innsyn/>). I likhet med de andre datakildene som er benyttet i dette prosjektet, vil også dette datamaterialet bli oppdatert ettersom behovet øker. Et aktuelt eksempel kan være digitale kart som viser bunntopografien i innsjøene. I denne rapporten har vi hentet geografiske koordinater for innsjøene som er testet, fra Statens kartverk. I tillegg har vi benyttet informasjon fra NVEs innsjødatabase. Alle innsjøene er angitt med NVEs vatnummer. Innsjøarealet ble gridda med samme oppløsning som hellingskartet (25 x 25m²).

3.4 Gjennomsnittlig forbruk av vegsalt

Statens Vegvesen registrerer fortløpende forbruket av vegsalt. Gjennom SaltSMART prosjektet er opplysninger om saltforbruket fra 2005 til 2008 systematisert og samlet i Saltdatabasen. Ved bruk av GIS-overlay er det laget et rutenett med samme oppløsnings som hellingskartet (25 x 25m²). Dette rutenettet er koblet mot digitale kart over saltede europaveger, riksveger og fylkesveger. Pr. dags dato inngår ikke kommunale veger som saltes, i Saltdatabasen. For hver gridd-rute som dekker en veilengde som ble saltet, er gjennomsnittlig saltforbruk i perioden 2005 til 2008 beregnet ved å multiplisere veglengde i griddruten med gjennomsnittlig saltmengde pr. kilometer. Et eksempel på gridda saltforbruk er vist i fig. 3.4.

3.5 Beregningsmetoden

Metoden består av tre separate arbeidsoppgaver: (1) gridding av datagrunnlaget; (2) identifisering av randa til vannforekomsten; (3) avgrensning av nedbørsfelt til vannforekomsten og beregning av gjennomsnittlig stasjonær vannbalanse, saltbalanse og saltkonsentrasjon for hele vannforekomsten; og (4) avgrensning av innstrømningsområdet for hvert gridd-element langs randa til vannforekomsten med tilhørende beregning av stasjonær vannbalanse, saltbalanse og saltkonsentrasjon for hver gridd-rute som definerer randa til vannforekomsten.

³ I det følgende blir nedbørsfelt, tilsigsfelt og dreneringsområde benyttet som synonyme uttrykk for det arealet som bidrar til avrenningen i et gitt punkt i terrenget.

3.5.1 Gridding

Gridding av datagrunnlaget (beskrevet i pkt 3.1 til 3.4 ovenfor) resulterer i en tabell som består av $n \times m$ linjer, hvor n er antall rader i rutenettet og m er antall kolonner. For hver linje i tabellen er angitt x og y koordinater, normalavrenningen q , for 1961-90 (mm/år), hellingsretningen (F), gjennomsnittlig saltforbruk sa (tonn/år), samt informasjon om gridruta inneholder en elvestreng (elvis) eller en vannforekomst (vannf) eller ei angitt som 1 (ja) eller 0 (nei). Hver kolonne i tabellen behandles som en matrise med dimensjon $n \times m$. I tillegg til de fem variablene som er oppgitt i tab.1, hadde vi en variabel som angir om gridruta er innenfor eller utenfor nedbørsfeltet til vannforekomsten. Nedbørsfeltet er imidlertid en variabel som avledes fra hellingskartet (F) og er derfor ikke tatt med i tab. 1. NVE beregnet hele nedbørsfeltet for hver vannforekomst som ble testet, for denne rapporten.

Tabell 1. Eksempel på gridd-data fra nedbørsfeltet til Tussetjern. x - og y -koordinatene angir midtpunktet i gridrutene. Avrenningen (q) er gjennomsnittlig avrenning i perioden 1961-90 (mm/år), hellingsretningen på terrenget (F) er angitt som 2^r , hvor $r=0, \dots, 7$ (se forklaring i 3.2). Gjennomsnittlig saltforbruk (sa) i perioden 2005-2008 er oppgitt i tonn/år. Om gridruta dekker en elvestreng (elvis) og/eller en vannforekomst (vannf.) eller ei, er angitt som 1 (ja) eller 0 (nei).

Xkoord UTM-E (m)	Ykoord UTM-N (m)	q (mm/år)	F (-)	sa (tonn/år)	elvis (j/n)	vannf. (j/n)
...						
265588	6632210	459	4	0	0	0
265613	6632210	459	64	0	0	1
265638	6632210	459	64	0	0	1
265663	6632210	459	128	0	0	1
265688	6632210	459	64	0	0	1
265713	6632210	459	32	0	0	1
265738	6632210	459	1	0	0	1
265763	6632210	459	64	0	1	1
265788	6632210	459	16	0	0	1
265813	6632210	459	8	0	0	1
...						
270563	6632260	526	1	0	0	0
270588	6632260	526	1	0	0	0
270613	6632260	526	64	0	0	0
270638	6632260	526	4	0	0	0
265213	6632290	459	32	0.3137	0	0
265238	6632290	459	16	0.6378	0	0
265263	6632290	459	16	0.0682	0	0
265288	6632290	459	64	0	0	0
...						

3.5.2 Indeksering av randa

For å beregne vannbalansen og saltbalansen langs randa til vannforekomsten, må hver gridd-rute som definerer randa til vannforekomsten, tildeles en indeks. I MATLAB-skriptet lages det en vektor $lbi(j)$, hvor $j=1, \dots, n$, og n er antall gridd-ruter som er nødvendig for å identifisere randa entydig. lbi genereres i følgende steg: (i) Først finner vi arealet (A) på hele vannforekomsten (fra 3.5.1). (ii) Deretter defineres innsiden av vannforekomsten (A_{inn}). (iii) Grensen G , er gitt ved: $G=A-A_{inn}$. G kunne vært en tilstrekkelig definisjon av grensen dersom hellingskartet kun hadde bestått av fire hellingsretninger (øst, sør, vest og nord). I vårt hellingskart derimot, kan en rute få vann fra alle de 8 naborutene, hvilket

betyr at vannet også kan strømme til rutene i diagonal retningene. (iv) Grensen G, må derfor "tettes igjen" ved å indeksere alle element hvor det er et åpent diagonal element (fig. 3.5). Resultatet er en ny matrise Gr, som definerer en rettvinklet grense for vannforekomsten. (v) I tillegg er det lagt inn muligheter for manuell justering av grensen Gr. (vi) Vektoren lbi, peker på koordinatene i matrisen Gr. På den måten definerer vektoren lbi grensen Gr til vannforekomsten som et nytt objekt i den hydrologiske modellen. (i) til (iv) utgjør den automatiske indekseringen av randa. Enkel testing av manuell justering tyder på at det som regel er unødvendig.

Omkretsen til vannforekomsten i den hydrologiske modellen er summen av antall elementer i Gr multiplisert med størrelsen på griddruta (som i dette tilfellet er 25 x 25 m). Arealet på vannforekomsten A_o , vil i virkeligheten ligge mellom A og A_{inn} : $A_{inn} < A_o < A$. I denne rapporten er arealet på vannforekomsten A_m , i den hydrologiske modellen, simpelthen beregnet ved:

$$(3) \quad A_m = 0.5 (A + A_{inn}).$$

NVE har oppgitt A_o i NVE atlas, og forholdet mellom A_m og A_o gir dermed en pekepinn om hvor stor den geometriske usikkerheten er når størrelsen på gridet er 25 x 25 m.

3.5.3 Algoritme for beregning av nedbørsfelt

Vi antar at vannets strømningsvei følger terrengoverflaten og at strømningsretningen er beskrevet i hellingskartet. Dreneringsarealet til en tilfeldig rute $e(i,j)$, i hellingskartet kan da avgrenses på følgende måte. (i) naborutene til $e(i,j)$ sjekkes, alle naborutene som heller mot $e(i,j)$ avmerkes og lagres som dreneringsareal til $e(i,j)$. (ii) hver rute som hører med til dreneringsarealet til $e(i,j)$ sjekkes på samme måte som i (i). (iii) Punkt (i) til (ii) gjentas til det ikke er flere ruter igjen å sjekke i dreneringsarealet til rute $e(i,j)$. Visualisering av algoritmen er vist i fig. 3.6.

3.5.4 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse for hele vannforekomsten

Dersom utstrømningspunktet til en gitt vannforekomst er kjent, kan nedbørsfeltet avgrenses ved å benytte algoritmen ovenfor (3.5.3) på hellingskartet. Til dette prosjektet beregnet Hydrologisk avdeling ved NVE hele dreneringsfeltet N_b , til alle vannforekomstene som ble testet. Gjennomsnittlig stasjonær vannbalanse⁴ for hele vannforekomsten er gitt ved:

$$(4) \quad Q = \sum_i \sum_j q_{ij} dx dy,$$

hvor q er spesifikk avrenning (L/T), dx og dy er lengden på det regelmessige rutenettet i x- og y-retning (i denne rapporten er $dx=dy=25m$). $\sum_i \sum_j$ indikerer summen over arealet N_b . Enheten på Q er dermed volum pr tid (L^3/T).

Tilsvarende beregnes gjennomsnittlig stasjonær massefluks av salt for hele nedbørsfeltet:

$$(5) \quad M_f = \sum_i \sum_j s_{a_{ij}},$$

hvor $s_{a_{ij}}$ er gjennomsnittlig forbruk av vegsalt i hver gridd-rute i nedbørsfeltet N_b . Enheten på massefluks av salt er masse pr. tid (M/T), i dette tilfellet oppgitt i tonn pr. år.

Gjennomsnittlig stasjonær saltkonsentrasjon C, er:

$$(6) \quad C = M_f / Q,$$

med enhet masse pr. volum (M/L^3).

⁴ Modellering av spesifikk avrenning q , er i denne sammenhengen identisk med modellering av vannbalansen. Dvs. spesifikk avrenning q , er lik nedbør P minus evapotranspirasjon E, $q=P-E$.

I denne rapporten sammenligner vi observasjoner av kloridkonsentrasjonen med gjennomsnittlig stasjonær kloridkonsentrasjon. Begrunnelsen er at kloridionene er mer konservative enn natriumionene. Det betyr at kloridkonsentrasjonen vil nærme seg stasjonære konsentrasjoner raskere enn natrium. Den stasjonære kloridkonsentrasjon $[Cl^-]$ er:

$$(7) \quad [Cl^-] = C \cdot (amuCl / (amuCl + amuNa)),$$

og tilsvarende for natrium:

$$(8) \quad [Na^+] = C \cdot (amuNa / (amuCl + amuNa)),$$

hvor C er gitt i (6), mens amuCl og amuNa er atommassen til hhv klorid og natrium⁵.

3.5.5 Usikkerheten i gjennomsnittlige stasjonære konsentrasjoner

Så langt i metodeutviklingen er usikkerheten i estimatene behandlet på enklest mulig måte. Det vil si at vi ikke korrigerer usikkerheten i forhold til størrelsen på nedbørsfeltet slik det er diskutert i 3.1. Vi benytter kun en konstant usikkerhet for avrenning Q, og en konstant usikkerhet for massefluksen Mf. Dersom den romlige variasjonen i usikkerheten for spesifikk avrenning og forbruk av vegsalt blir kvantifisert, kan også beregningen av usikkerheten i gjennomsnittlige stasjonære konsentrasjoner forbedres. Usikkerheten som oppgis i resultatene må derfor anses som relativt grove anslag.

I denne rapporten antar vi at usikkerheten i gjennomsnittlig stasjonær avrenning Q, for et gitt nedbørsfelt kan modelleres som en normalfordelt stokastisk funksjon med forventning lik Q (4) og standardavvik lik sq, dvs at $Q \in N(Q, sq)$. Usikkerheten i det digitale avrenningskartet er oppgitt til 0.2Q, og inntil mer eksakte verdier oppgis, benytter vi dette anslaget for sq. For gjennomsnittlig saltfluks i nedbørsfeltet gjør vi tilsvarende antagelse: $Mf \in N(Mf, sm)$ hvor Mf er gitt i (5). Usikkerheten i gjennomsnittlig forbruk av vegsalt er foreløpig ikke oppgitt. Så langt antar vi at usikkerheten i registrert vegsaltforbruk er i samme størrelsesorden som usikkerheten i det digitale avrenningskartet, dvs vi antar at $sm = 0.2Mf$. Det er verdt å merke seg at selv om både Q og Mf er normalfordelt, vil ikke den avledede funksjonen C bli normalfordelt, $C \notin N(C, sc)$. Dette forholdet er illustrert ved å generere realisasjoner av Q og Mf med tilhørende realisasjon av $C = Mf/Q$ (fig. 3.7). Sannsynligheten for overskridelse av tilhørende kloridkonsentrasjon er illustrert i fig. 3.8. Fordi C alltid vil være skjevfordelt, med størst usikkerhet mot høye konsentrasjoner, har vi anslått usikkerheten til estimert gjennomsnittlig stasjonær kloridkonsentrasjon i denne rapporten til ett standardavvik mot lave verdier og to standardavvik mot høye verdier.

3.5.6 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa til vannforekomsten

Når randa til vannforekomsten er definert (3.5.2) kan dreneringsarealet til hver gridd-rute langs randa på vannforekomsten beregnes ved å anvende algoritmen beskrevet i 3.5.3. Det vil si at hvis randa til vannforekomsten er definert med et antall elementer $e_k(i,j)$, hvor $k=1, \dots, p$, anvendes likningene (4) til (8) for $k=1, \dots, p$.

Beregningsalgoritmene beskrevet ovenfor, er implementert i MATLAB. MATLAB skriptene ble testet mot følgende innsjøer (NVEs vatn løpenummer i parentes): Gjersjøen (297), Kolbotntjern (5537), Nordbytjern (4228), Tussetjern (5611), Steinsrudtjern (5320) og Råtjern (144423). Det ble også utført beregninger for Padderudvannet (5521), men siden Saltdatabasen var ufullstendig i dette nedbørsfeltet er ikke resultatene fra Padderudvannet tatt med i rapporten.

⁵ 1 mmol Cl tilsvarer 35.453 mg, mens 1 mmol Na er 22.990 mg.

4. Resultater

Nedenfor presenteres resultatene av beregningene med henvisninger til figurer og tabeller i vedlegg 1 og 2. Siden denne rapporten skal dokumentere beregningsmetodikken er datagrunnlag og resultater av beregningene illustrert i figurer i vedlegget for hver enkelt innsjø.

4.1 Gjersjøen (297)

Nedbørsfeltet til Gjersjøen er ca. 82 km², og er det største av de seks feltene som ble beregnet i denne rapporten. Nedbørsfeltet inneholder 18 større eller mindre innsjøer i tillegg til Gjersjøen. Randa til innsjøen ble gridda med 869 elementer med oppløsning på 25 x 25 m. Den automatiske gridd-rutinen ble manuelt kvalitetskontrollert og supplert med tre gridd-punkter for å sikre at vannbalansen og saltbalansen langs randa blir så nøyaktig som mulig (fig. 4.1.1). Maksimum og minimum spesifikk normalavrenning i nedbørsfeltet er henholdsvis 595 mm/år og 370 mm/år (fig. 4.1.2). Hellingskartet gjenspeiler retningen på lineamenter (forkastninger, svakhetssoner og bergartsgrenser) i berggrunnen (fig. 4.1.3). Gjennomsnittlig total saltforbruk innenfor nedbørsfeltgrensene er ca. 13 000 tonn/år (fig. 4.1.4). Normal avrenning (1961-90) er ca. 40·10⁶ (m³/år). Disse verdiene gir gjennomsnittlig stasjonær saltkonsentrasjon i Gjersjøen på 32 mg/liter, hvilket tilsvarer 20 mg/liter klorid og 13 mg/liter natrium. Med usikkerheten i datagrunnlaget tatt i betraktning, kan vi med stor sannsynlighet anslå at den reelle gjennomsnittlige stasjonære kloridkonsentrasjonen vil ligge mellom 14 og 32 mg/liter klorid. Dreneringsarealet til de 869 gridd-rutene langs randa til Gjersjøen er vist i fig. 4.1.5. Gridda vannfluks og saltfluks langs randa er illustrert i fig. 4.1.6 og fig. 4.1.7. Gjersjøen får salttilførsel langs ca. 30 % av randa, mens maks. stasjonær saltkonsentrasjon i en griddrute er estimert til ca. 2 kg/m³ (griddrute 66, tab. 1.2). Diagram som viser variasjonen av vannfluks, saltfluks og saltkonsentrasjon langs randa er gitt i fig. 4.1.8 og fig. 4.1.9 (sortert fra maks til min saltfluks). Observert elektrisk konduktivitet, temperatur og turbiditet er vist i fig. 4.1.10. Gjennomsnittstall for hele Gjersjøen er gitt i tab. 1.1, mens dreneringsareal, saltfluks, vannfluks og saltkonsentrasjon for hver 25. m langs randa på Gjersjøen er gitt i tab. 1.2.

4.2 Kolbotntjernet (5537)

Nedbørsfeltet til Kolbotntjernet er 3.3 km². Randa til tjernet ble gridda med 226 elementer med oppløsning på 25 x 25 m (fig. 4.2.1). Manuell justering av randa gav småfeil i avrenningsarealet til en griddrute ("hull" i avrenningsarealet), og gav dermed dårligere resultat enn den automatiske griddingen. Maksimum og minimum spesifikk avrenning i nedbørsfeltet er henholdsvis 550 mm/år og 427 mm/år (fig. 4.2.2). Hellingskartet for Kolbotntjernet (fig. 3.3) viser dominerende strømningsretning i vestlig (16) retning øst for tjernet og østlig retning (1) vest for tjernet. Det registrerte gjennomsnittlige forbruk av vegsalt innenfor nedbørsfeltgrensene er ca. 60 tonn/år (tab.2.1). Normalavrenning (1961-90) for hele nedbørsfeltet er ca. 1.6·10⁶ (m³/år). Disse verdiene gir gjennomsnittlig stasjonær NaCl-konsentrasjon i Kolbotntjernet på 37 mg/liter, hvilket tilsvarer 23 mg/liter klorid og 15 mg/liter natrium. Sannsynlig gjennomsnittlige stasjonære kloridkonsentrasjonen som skyldes vegsalt fra riksveger, fylkesveger eller europaveger i nedbørsfeltet, ligger mellom 16 og 37 mg/liter klorid. Dreneringsarealet til de 226 gridd-rutene langs randa til Kolbotntjernet er vist i fig. 4.2.3. Kolbotntjernet får salttilførsel langs ca. 10 % av randa. Stasjonær saltkonsentrasjon i en max saltførende griddrute er estimert til ca. 0.4 kg/m³ (griddrute 220, tab.2.2). Diagram som gir variasjonen av vannfluks, saltfluks og saltkonsentrasjon er illustrert i fig. 4.2.4. Observert elektrisk konduktivitet, temperatur og turbiditet i fig. 4.2.5. Gjennomsnittstall for hele Kolbotntjernet er gitt i tab. 2.1, mens dreneringsareal, saltfluks, vannfluks og saltkonsentrasjon for hver 25. m langs randa på Kolbotntjernet er gitt i tab. 2.2.

4.3 Nordbytjernet (4228)

Nordbytjernet har et nedbørsfelt på ca. 2.5 km². Randa til tjernet ble gridda med 119 elementer med oppløsning på 25 x 25 m. Maksimum og minimum spesifikk avrenning i nedbørsfeltet er henholdsvis 882 mm/år og 760 mm/år (fig. 4.3.1). Hellingskartet er vist i fig. 4.3.2. Gjennomsnittlige forbruk av vegsalt innenfor nedbørsfeltgrensene er ca. 64 tonn/år (tab.3.1). Normalavrenning (1961-90) for hele nedbørsfeltet er ca. 2·10⁶ (m³/år). Disse verdiene gir gjennomsnittlig stasjonær NaCl-konstrasjon i Nordbytjernet på 31 mg/liter, hvilket tilsvarer 19 mg/liter klorid og 12 mg/liter natrium. Sannsynlig gjennomsnittlige stasjonære kloridkonsentrasjonen ligger mellom 13 og 31 mg/liter klorid. Nordbytjernet får salttilførsel langs ca. 14 % av randa. Maks. stasjonær saltkonsentrasjon i en griddrute er estimert til ca. 0.2 kg/m³ (griddrute 48, tab. 3.2). Diagram for vannfluks, saltfluks og saltkonsentrasjon er illustrert i fig. 4.3.3, og observert elektrisk konduktivitet, temperatur, turbiditet og pH er vist i fig. 4.3.4. Gjennomsnittstall for hele Nordbytjernet er gitt i tab. 3.1, mens dreneringsareal, saltfluks, vannfluks og saltkonsentrasjon for hver 25. m langs randa på Nordbytjernet er gitt i tab. 3.2.

4.4 Tussetjernet (5611)

I likhet med Kolbotntjernet ligger Tussetjernet i nedbørsfeltet til Gjersjøen. Tussetjernet har et nedbørsfelt på ca. 20 km². Randa til tjernet ble gridda med 67 elementer med oppløsning på 25 x 25 m (fig. 4.4.1). Maksimum og minimum spesifikk avrenning i nedbørsfeltet er henholdsvis 577 mm/år og 444 mm/år (fig. 4.4.2). Hellingskartet viser retningen på lineamenter i berggrunnen (fig. 4.4.3). I hellingskartet er også Tussetjernet samt de registrerte saltede vegene i nedbørsfeltet plottet inn. Det registrerte gjennomsnittlige forbruk av vegsalt innenfor nedbørsfeltgrensene er ca. 170 tonn/år (tab. 4.1). Normalavrenning (1961-90) for hele nedbørsfeltet er ca. 10·10⁶ (m³/år). Disse verdiene gir gjennomsnittlig stasjonær NaCl-konstrasjon i Tussetjernet på 17 mg/liter, hvilket tilsvarer 10 mg/liter klorid og 7 mg/liter natrium. Sannsynlig gjennomsnittlige stasjonære kloridkonsentrasjonen ligger mellom 7 og 16 mg/liter klorid. Dreneringsarealet til de 67 gridd-rutene langs randa til Tussetjernet er vist i fig. 4.4.4. Tussetjernet får salttilførsel langs ca. 7 % av randa. Maks. stasjonær saltkonsentrasjon i en griddrute er estimert til ca. 0.3 kg/m³ (griddrute 33, tab. 4.2). Diagram for variasjonen av vannfluks, saltfluks og saltkonsentrasjon er gitt i fig. 4.4.5, mens observert elektrisk konduktivitet, temperatur og turbiditet er vist i fig. 4.4.6. Gjennomsnittstall for hele Tussetjernet er gitt i tab. 4.1, mens dreneringsareal, saltfluks, vannfluks og saltkonsentrasjon for hver 25. m langs randa på Tussetjernet er gitt i tab. 4.2.

4.5 Steinsrudtjernet (5320)

Steinsrudtjernet har et nedbørsfelt på ca. 0.32 km². Randa til tjernet ble gridda med 25 elementer med oppløsning på 25 x 25 m. Maksimum og minimum spesifikk avrenning i nedbørsfeltet er henholdsvis 653 mm/år og 552 mm/år (fig. 4.5.1). Hellingskartet er vist i fig. 4.5.2. Gjennomsnittlige forbruk av vegsalt innenfor nedbørsfeltgrensene er ca. 9 tonn/år (tab. 5.1). Normalavrenning (1961-90) for hele nedbørsfeltet er ca. 0.2·10⁶ (m³/år). Disse verdiene gir gjennomsnittlig stasjonær NaCl-konstrasjon i Steinsrudtjernet på 46 mg/liter, hvilket tilsvarer 28 mg/liter klorid og 18 mg/liter natrium. Sannsynlig gjennomsnittlige stasjonære kloridkonsentrasjonen ligger mellom 19 og 46 mg/liter klorid. Steinsrudtjernet får salttilførsel langs ca. 44 % av randa. Maks. stasjonær saltkonsentrasjon i en griddrute er estimert til ca. 2 kg/m³ (griddrute 18, tab. 5.2). Diagram for variasjonen av vannfluks, saltfluks og saltkonsentrasjon er illustrert i fig. 4.5.3, og observert elektrisk konduktivitet, temperatur, turbiditet og pH er vist i fig. 4.5.4. Gjennomsnittstall for hele Steinsrudtjernet er gitt i tab. 5.1, mens dreneringsareal, saltfluks, vannfluks og saltkonsentrasjon for hver 25. m langs randa på Steinsrudtjernet er gitt i tab. 5.2.

4.6 Råtjernet (144423)

Råtjernet har et nedbørsfelt på ca. 1 km². Randa til tjernet ble gridda med 12 elementer med oppløsning på 25 x 25 m (fig. 4.6.1). To ulike måter å gridde omkretsen av tjernet ble testet. De to

alternative griddingene hadde ingen betydning for resultatet av beregningene. Maksimum og minimum spesifikk avrenning i nedbørsfeltet er henholdsvis 1986 mm/år og 1935 mm/år (fig. 4.6.2). Mest frekvente hellingsretning er mot vest (16) og øst (1) (fig. 4.6.3). Gjennomsnittlige forbruk av vegsalt innenfor nedbørsfeltgrensene er ca. 26 tonn/år (tab. 6.1). Normalavrenning (1961-90) for hele nedbørsfeltet er ca. $2 \cdot 10^6$ (m³/år). Disse verdiene gir gjennomsnittlig stasjonær NaCl-konsentrasjon i Råtjernet på 13 mg/liter, hvilket tilsvarer 8 mg/liter klorid og 5 mg/liter natrium. Sannsynlig gjennomsnittlige stasjonære kloridkonsentrasjonen ligger mellom 5 og 14 mg/liter klorid. Råtjernet får salttilførsel langs ca. 25 % av randa. Maks. stasjonær saltkonsentrasjon i en griddrute er estimert til ca. 0.05 kg/m³ (griddrute 1, tab. 6.1). Diagram som viser variasjonen av vannfluks, saltfluks og saltkonsentrasjon er illustrert i fig. 4.6.4, og observert elektrisk konduktivitet, temperatur, turbiditet og pH er vist i fig. 4.6.5. Gjennomsnittstall for hele Råtjernet er gitt i tab. 6.1, mens dreneringsareal, saltfluks, vannfluks og saltkonsentrasjon for hver 25. m langs randa på Råtjernet er gitt i tab. 6.2.

4.7 Oppsummering

Observasjoner av klordikonsentrasjoner, areal av nedbørsfelt og innsjøene samt et ekstrakt av beregningene er gitt i tab. 2. Kloridkonsentrasjonen er målt på to dyp, z1 på ca. 1 m dyp og z2 nær bunnen av innsjøen (Bækken og Haugen, 2006). Differansen i observert kloridkonsentrasjon:

$$(9) \quad \Delta c = [Cl^-]_{z2} - [Cl^-]_{z1},$$

gir et mål på sjiktdannelse i innsjøen. Dersom $\Delta c > 10$, klassifiseres innsjøen som utsatt for permanent lagdeling (meromiktisk). Kloridgradienten:

$$(10) \quad \Delta c / \Delta z = ([Cl^-]_{z2} - [Cl^-]_{z1}) / (z2 - z1),$$

veker differansen med avstanden mellom målepunktene, og er et mer objektivt mål på konsentrasjonsgradienten. Nedbørsfeltarealet er hentet enten fra NVEs databaser for nedbørsfeltgrenser (REGINE) eller beregninger av nedbørsfeltgrenser. Innsjøarealet er tatt fra NVEs innsjødatabase.

Griddestimatene er gjennomsnittskonsentrasjon for hele innsjøen $E\{[Cl^-]\}$, med tilhørende standardavvik $E\{[Cl^-]\}$. Maksimum kloridkonsentrasjon $\max\{[Cl^-]_x\}$, langs randa (i grid rute x) er hentet fra tabellene i appendiks. Det samme er gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon i griddruta med størst massefluks av salt $E\{[Cl^-]\}_{\max M}$. Tilsvarende tall er gitt for massefluks M av NaCl og vannbalansen Q, dvs. gjennomsnitt for hele innsjøen $E\{M_{tot}\}$ og $E\{Q_{tot}\}$ med tilhørende standardavvik $\text{std}\{M_{tot}\}$ og $\text{std}\{Q_{tot}\}$, samt maks. fluks inn i griddrute x, $\max\{[Cl^-]_x\}$ og $\max\{Q_x\}$.

Nedbørsfeltet til hver griddrute langs randa på innsjøen er beregnet for å sammenligne med NVEs nedbørsfeltareal for hele vannforekomsten. Det gridda innsjøarealet og innsjøomkretsen er også beregnet for hver innsjø. Sammenlignet med NVEs innsjøarealer gir dette en pekepinn om den geometriske unøyaktigheten i griddingen. Parameteren ψ_{sinn} (-) viser hvor stor andel av randa med saltinnstrømning. For Gjersjøen med omkrets på ca. 21.7 km, og $\psi_{\text{sinn}} = 0.29$, betyr det at salt strømmer inn i Gjersjøen over en strekning på ca. 6.3 km langs kanten på innsjøen.

I tillegg til observasjoner og beregninger, er det oppgitt noen avledede parametere: Forholdet mellom areal og omkrets A/O, forhold mellom forventet totalavrenning og areal $E\{Q_{tot}\}/A$, og forholdet mellom forventet totalavrenning og maks. rommelig avrenning langs randa $E\{Q_{tot}\}/\max\{Q_x\}$. Tanken var å skalere fysiske variabler for å få mer eller mindre dimensjonsløse variabler å sammenligne med. For eksempel er forholdet A/O tatt med for å se om det kan være noen sammenheng mellom A/O og eksponering for skjærkrefter fra vindfeltet.

Tabell 2. Oppsummering av klorid observasjoner og feltberegninger for seks innsjøer (se tekst for forklaring).

	Gjersjøen	Kolbotntj.	Nordbytj.	Tussetj.	Steinsrudtj.	Råtjernet
Observasjoner						
$[Cl^-]_{z1}$ (mg/L)	26.8	37.2	15.0	25.4	35.5	11.9
$[Cl^-]_{z2}$ (mg/L)	25.4	38.9	16.8	39.6	80.9	474.0
z1 (m)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
z2 (m)	52.0	17.0	20.0	17.0	8.0	6.5
Δc (mg/L)	-1.4	1.7	1.8	14.2	45.4	462.1
$\Delta c/\Delta z$ (mg/L/m)	-0.0275	0.1062	0.0947	0.8875	6.4857	84.0182
nedbørsfeltareal (m²)						
nedbørsfeltareal (m ²)	82155625	3312500	2578125	20228750	340000	1023750
innsjøareal (m ²)	2643700	291800	268000	96100	18600	3100
Griddestimater						
$E\{[Cl^-]\}$ (mg/L)	20	23	19	10	28	8
$std\{[Cl^-]\}$ (mg/L)	6	7	6	3	9	3
$max\{[Cl^-]_x\}$ (mg/L)	1207	259	115	168	1108	30
$E[Cl^-]_{maxM}$ (mg/L)	12	23	111	25	69	8
$E\{M_{tot}\}$ (kg/år)						
$E\{M_{tot}\}$ (kg/år)	1296210	59170	64000	170490	9034	25745
$std\{M_{tot}\}$ (kg/år)	259242	11834	12800	34098	1807	5149
$max\{M_x\}$ (kg/år)	509800	14650	21600	91228	2378	23198
$E\{Q_{tot}\}$ (m³/år)						
$E\{Q_{tot}\}$ (m ³ /år)	40316556	1589786	2085819	10301442	197591	1981975
$std\{Q_{tot}\}$ (m ³ /år)	8063311	317957	417164	2060288	39518	396395
$max\{Q_x\}$ (m ³ /år)	26584805	381129	629479	7545638	45988	1760454
nedbørsfeltareal (m²)						
nedbørsfeltareal (m ²)	79824063	3206875	2455313	19768438	298438	933125
innsjøareal A (m ²)	2659688	298125	265938	97813	17813	3750
innsjøomkrets O (m)	21725	5650	2975	1675	625	300
psinn (-)	0.29	0.10	0.14	0.07	0.44	0.25
A/O (m)						
A/O (m)	122	53	89	58	29	13
$E\{Q_{tot}\}/A$ (m/år)						
$E\{Q_{tot}\}/A$ (m/år)	15.16	5.33	7.84	105.32	11.09	528.53
$E\{Q_{tot}\}/max\{Q_x\}$ (-)						
$E\{Q_{tot}\}/max\{Q_x\}$ (-)	1.52	4.17	3.31	1.37	4.30	1.13

5. Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres kort spesielle trekk ved de enkelte innsjøene. I tillegg presenteres resultatet av en enkel sammenligning mellom observerte kloridkonsentrasjonene og beregnede verdier. Hensikten er å undersøke hvilke parametere som er mest sensitive for å angi hvilke innsjøer som er mest utsatt for miljøskader som følge av vegsalt. Til slutt diskuteres mer generelt hva vi kan forvente av tidsvariasjon i forhold til stasjonære estimater. Før vi diskuterer resultatene er det imidlertid på sin plass å presisere den viktigste hydrologiske forutsetningen for beregningene.

5.1 Grunnvannspeilet

I dette prosjektet er nedbørsfeltet til vannforekomstene avledet fra digitale terrengekart gjennom beregning av et såkalt hellingskart (flowdirection grid). Dette er vanlig praksis i anvendt hydrologi og kan i mange tilfeller benyttes uten betenkeligheter. Det forutsetter imidlertid at de kreftene som driver vannet fra ett sted i terrenget til et annet, følger topografien. Drivkreftene kan i grove trekk deles inn i tre komponenter: bevegelsesenergi; potensiellenergi og trykkenergi. I denne sammenhengen kan vi se bort fra bevegelsesenergien fordi hastighetene vi snakker om er relativt lave (max. normal-avrenningshastighet i Norge (1961-90) er for eksempel beregnet til ca. 7 m/år, fig. 3.1). Fordi den mest relevante problemstillingen i SaltSMART er knyttet til de stasjonære strømningsforhold, kan vi se bort fra den vertikale vannbevegelsen. Det betyr at de to gjenstående drivkreftene - potensiell energi og trykk energi, blir entydig definert gjennom en enkel variabel, nemlig grunnvannspeilet:

$$(11) \quad h = z + p/\rho g.$$

I praksis betyr det at dersom grunnvannspeilet følger terrengnivået, så kan nedbørsfeltet til enhver vannforekomst bestemmes entydig ut fra topografien. Hvor grunnvannspeilet befinner seg i forhold til terrengoverflaten bestemmes av permeabiliteten i løsmassene eller i fjellsprekkene. Dersom permeabiliteten er lav, vil grunnvannspeilet stå høyt. Det norske fastlandet består for det meste av fast fjell, bunnmorene og marine avsetninger med relativt høyt innhold av leire. Typisk for disse geologiske enhetene er relativt lave permeabiliteter. Det finnes imidlertid unntak (også i Norge) hvor grunnvannspeilet ikke følger terrenget spesielt godt. Typisk for slike områder er mektige løsmasseavsetninger med relativt høye permeabiliteter. En av innsjøene vi har beregnet i denne rapporten, Nordbytjern, befinner seg i et slikt område, nemlig Gardermodeltaet.

5.2 Gjersjøen (297)

Gjersjøen skiller seg ut fra de andre innsjøene i denne rapporten gjennom størrelsen på innsjøen (2.6 km²) og størrelsen på nedbørsfeltet (82 km²). Gjersjøen er også den eneste av de seks innsjøene som har avtagende elektrisk ledningsevne med dypet i observasjonstidspunktet (fig. 4.1.10). Temperaturprofilen i Gjersjøen (observert 18. oktober 2005) tyder ikke på at det har vært noen vertikal sirkulasjon av vannmassene umiddelbart før prøvetakingstidspunktet. Temperatursprangsjiktet lå på ca. 13 m dyp. Den elektriske ledningsevne avtar mot dypet fra ca. 23 mS/m nær overflaten til ca. 22 mS/m ved 52 m dyp. Dette harmonerer godt med de observerte kloridkonsentrasjonene på 26.8 mg/liter på 1 m dyp og 25.4 mg/liter på 52 m dyp. Selv om den elektriske ledningsevnen avtar, vil likevel det tetteste (eller tyngste) vannet ligge dypest. I motsatt fall ville vannmassene rotert vertikalt. Det betyr at tetthetsøkningen pga temperatursenkningen mot dypet, i dette tilfellet har større effekt på tettheten enn mengden oppløste ioner i vannmassene.

Den estimerte kloridkonsentrasjonen på 20 mg/liter, er relativt nær de observerte verdiene, spesielt hvis vi tar i betraktning at det også er andre kilder til klorid i nedbørsfeltet. En sannsynlig saltkilde er de kommunale vegene i nedbørsfeltet. Kommunale veger er som nevnt, ikke inkludert i Saltdatabasen.

Den observerte kloridkonsentrasjonen i overflaten (26.8 mg/liter) ligger likevel innenfor det anslåtte konfidensintervallet mellom 14 og 32 mg/liter.

Formen på Gjersjøen (indikert med A/O) tyder på at Gjersjøen er vindeksponert. Dette minker sannsynligheten for tetthetssjiktning. Maks. saltkonsentrasjon langs randa er imidlertid meget høy, noe som kan tenkes å henge sammen med sannsynlighet for tetthetssjiktning. Et meget interessant trekk ved Gjersjøen er at beregnet gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon i overflatevannet er høyere enn gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon i den bekken som bidrar med de største saltmengdene inn i innsjøen. Årsaken er at vannmengdene i denne bekken er så store at kloridkonsentrasjonen i gjennomsnitt blir forholdsvis lav. Sannsynligheten for at bekken med størst saltfluks strømmer ned i dypere vannmasser er derfor liten.

Fordi nedbørsfeltet til Gjersjøen er relativt stort, gir en romlig oppløsning på griddrutene på 25 x 25 m en matrise på til sammen 219535 elementer (415 x 529). Såpass store matriser gjør beregninger av dreneringsområdet langs randa unødvendig tunge. For såpass store felt bør grovere oppløsning (for eksempel 100 x 100 m) testes ut.

Observasjoner og beregninger av gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon sammenfaller godt. Størrelse og fasong på innsjøen gjør innsjøen vindeksponert, noe som gir gode betingelser for vertikal blanding av vannmassene. Gjennomsnittskonsentrasjon i bekken med størst saltføring indikerer liten risiko for tetthetssjiktning. Meget høye saltkonsentrasjoner langs den vestre randa av innsjøen øker imidlertid faren for tetthetssjiktning.

5.3 Kolbotntjernet (5537)

Av de seks innsjøene som er testet i denne rapporten, har Kolbotntjernet den høyeste målte kloridkonsentrasjonen i overflatevannet (37.2 mg/liter). Bunnvannet derimot hadde bare ubetydelig høyere konsentrasjon (38.9 mg/liter). Disse to observasjonene (okt. 2005) viser at det ikke var noen tetthetssjiktning i tjernet på grunn av kloridkonsentrasjonene på det tidspunktet observasjonene ble foretatt (oktober 2005). Samtidig viser temperaturprofilen at det ikke hadde vært noen vertikal sirkulasjon av vannmassene i løpet av høsten (fig. 4.2.5). Temperatursprangsjiktet i tjernet var på ca. 9 m dyp.

Estimert gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon er kun 23 mg/liter med anslått konfidensintervall mellom 16 og 37 mg/liter. Kolbotntjernet ligger i kommunesenteret Kolbotn i Oppegård kommune og det ikke urimelig å anta at det er flere kilder til salt i nedbørsfeltet enn det som kommer fra riksveier, fylkesveier eller europaveier. En annen relevant opplysning kan være antall personer som bor i nedbørsfeltet til tjernet.

Elvestrengen kan i enkelte tilfeller være vanskelig å identifisere fra topografiske kart. Et eksempel på dette er Kolbotntjernet. I ELVIS er elvestrengen definert slik at Kolbotntjernet drenerer mot sør (fig. 3.3). I virkeligheten drenerer Kolbotntjernet ut i Kantorbekken som går i en kulvert i nordvestre del av tjernet. Fordi elvestrengen er brent inn i det digitale kartet blir ikke nedbørsfeltet til Kolbotntjernet helt korrekt. For Kolbotntjernet betyr det at nedbørsfeltet er litt større i virkeligheten enn det som er benyttet i våre beregninger. Fordi det ikke er noen saltede veger i denne delen av nedbørsfeltet får det ikke noen konsekvenser for massefluksen av salt inn i tjernet. Derimot blir den totale vannfluksen noe underestimert hvilket innebærer at saltkonsentrasjonen blir tilsvarende overestimert.

Beregnet gjennomsnittlig saltkonsentrasjon i Kolbotntjernet (23 mg/liter) er om lag det samme som beregnet gjennomsnittlig konsentrasjon i bekken som tilfører tjernet mest salt. Dette forholdet legger til rette for maksimal vertikal innblanding av salt i tjernet. Maksimal saltkonsentrasjon (259 mg/liter) langs randa representerer derimot er risiko for tetthetssjiktning.

5.4 Nordbytjernet (4228)

Nordbytjernet er et av de såkalte grytehullstjerna på Gardermodeltaet. Det vil si at det ligger i en dødisgrop som ble dannet etter at innlandsisen smeltet for ca. 10 000 år siden. Nordbytjernet skiller seg derfor klart ut fra de andre seks innsjøene som er testet i denne rapporten. Løsmassene i Gardermodeltaet har relativt høy permeabilitet og grunnvannspeilet følger derfor ikke terrengoverflaten. Avgrensningen av nedbørsfeltet basert på terrengoverflaten, blir derfor ikke korrekt i dette tilfellet. I praksis betyr det at nedbørsfeltet er mindre i beregningene enn det det er i virkeligheten. Vannbalansen for Nordbytjernet ble derfor underestimert i dette tilfellet. Det samme er sannsynligvis tilfellet med mengden vegsalt som tilføres vannforekomsten. Gjennomsnittlig klorid konsentrasjon ble beregnet til 19 mg/liter med anslått konfidensintervall mellom 13 og 31 mg/liter, mens de observerte kloridkonsentrasjonene var på hhv. 15 og 16.8 mg/liter for topp- og bunnvann. Klorid målingene viser at det ikke var noen tetthetssjiktning i Nordbytjernet på grunn av vegsalt. Dybdeprofilen med elektrisk ledningsevne (fig. 4.3.4) viste imidlertid en tydelig lagdeling i Nordbytjernet, noe som også er grundig dokumentert tidligere (Hongve, 2004). Årsaken til tetthetssjiktningen er høyt innhold av oppløste ioner i grunnvannet som strømmer inn i Nordbytjernet. Grunnvannet bestemmer med andre ord både vannbalansen og den kjemiske sammensetningen av vannet i Nordbytjernet.

Maks. saltkonsentrasjon inn i Nordbytjernet er relativt lav (115 mg/liter) i forhold til de andre innsjøene. Gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon i den bekken som tilfører Nordbytjernet mest salt er beregnet til 111 mg/liter. Begge disse beregningene er imidlertid usikre i og med at avgrensningen av nedbørsfeltet er underestimert.

Nordbytjernet er meromiktisk (kun øvre lag av innsjøen sirkulerer), og tjener som et eksempel på at flere innsjøer bør taes med i beregningene for å avdekke sannsynligheten for tetthetssjiktning på grunn av vegsalt. En statistisk analyse bør alltid basere seg på at innsjøene man vurderer, bør være mest mulig homogene med hensyn på geofysisografiske parametere (dvs. geologisk setting, klimatologiske forhold, geomorfologiske karakteristika). I praksis bør innsjøer som atskiller seg så klart som Nordbytjernet enten tas ut av undersøkelsen, alternativt bør det gjennomføres en egen analyse av alle grytehullssjøene på Gardermoen for å avdekke sannsynligheten for miljøskade pga. vegsalt. Beregninger og observasjoner er likevel såpass entydige at det kan fastslås at Nordbytjernet er ikke utsatt for verken høye gjennomsnittlige kloridkonsentrasjoner eller utsatt for tetthetssjiktning som følge av salting.

5.5 Tussetjernet (5611)

Differansen mellom observert kloridkonsentrasjon i topp- og bunnvannet i Tussetjern er mer enn 10 mg/liter. I følge kriteriet til Bækken og Haugen (2006) er dermed sannsynligheten stor for at tetthetssjiktning skyldes vegsalt. Temperaturprofilen (18.10.2005) tyder imidlertid ikke på at tettheten i toppvannet skulle tilsa noen sirkulasjon av vannmassene som følge av temperaturen. I observasjonstidspunktet er det tydelig to lag i Tussetjernet (fig. 4.4.6), ett lag skyldes tetthetssjiktningen pga. temperaturspranget på ca 6 m dyp og ett skyldes økt innhold av oppløste ioner på ca. 14 m dyp. Endringen i elektrisk ledningsevne på 14 m kan ha sammenheng med at bunnvannet har reduserende forhold.

Nedbørsfeltet til Tussetjernet er relativt stort (ca. 6 ganger større enn nedbørsfeltet til Kolbotntjernet), samtidig er tjernet relativt lite (ca. 0.3 ganger Kolbotntjernet med samme maks. måledybde). Dette skulle tilsi relativt stor vanngjennomstrømning i tjernet. Beregnet gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon er kun 10 mg/liter og avviker svært mye i forhold til de observerte konsentrasjonene (hhv 25.4 og 39.6 mg/liter i topp og bunn av tjernet). Beregnet maks kloridkonsentrasjon og gjennomsnittlig konsentrasjon i bekken med størst vannføring, peker i retning av fare for tetthetssjiktning som følge av vegsalt.

5.6 Steinsrudtjernet (5320)

Steinsrudtjernet ble prøvetatt 22. november 2005 og temperaturene i overflaten var lavere enn bunnvannet, hvilket betyr at temperaturforholdene lå til rette for vertikal sirkulasjon av vannmassene tidligere på høsten. Kloridkonsentrasjonene viser imidlertid en differanse på mer enn 45 mg/liter, noe som gir en klar indikasjon på tetthetssjiktning som følge av vegsalt. Beregnet gjennomsnittskloridkonsentrasjon er 28 mg/liter med anslått konfidensintervall mellom 19 og 46 mg/liter. Observert overflate konsentrasjon var 35.5 mg/liter. Både maks kloridkonsentrasjon langs randa samt gjennomsnittskonsentrasjon i den bekken som hadde størst tilførsel av salt til tjernet, tyder på at tjernet er utsatt for tetthetssjiktning.

5.7 Råtjernet (144423)

Råtjernet er det tjernet med klart høyest kontrast i klorid konsentrasjoner mellom overflate- og bunnvann. Differansen er på hele 462 mg/liter med en gjennomsnittlig gradient på 84 mg/liter/m. Det er kun en av de tre faktorene som gir økt sannsynlighet for tetthetssjiktning som følge av vegsalt, nemlig forholdet mellom areal og omkrets (A/O) som er observert for Råtjernet. De to andre kriteriene, maks. saltkonsentrasjon, og gjennomsnittlig saltkonsentrasjon i bekken med størst saltføring, gir ingen indikasjon på sannsynlighet for tetthetssjiktning. Råtjernet er det minste av de seks innsjøene som er beregnet i denne rapporten, og nedbørsfeltet er også relativt beskjedent (ca. 1 km²). Det betyr at både vannbalansen og saltforbruket i nedbørsfeltet inneholder relativt store usikkerheter. Beregningene for Råtjernet er derfor tillagt liten vekt i vurderingen av hvilke faktorer som gir størst sannsynlighet for tetthetssjiktning. En nærliggende konklusjon kan være at nedbørsfeltet til Råtjernet er for lite til å beregne sannsynligheten for tetthetssjiktning på grunnlag av stasjonære estimater for vannbalanse og saltbalanse. Råtjernet tjener derfor som et argument for å utvide beregningene til også å omfatte sesongvariasjoner.

5.8 Oppsummering

Beregnet gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon og observert kloridkonsentrasjon på ca. 1 m dyp er i grove trekk sammenfallende (fig. 5.8.1). Bortsett fra Tussetjernet og Kolbotntjernet ligger observasjonene innenfor et grovt anslått konfidensintervall på 0.95. For Kolbotntjernet er det rimelig å anta at det er kilder til klorid i nedbørsfeltet som ikke er dekket i Saltdatabasen. Bortsett fra Nordbyjtjernet er imidlertid estimert gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon lavere enn observert kloridkonsentrasjon i topplaget. Sammenligner vi observert kloridkonsentrasjon i bunnvannet med maks. estimert kloridkonsentrasjon langs randa, kan det være en statistisk sammenheng hvis vi ser bortsett fra estimatene for Gjersjøen og Råtjernet (fig. 5.8.2). Maks. kloridkonsentrasjon langs randa er imidlertid ikke noe estimat for konsentrasjonen i bunnvannet, men det kan muligens brukes for å indikere sannsynligheten for tetthetssjiktning.

I diskusjonen av innsjøene ovenfor, har vi vurdert følgende kriterier for å estimere sannsynligheten for tetthetssjiktning:

- 1) Forholdet mellom innsjøareal (A) og omkretsen (O) av innsjøen (A/O).
- 2) Maksimum saltkonsentrasjon langs kanten på innsjøen.
- 3) Forskjellen mellom gjennomsnittskonsentrasjon i overflatevannet og gjennomsnittskonsentrasjonen i den griddruta (bekken) som tilfører innsjøen mest salt.

Det første kriteriet kan vi kalle vindhypotesen: Tanken er at desto større arealet av innsjøen er i forhold til omkretsen, desto mer eksponert vil innsjøen være for vind. Desto større skjærkrefter som virker langs overflaten på innsjøen, desto større er sannsynligheten for vertikal sirkulasjon av vannmassene og desto mindre er sannsynligheten for tetthetssjiktning.

Det andre kriteriet kan vi kalle saltlakehypotesen: Dersom saltkonsentrasjonen i tilsiget til innsjøen blir høyt, kan det tenkes at det tunge saltvannet synker ned mot bunnen av innsjøen uten å blandes for mye inn i vannmassene på vei nedover. Dette kriteriet er testet ved å beregne maksimum saltkonsentrasjon langs kanten av innsjøen.

Det tredje kriteriet kaller vi kontrasthypotesen (eller bekkehypotesen): I mange tilfeller vil mesteparten av vegsaltet bli tilført vannforekomsten i et begrenset antall griddruter (eller bekker). I dette kriteriet ser vi på den griddruta med størst saltfluks. Dersom gjennomsnittlig saltkonsentrasjon er stor i forhold til gjennomsnittlig saltkonsentrasjon i overflatevannet, er sannsynligheten til stede for at bekken til tider ikke vil blande seg med vannmassene i innsjøen, men i stedet strømme ned i bunnvannet.

I fig. 5.8.3 har vi plottet disse tre kriteriene mot observert konsentrasjonsgradient ($\Delta c/\Delta z$). Desto større A/O desto mindre er sannsynligheten for tetthetssjiktning. Ser vi bort fra Gjersjøen og Råtjernet er det en sammenheng mellom saltkonsentrasjonen langs randa og tetthetsgradienten. Det samme er tilfellet mellom kontrasten i saltkonsentrasjon i overflatevannet og bekken med størst saltføring: Desto større konsentrasjonsforskjellen er desto større er sannsynligheten for tetthetssjiktning. Problemet med denne sammenligningen er at den er basert på altfor få innsjøer. For å vurdere om disse kriteriene er tilstrekkelige for å estimere sannsynligheten for tetthetssjiktning, må flere av de observerte innsjøene beregnes. I tillegg er det en alvorlig svakhet at den innsjøen som har mest drastisk tetthetssjiktning nemlig Råtjernet, viser både saltlakehypotesen og kontrasthypotesen liten sannsynlighet for tetthetssjiktning. Samtidig ser vi at Råtjernet er den desidert minste innsjøen med det laveste A/O forholdet. Desto mindre innsjøen er, desto viktigere er det å undersøke sesongvariasjonene. Konklusjonen er at i tillegg til de tre kriteriene vi har foreslått ovenfor, bør beregningene utvides til også å omfatte sesongvariasjoner.

En sammenligning mellom målte konsentrasjoner og stasjonære konsentrasjoner, forutsetter at mesteparten av vegsaltet ikke vaskes ut av nedbørsfeltet i løpet av et normalår. Hvis denne antagelsen er riktig betyr det at den effektive retensjonen av vegsalt (i løsmasser og vegetasjon, etc.) i nedbørsfeltet er større enn vannets gjennomsnittlige transporttid fra vegbanen til vannforekomsten. Resultatene ovenfor viser at denne antagelsen er mer rimelig for store nedbørsfelt enn små. Hvis derimot retensjonen er liten i forhold til transport tiden gjennom nedbørsfeltet, vil mesteparten av saltet bli vasket ut av nedbørsfeltet i løpet av et normalår. I så fall vil vannforekomsten være utsatt for sesongfluktuasjoner i saltkonsentrasjonen. Fra tålegrensestudier av planteplankton er det vist at langvarige konsentrasjoner har større miljøkonsekvenser enn kortvarige saltkonsentrasjoner (Amundsen m.fl., 2008). Det er derfor gode grunner til å legge mer vekt på metodikk som gir robuste estimat på gjennomsnittstilstanden enn metoder som estimerer ekstremverdier.

Det er også viktig å understreke at datamaterialet som er benyttet i beregningene, er beheftet med varierende grad av usikkerhet. Usikkerheten er en konsekvens av at romlig informasjon alltid må interpoleres for å bli landomfattende. Beregningsresultatene som presenteres i denne rapporten er imidlertid alltid basert på et gjennomsnitt som dekker et større eller mindre areal. Dersom usikkerheten er en tilfeldig variabel i rommet, vil usikkerheten i gjennomsnittsestimatet minke med størrelsen på nedbørsfeltet og vice versa. Det vil si at desto mindre nedbørsfeltet er, desto større er usikkerheten.

Vi har heller ingen informasjon om usikkerheten i den romlige fordelingen av saltforbruket. Dette er imidlertid en variabel som er relativt enkel å kontrollere og med moderne geografisk posisjoneringsteknologi og stadig forbedret sensorteknologi for automatisk logging av saltforbruket, er det grunn til å tro at usikkerheten i dette datamaterialet gradvis vil bli mindre.

Så langt i metodeutviklingen har vi ikke tatt med informasjon om geologiske forhold i beregningene. I mange sammenhenger er det interessant å kvantifisere naturlig fluks av kloridioner fra geologiske formasjoner. Et nærliggende eksempel er saltdiffusjon fra marine avsetninger. For kystnære områder kan det også være relevant å estimere gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon i nedbøren. I og med at beregningene er basert på åpne datakilder er det fullt mulig å utvide datagrunnlaget slik at bidraget fra geologi og eventuelt nedbør også blir tatt med på et senere stadium.

5.9 Hva er viktigst, variasjoner i tid eller rom?

Vi vet at klorid (Cl^-) er et konservativt ion og lite av det som tilføres nedbørsfeltet vil holdes tilbake i vegetasjonen eller i løsmassene. Klorid vil derfor følge vanntransporten og føres ut til resipient ldningsbalansert med tilhørende kationer. Natrium (Na^+) derimot holdes mer tilbake via kationebytte, men i forhold til mange andre kationer er natrium et relativt konservativt ion. Konsentrasjonen av klorid vil derfor nå stasjonære verdier raskere enn natrium. Dette er årsaken til at vi sammenligner estimert gjennomsnittlig stasjonær kloridkonsentrasjoner med målte verdier av klorid og ikke med natrium i denne rapporten. Det er imidlertid viktig å understreke at selv om klorid er et konservativt ion, er det ikke ensbetydende med at transporten av klorid fra kilden (dvs. veg) til resipienten skjer raskt. Årsaken er kappilærkreftenes evne til å holde vannet tilbake. Det er dette fenomenet som kalles retensjon, og som ofte beskrives i såkalte retensjonskurver. Vannets retensjon i nedbørsfeltet er den viktigste begrunnelsen for at vi har prioritert estimering av stasjonære tilstander (dvs. gjennomsnitt over lang tid) i denne rapporten framfor variasjoner i tid. Generelt er det sann at desto større vannforekomsten er, desto viktigere er det å beskrive stasjonære tilstander som for eksempel vannføring og kloridkonsentrasjon. Det innebærer at variasjoner i tid er viktigere for små vannforekomster enn store. I SaltSMART sammenheng er det mye som tyder på at små vannforekomster er mer sårbare enn store vannforekomster. Det er begrunnelsen for at vi foreslår å utvide beregningene som er presentert i denne rapporten, til også å omfatte årstidsvariasjoner. Et generelt svar på spørsmålet ovenfor er at variasjoner i rommet er viktigere for store vannforekomster, mens variasjoner i tid kan være viktigere for små vannforekomster. Når det gjelder tålegrenser av klorid er imidlertid bildet ganske klart: Kortvarige konsentrasjoner har mindre effekt enn langvarige konsentrasjoner (Amundsen m.fl., 2008). Spørsmålet om å prioritere kartlegging av variasjoner i tid eller rom er imidlertid svært viktig å avklare før man i verksetter overvåkningsprogram.

5.10 Menneskelig aktivitet eller naturlige prosesser?

Hva forklarer variasjonen i klorid konsentrasjonen i norske innsjøer, er naturlige prosesser avgjørende, eller er kloridkonsentrasjonene bestemt av menneskelig aktivitet? Selv om dette spørsmålet ikke blir

undersøkt spesielt i denne rapporten, kan likevekt temaet belyses ut fra generell kunnskap vi har om temaet.

Naturlig tilførsel av klorid skjer først og fremst via nedbør og fra geologiske formasjoner med høye klorid konsentrasjoner. For en stor del av innsjøene er konsentrasjonen av natrium og klorid forholdsvis konstant gjennom året. For en del er det derimot også til dels store variasjoner både mellom ulike år og gjennom året. Avstanden fra havet for innsjøer som har lav totalkonsentrasjon av ioner vil høststormer med stort innslag av sjøsalter i aerosoler (både tørr- og våtavsetninger) kunne gi markant økte konsentrasjoner (Haaland et al. 2010). Der sjøsalt og/eller vegsalt via smeltevann utgjør en vesentlig andel av tilført NaCl til en resipient, vil NaCl-konsentrasjonen variere via sjøsaltepisoder om høsten og/eller med høyere saltkonsentrasjoner i avrenning under vårmelting. Der sjøsalt er en viktig kilde til salt i innsjøen vil det også være markante årlige endringer i gjennomsnittlige saltkonsentrasjon pga naturlig årlige klimavariasjoner (Haaland et al. 2010). Kjemiske tilstand (vannkvaliteten) for en innsjø er viktig for konsentrasjonsendringen ved salttilførsler. I Norge kan innsjøer sirkulere både om våren og om høsten (dimiktiske innsjøer), hvorav høstsirkulasjonen ofte er den mest markante. Det er grunnen til at årlige vannprøver som regel tas på høsten. Meromiktiske innsjøer, dvs innsjøer med et stagnert bunnvann som ikke blandes med vannmassene over, har evnen til å akkumulere løste stoffer i det stagnerte bunnvannet (hypolimnion) på en helt annen måte enn holomiktiske innsjøer som sirkulerer fullstendig en eller flere ganger i året (fig. 5.10.1). Som et eksempel på dette har det meromiktiske Nordbytjernet verdens høyeste kjente mangankonsentrasjoner i bunnvannet for et akvatisk miljø (Hongve 2004). I Norge er allikevel kanskje Padderudvann, en meromiktisk innsjø nær Asker, det mest kjente eksemplet som omhandler vegsalt m.h.p. en innsjøes stabilitet (Bækken og Færøvik 2004; Færøvik *et al.* 2005; Kjensmo 1997). Det er antatt at Padderudvannet de siste tiårene har fått en stabilitetsøkning pga vegsalttilførsler. Det er i tillegg en rekke fysiske karakteristika som vind (kinetisk energi) og morfometriske parametere som påvirker sirkulasjonsmønstret for en innsjø (Grøterud og Haaland 2009). Sirkulasjon av vannmassene er avgjørende for utveksling av gasser, salt og næringsstoffer i innsjøene. De innsjøene vi har sett på i denne rapporten varierer betydelig i form og størrelse (0.003, 0.096 og 0.019 km² for Råtjern, Tussetjern og Steinsrudtjern mot for eksempel 2.64 km² for Gjersjøen). Det er likevel en rekke restaureringstiltak som kan settes inn for å endre en innsjøes sirkulasjonsmønster. Som et eksempel er Kolbotntjernet et lite vindeksponert tjern noe som forsterker sannsynligheten for sprangsjikt og oksygenfattig bunnvann. Det er forsøkt å restaurere Kolbotntjernet med såkalte boblegardiner som pumper luft ned i vannet nær bunnen. Hensikten er å bedre vannets mulighet til å sirkulere. Innsjøer hvor det er iverksatt omfattende tiltak kan endre forventede saltkonsentrasjonene både med hensyn til årsgjennomsnitt og sesonggjennomsnitt. Slike forhold er ikke vurdert nærmere i denne rapporten.

6. Konklusjoner og anbefalinger

Beregningsmetodikken som er utviklet i dette prosjektet, gir gjennomsnitts estimater av stasjonær saltkonsentrasjon samt romlig fordelingen av konsentrasjonene. Resultatene av beregningene er sammenlignet med observasjoner. Gjennomsnittlig stasjonær klorid konsentrasjon i innsjøene som er beregnet er bestemt av saltforbruket og totalavrenningen i nedbørsfeltet. Resultatene tyder på at sannsynligheten for permanent tetthetssjiktning som følge av vegsalt, er mindre for store innsjøer enn for små. Observasjonsmaterialet tyder på at sannsynligheten for tetthetssjiktning øker med økende kloridkonsentrasjon langs randa på innsjøen. Sannsynligheten for tetthetssjiktning øker dersom saltkonsentrasjonen i bekken som tilfører innsjøen mest salt, er stor i forhold til gjennomsnittlig saltkonsentrasjon i overflatevannet. Disse resultatene er imidlertid kun basert på sammenlikning av seks innsjøer, og vi anbefaler derfor at tilsvarende beregninger gjennomføres for flere av innsjøene som er rapportert i Bækken og Haugen (2006). Foreløpig cluster analyse av de seks innsjøene er gjennomført, men fordi datagrunnlaget er såpass lite, er det umulig å trekke noen klare konklusjoner. Vi anbefaler at det gjennomføres en clusteranalyse basert på prinsipal komponenter etter at flere av innsjøene i Bækken og Haugen (2006) er beregnet. Hensikten er å finne de parameterne som best forklarer sannsynligheten for tetthetssjiktning. Før disse beregningene gjennomføres anbefaler vi at beregningsmetodikken utvides til å omfatte gjennomsnittlige sesongvariasjoner av kloridkonsentrasjonene. Vi kan imidlertid allerede nå konkludere med at beregningsmetodikken som er presentert i denne rapporten, kan benyttes for å beregne gjennomsnittlig stasjonær kloridkonsentrasjon i vannforekomsten med akseptabel usikkerhet. Det samme gjelder den romlige fordelingen av saltkonsentrasjonen langs randa på innsjøen.

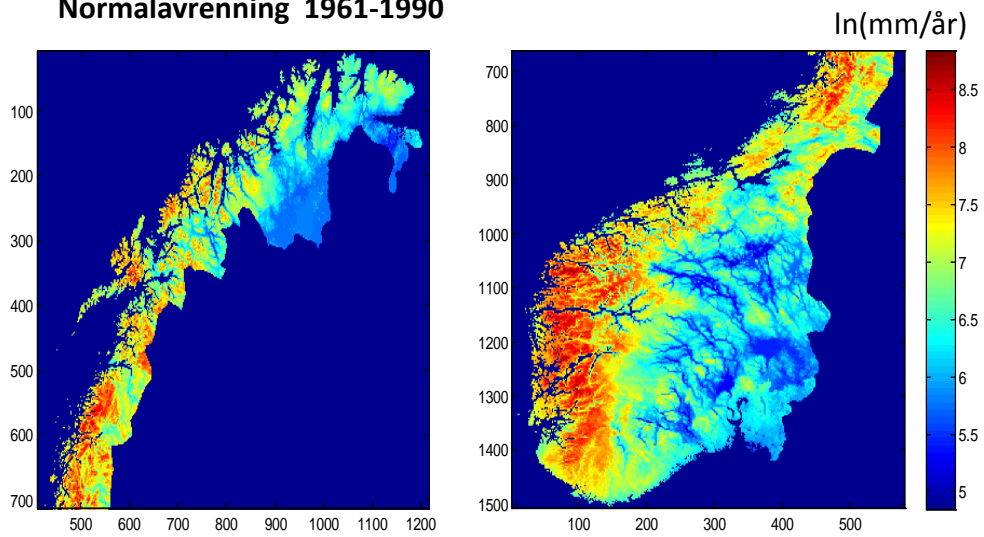
7. Referanser

- Amundsen, C.E. m.fl., 2008, Miljøkonsekvenser ved salting av veger - en litteraturgjennomgang, Statens vegvesen, Rapport nr 2535.
- Beldring, S., Roald, L.A., Voksø A. 2002. Avrenningskart for Norge. Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990. (Map of annual runoff for Norway for the period 1961-1990.) Norwegian Water Resources and Energy Directorate, Document no. 2/2002, 49 pp.
- Beldring, S., Engeland, K., Roald, L.A., Sælthun, N.R., Voksø, A. 2003. Estimation of parameters in a distributed precipitation-runoff model for Norway. *Hydrology and Earth System Sciences* 7, 304-316.
- Beldring, S., Andréasson, J., Bergström, S., Graham, L.P., Jónsdóttir, J.F., Roald, L.A., Rogozova, S., Rosberg, J., Suomalainen, M., Vehviläinen, B., Veijalainen, N. 2007. Climate change impacts on hydrological processes in the Nordic region 2071-2100. In: Filatov, N., Salo, Y., Regerand, T. (Eds.), 16th Northern Research Basins International Symposium and Workshop, Petrozavodsk, Russia, 27 Aug.-2 Sept. 2007, 19-28.
- Beldring, S., Engen-Skaugen, T., Førland, E.J., Roald, L.A. 2008. Climate change impacts on hydrological processes in Norway based on two methods for transferring regional climate model results to meteorological station sites. *Tellus* 60A, 439-450, doi: 10.1111/j.1600-0870.2008.00306.x.
- Bækken, T. og Færøvik, T.J., 2004. Effekter av vegforurensning på vannkvalitet og biologi i Padderudvann. Rapport 106. Statens vegvesen. 89 sider.
- Bækken, T. og Haugen T., 2006, Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer, Statens vegvesen, Rapport UTB 2006/06
- Engen-Skaugen, T. 2007. Refinement of dynamically downscaled precipitation and temperature scenarios. *Clim. Change* 84, 365-382. DOI:10.1007/s10584-007-9251-6.
- ESRI (2009) ESRI support:
(http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Flow_Direction)
- Færøvig, P.J., Bækken, T. og Jørgensen, T. 2005. The impacts of road salt and other highway pollution on the water quality circulation conditions in Lake Padderudvann. *Nordic road and transport research*. Nr.1.
- Færøvig, P. J., 2006, Vegsalt og planteplankton i innsjøer. Salt og biologiske tålegrenser. Statens vegvesen, Rapport UTB 2006/04
- Grøterud, O and Haaland, S. 2009. Side effects of liming - A study of four dimictic lakes in Southern Norway. *Water, Air and Soil Pollution*. DOI 10.1007/s11270-009-0287-2
- Hongve, D. 2004. Endogenic meromixis. Studies of Nordbytjernet and other meomictic lakes in the Upper Romerike Area. Dr. philos. thesis. University of Oslo.
- Haaland, S., Riise, G. Hongve, D. Grøterud, O. and Blakar, I. 2010. TOC concentrations in Norwegian lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 30(9):1471-1474.
- Kjensmo, J. 1997. The influence of road salts on the salinity and the meromictic stability of Lake Svinsjoen, southeastern Norway. *Hydrobiologia*, 347:151-158.
- Statens vegvesen, 2009, Hjemmesiden til SaltSMART:
(<http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/SaltSMART>)

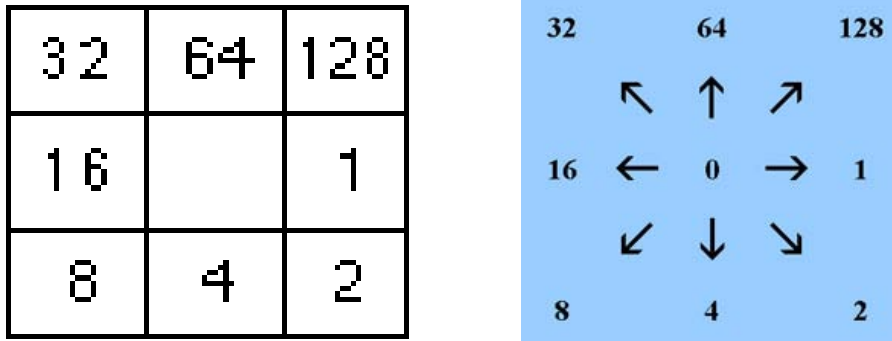
8. Vedlegg 1: Figurer

3.	Materiale og metode	3
	Figur 3.1. Normalavrenningen for Norge i perioden 1961-90	3
	Figur 3.2. Strømningsretningen i et digitale terrennkart	4
	Figur 3.3. Hellingskartet for Kolbotntjernet	5
	Figur 3.4. Eksempel på gridda saltforbruk	6
	Figur 3.5. Indeksering av randa til Kolbotntjernet	7
	Figur 3.6. Illustrasjon av algoritme for avgrensning av nedbørsfeltet	8
	Figur 3.7. Histogrammene til usikkerheten i normalavrenningen, saltfluks og [NaCl]	9
	Figur 3.8. Sannsynligheten for overskridelse av kloridkonsentrasjon for [NaCl] i fig. 3.7c	10
4.	Resultater	11
4.1	Gjersjøen (297)	11
	Figur 4.1.1. Indeksering av Gjersjøen, med til sammen alt 869 griddruter	11
	Figur 4.1.2. Spesifikk normalavrenningen (1961-90) i nedbørsfeltet til Gjersjøen	12
	Figur 4.1.3. Hellingskartet (flowdirections) for nedbørsfeltet til Gjersjøen	13
	Figur 4.1.4. Innsjøer og saltede veger i nedbørsfeltet til Gjersjøen	14
	Figur 4.1.5. Dreneringsalealet til hver griddrute langs randa til Gjersjøen	15
	Figur 4.1.6. Gridda avrenning langs randa til Gjersjøen	16
	Figur 4.1.7. Gridda gjennomsnittlig saltkonsentrasjon langs randa til Gjersjøen	17
	Figur 4.1.8. Gj. salt-, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Gjersjøen	18
	Figur 4.1.9. Gjennomsnittsverdier langs saltførende del av randa til Gjersjøen	19
	Figur 4.1.10. Observert dybdeprofil (18.10.2005) i Gjersjøen	20
4.2	Kolbotntjernet (5537)	21
	Figur 4.2.1. Indeksering av randa til Kolbotntjernet	21
	Figur 4.2.2. Spesifikk normalavrenning (1961-90) i nedbørsfeltet til Kolbotntjernet	22
	Figur 4.2.3. Dreneringsalealet til hver griddrute langs randa til Kolbotntjernet	23
	Figur 4.2.4. Gj. saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Kolbotntjernet	24
	Figur 4.2.5. Observert dybdeprofil (18.10.2005) i Kolbotntjernet	25
4.3	Nordbytjernet (4228)	26
	Figur 4.3.1. Spesifikk normalavrenning (1961-90) i nedbørsfeltet til Nordby-tjernet	26
	Figur 4.3.2. Hellingskartet til Nordbytjernet	27
	Figur 4.3.3. Gj. saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Nordbytjernet	28
	Figur 4.3.4. Observert dybdeprofil (19.10.2005) i Nordbytjernet	29
4.4	Tussetjernet (5611)	30
	Figur 4.4.1. Indeksering av randa til Tussetjernet	30
	Figur 4.4.2. Spesifikk normalavrenning (1961-90) i nedbørsfeltet til Tussetjernet	31
	Figur 4.4.3. Hellingskartet til Tussetjernet	32
	Figur 4.4.4. Dreneringsalealet til hver griddrute langs randa til Tussetjernet	33
	Figur 4.4.5. Gj. saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Tussetjernet	34
	Figur 4.4.6. Observert dybdeprofil (18.10.2005) i Tussetjernet	35
4.5	Steinsrudtjernet (5320)	36
	Figur 4.5.1. Spesifikk normalavrenning (1961-90) i nedbørsfeltet til Steinsrud-tjernet	36
	Figur 4.5.2. Hellingskartet til Steinsrudtjernet	37
	Figur 4.5.3. Gj. saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Steinsrudtjernet	38
	Figur 4.5.4. Observert dybdeprofil (22.11.2005) i Steinsrudtjernet	39
4.6	Råtjernet (144423)	40
	Figur 4.6.1. Indeksering av Råtjernet	40
	Figur 4.6.2. Spesifikk normalavrenning (1961-90) i nedbørsfeltet til Råtjernet	41
	Figur 4.6.3. Hellingskartet til Råtjernet	42
	Figur 4.6.4. Gj. saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Råtjernet	43
	Figur 4.6.5. Observert dybdeprofil i Råtjernet	44
5.	Diskusjon	45
5.8	Oppsummering	45
	Figur 5.8.1. Beregnet gj. Kloridkons. og observert kloridkonsentrasjon på 1 m dyp	45
	Figur 5.8.2. Beregnet gj. maks. kloridkons. langs randa og obs. kloridkons. i bunnvannet	46
	Figur 5.8.3. Kriterier for tetthetssjiktning	47
5.10	Menneskelig aktivitet eller naturlige prosesser?	48
	Figur 5.10.1. Tverrsnitt av to hovedtyper innsjøer med hensyn til sirkulasjonsmønster	48

Normalavrenning 1961-1990

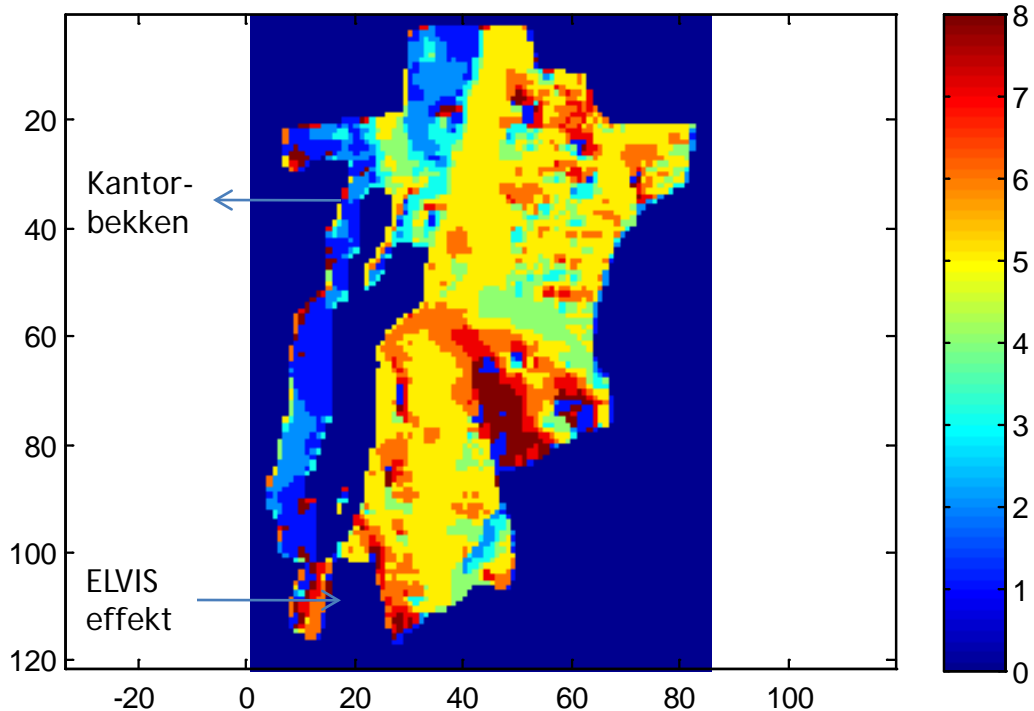


Figur 3.1. Normalavrenningen for Norge i perioden 1961-90 (Beldring m.fl. (2002; 2003; 2007; 2008) og Engen-Skaugen, 2007)



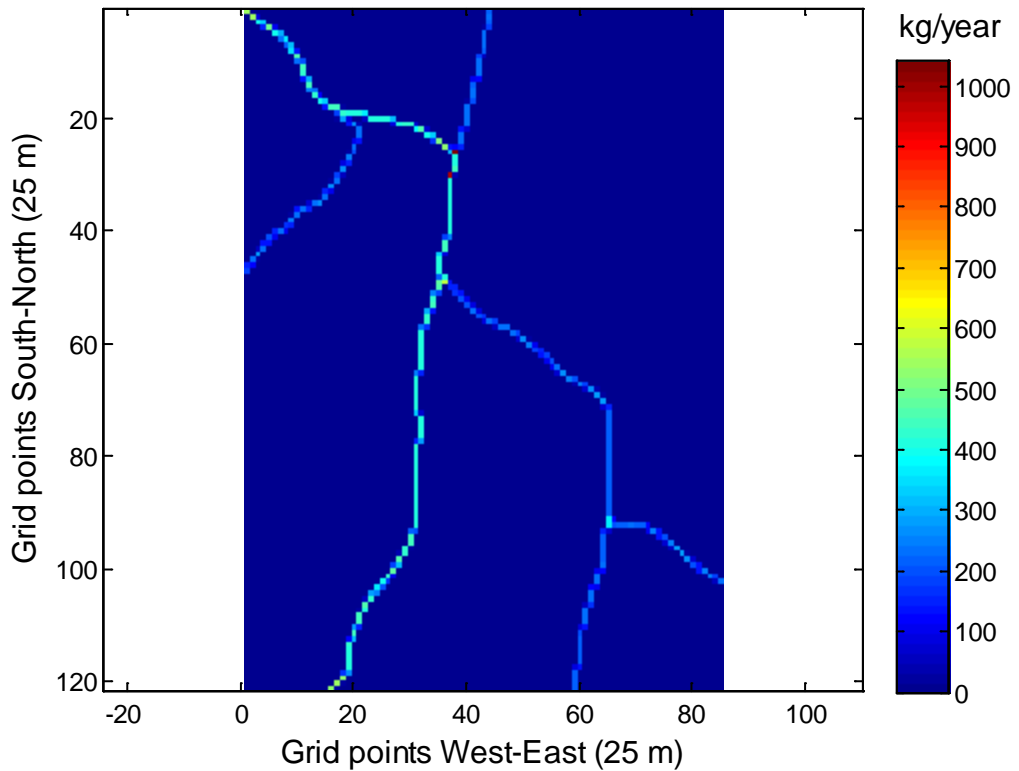
Figur 3.2. Et digitale terrenkartet uten bifurkasjon har tallverdiene, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 eller 128. Strømningsretningen er vist i figuren til høyre. Dersom det er bifurkasjon er strømningsretningen angitt som summen av to av tallene. Hvis tallet er 3, betyr det at vannet drenerer både mot øst og sørøst. Hellingskartene som er brukt i dette prosjektet har ingen bifurkasjon.

Kolbotntjernet - flowdirections

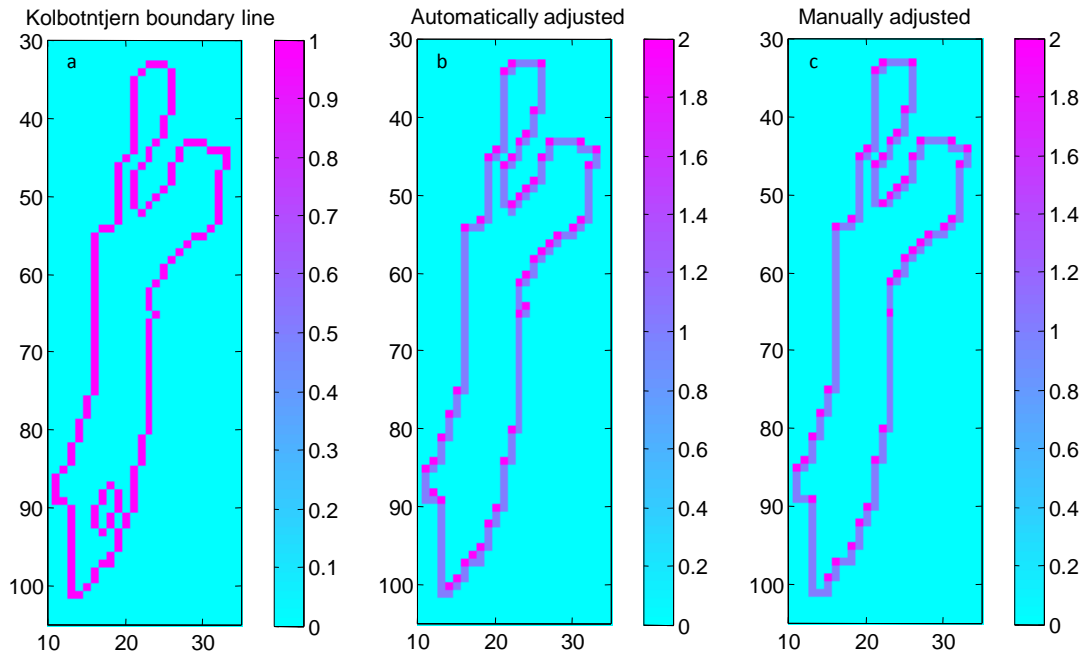


Figur 3.3. Hellingskartet viser hellingsretningen F , til terrenget som $F=2^r$, hvor $r=0,1,2,3,4,5,6,7$. Fargekoden er gitt som $1+\log_2(F)$, dvs. 1 - øst, 2 - sørøst, 3 - sør, 4 - sørvest, 5 - vest, 6 - nordvest, 7 - nord, og 8 - nordøst. Øst for Kolbotntjernet er hellingsretningen hovedsakelig mot vest, mens på vestsiden heller terrenget vesentlig mot øst. Fargekode 0 er enten Kolbotntjernet eller utenfor nedbørsfeltet. Utløpet fra Kantorbekken går i kulvert til Kantorbekken. I NVEs elvestrengdatabase (ELVIS) er utløpet av Kolbotntjernet lagt mot sør. Redigering av ELVIS er løpende aktivitet i NVE. Innbøyingen i nedbørsfeltet markert med pil, er med andre ord en såkalt ELVIS effekt.

Average Use of Roadsalt in the Kolbotn Lake Catchment



Figur 3.4. Eksempel på gridda saltforbruk i nedbørsfeltet til Kolbotntjernet. Griddinga er basert på gjennomsnittlig forbruk av vegsalt fra 2005 til 2008.



Figur 3.5. Indeksering av randa til Kolbotntjernet. Direkte indeksering (a), automatisk innfylling av åpne diagonaler (b) og manuell justering (c).

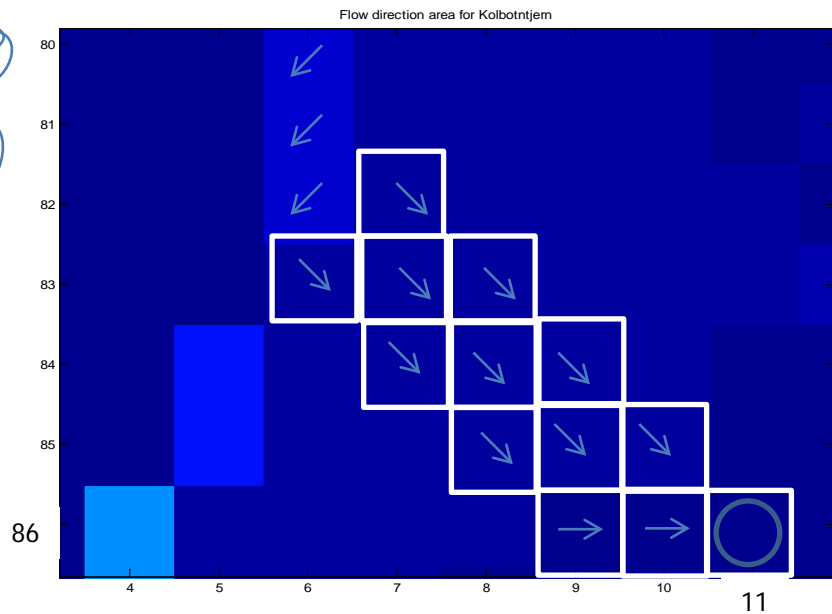
Controll:

For lake boundary index (lbi(2,:)=11,86) the drainage area is equal to:

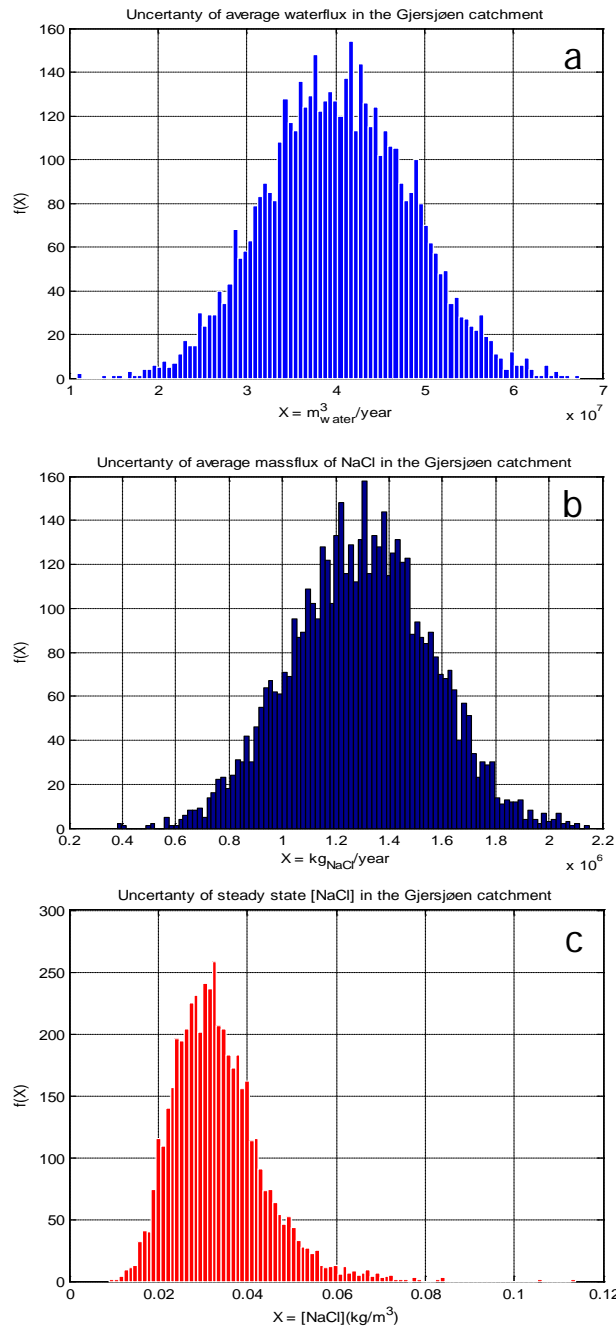
```
>> (x,y)=[area(2,1:13,1)', area(2,1:13,2)']
```

xy =

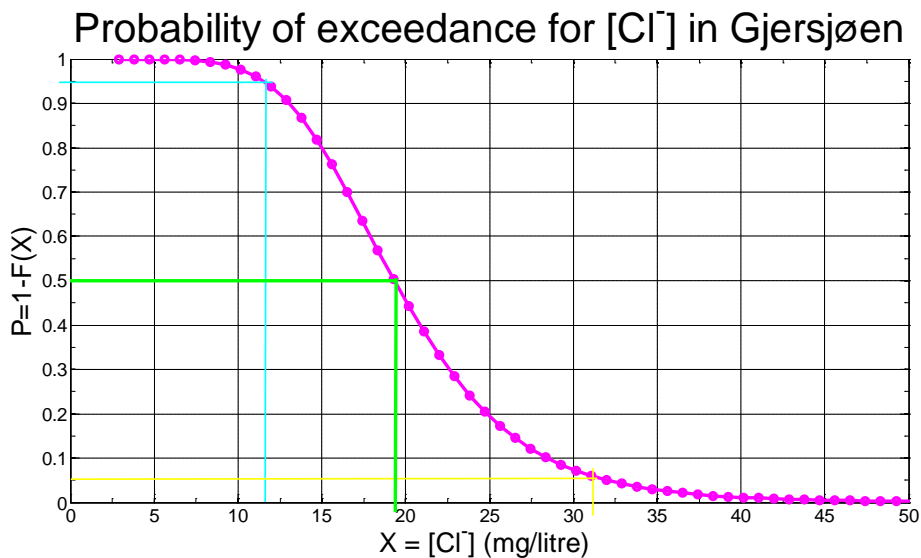
11	86	
10	86	
10	85	←
9	86	←
9	85	←
9	84	←
8	85	←
8	84	←
8	83	
7	84	
7	83	
7	82	
6	83	



Figur 3.6. Illustrasjon av algoritme for avgrensning av nedbørsfeltet til innsjøelement 11,86.



Figur 3.7. Histogrammene viser (a) sannsynlighet tetthets funksjon til normal avrenningen $E[X] \sim 4 \times 10^7$ ($\text{m}^3/\text{år}$) og standardavvik = $0.2E[X]$, (b) sannsynlighet tetthets funksjon til massefluksen av NaCl med forventning $E[X] \sim 1.3 \times 10^6$ ($\text{kg}/\text{år}$) og standardavvik = $0.2E[X]$, og (c) sannsynlighet tetthets funksjon til [NaCl] slik den framkommer når man deler massefluksen av NaCl ($\text{kg}/\text{år}$) med avrenningen ($\text{m}^3/\text{år}$). Selv om både usikkerheten til massefluksen og normal avrenningen er Gaussiske sannsynlighet tetthetsfunksjoner, blir ikke usikkerheten for [NaCl] Gaussisk fordelt. Eksemplet er hentet fra nedbørsfeltet til Gjørsjøen.

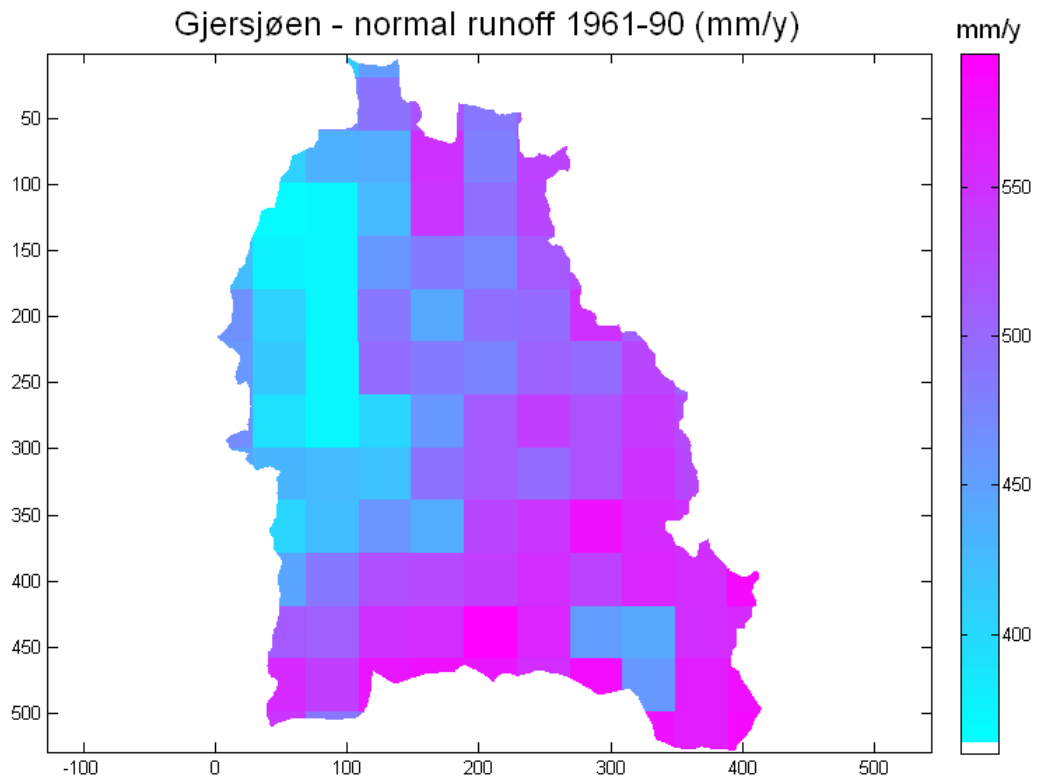


Figur 3.8. Med den oppgitte usikkerheten i datagrunnlaget (c.f. fig. 3.7) er sannsynligheten 0.95 for at den gjennomsnittlige stasjonære kloridkonsentrasjonen er høyere enn ca. 11 mg/L. Sannsynligheten for høyere konsentrasjon enn ca. 20 mg/L er 0.5. At den reelle gjennomsnittlige stasjonære kloridkonsentrasjonen i Gjersjøen er høyere enn 32 mg/L er 0.05. Eller sagt på annen måte: Det er stor sannsynlighet for at $[Cl^-]$ er høyere enn 10 mg/L, men liten sannsynlighet for at den er høyere enn 30 mg/L. I 2005 ble $[Cl^-]$ målt til 26.8 mg/L på 1 m dyp og 25.4 mg/L på 52 m dyp (Bækken og Haugen, 2006).

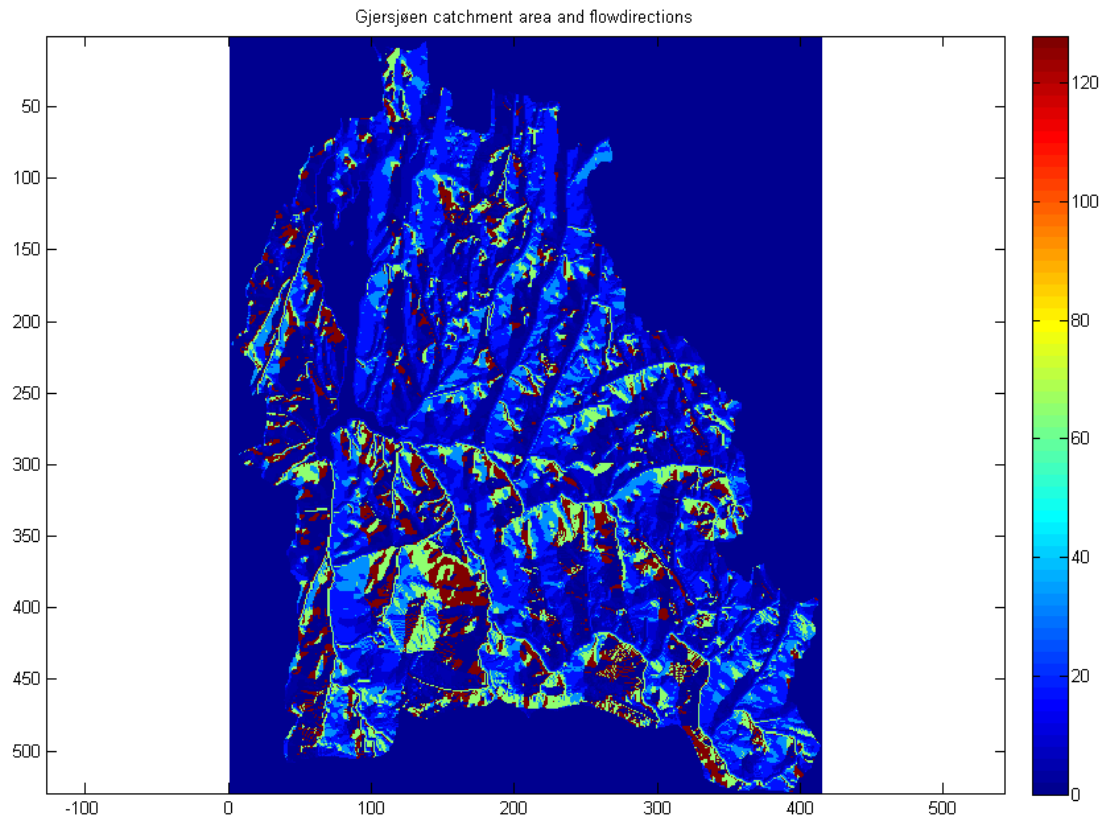
Gjersjøen boundary line - manually adjusted



Figur 4.1.1. Indeksering av Gjersjøen, med til sammen alt 869 griddruter.

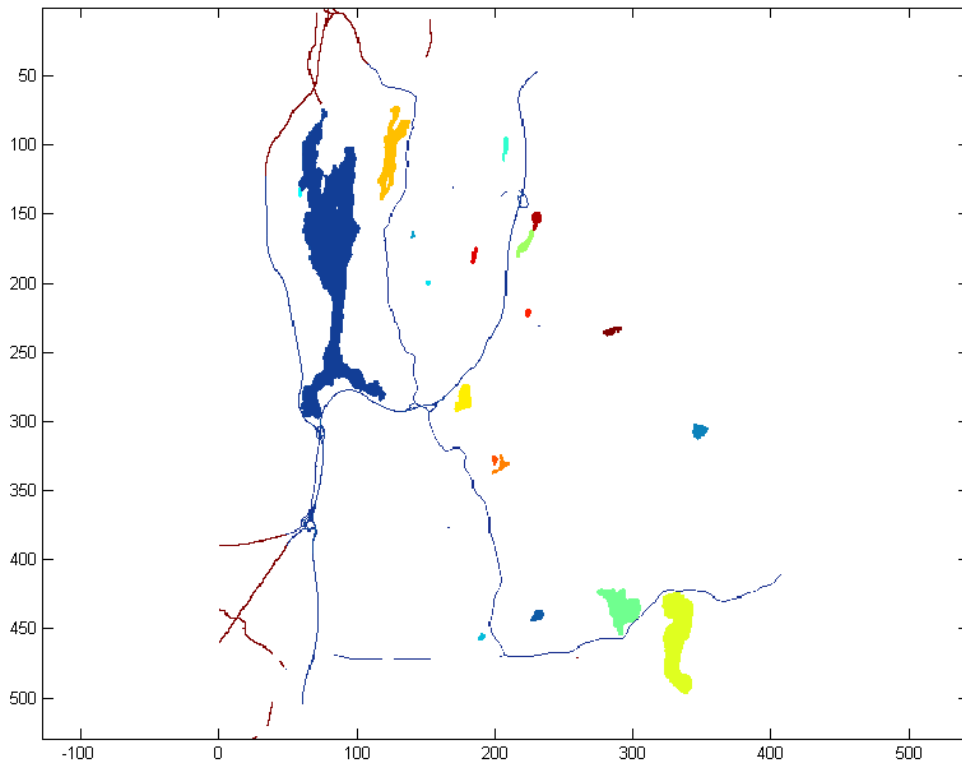


Figur 4.1.2. Spesifikk normalavrenningen (1961-90) i nedbørsfeltet til Gjersjøen.

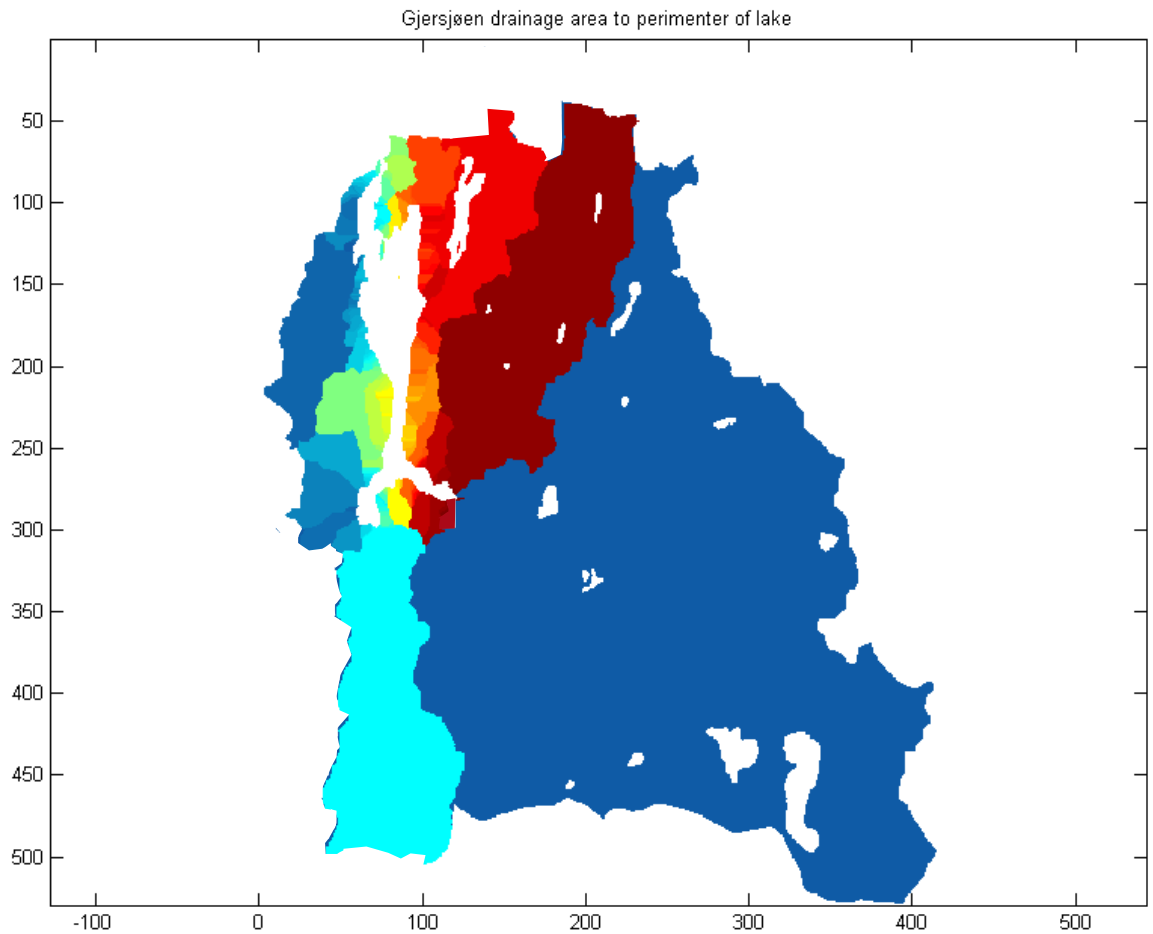


Figur 4.1.3. Hellingskartet (flowdirections) for nedbørsfeltet til Gjersjøen.

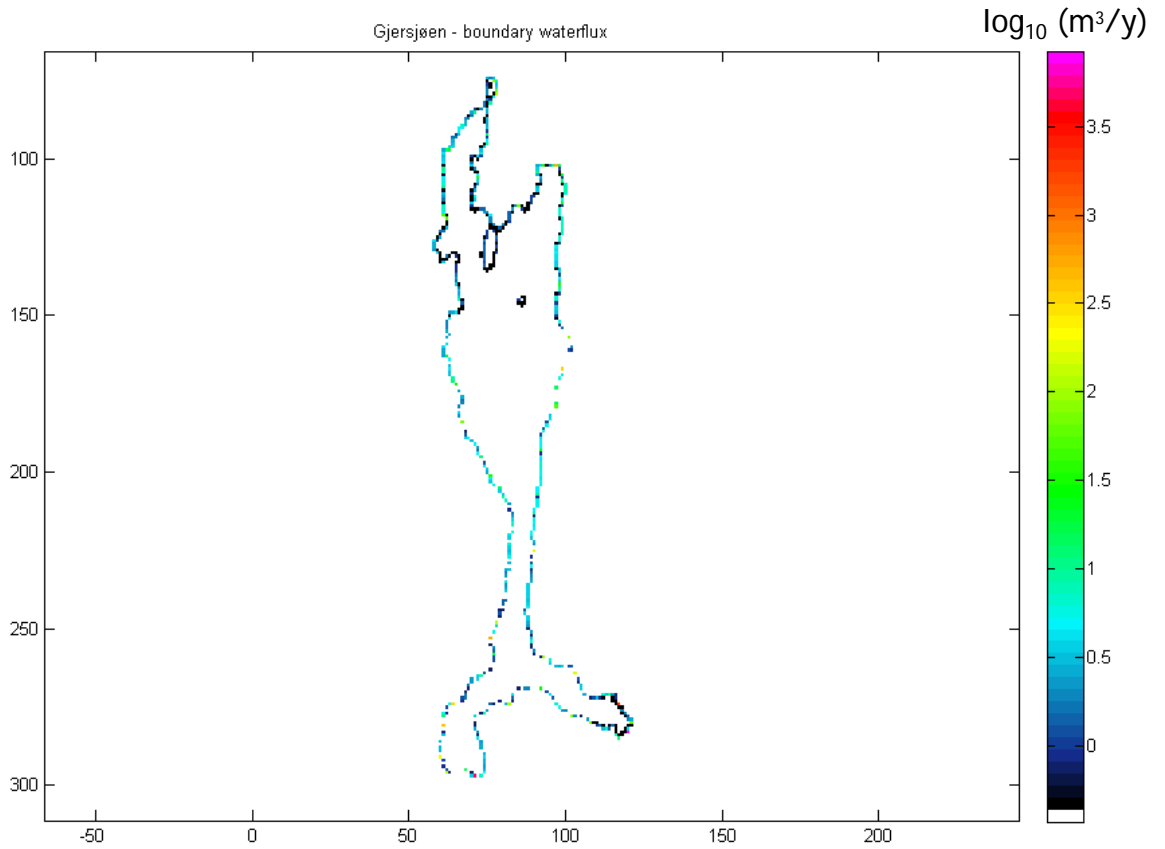
Gjersjøen catchment - lakes and salted roads



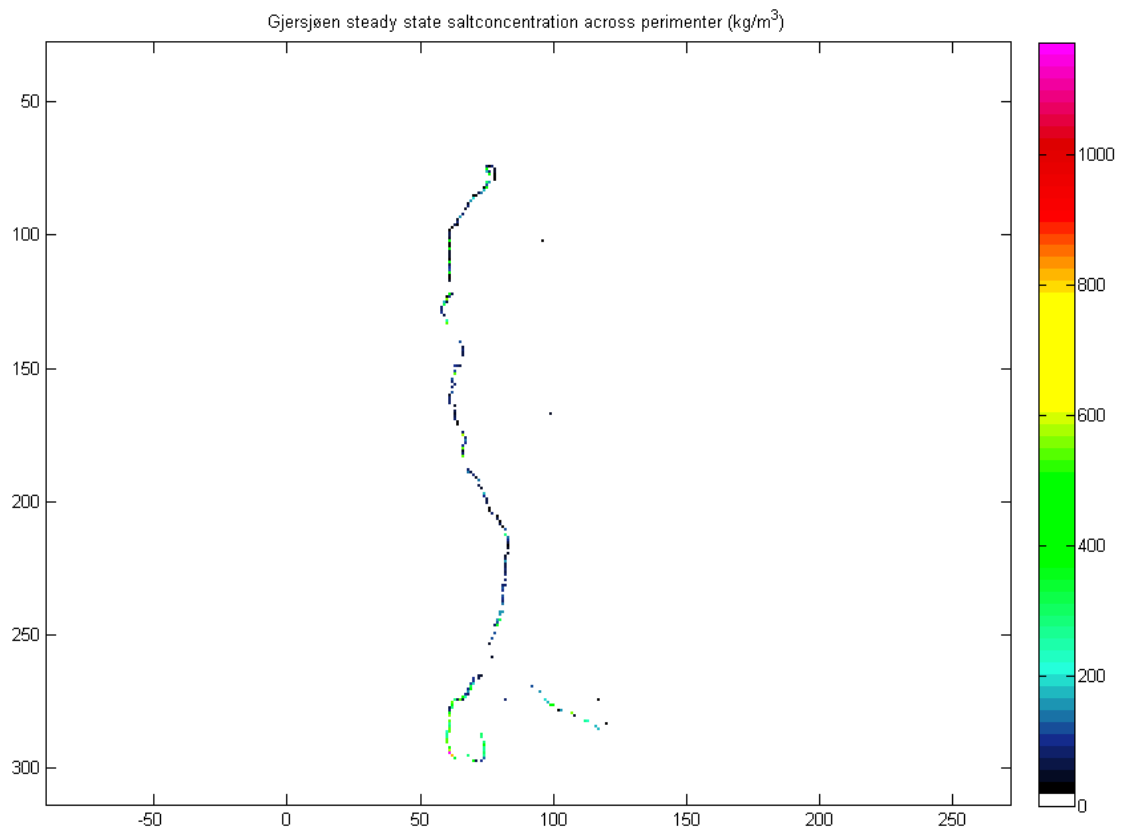
Figur 4.1.4. Innsjøer og saltede veger i nedbørsfeltet til Gjersjøen.



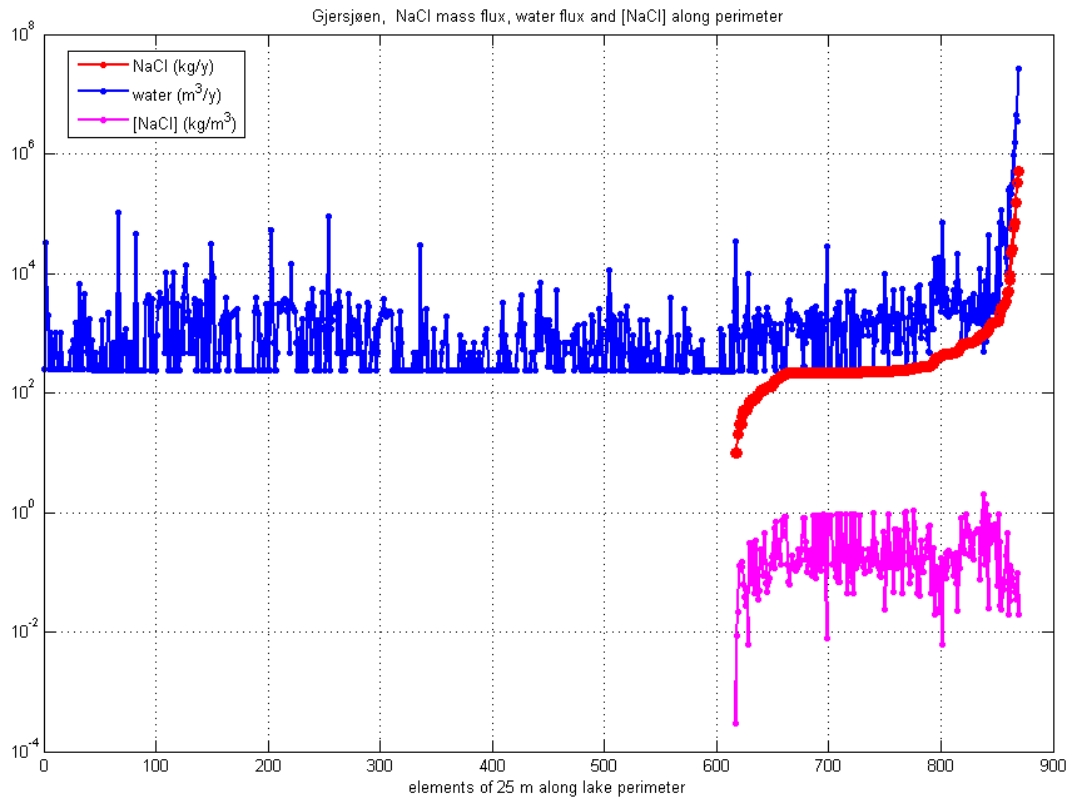
Figur 4.1.5. Dreneringsalealet til hver griddrute langs randa til Gjersjøen. Griddrute 866 som tilsvarer det området hvor Dalsbekken renner ut, drenerer ca. 57% av det totale nedbørsfeltet til Gjersjøen (c.f. tab. 1.1. og 1.2 i vedlegg 2).



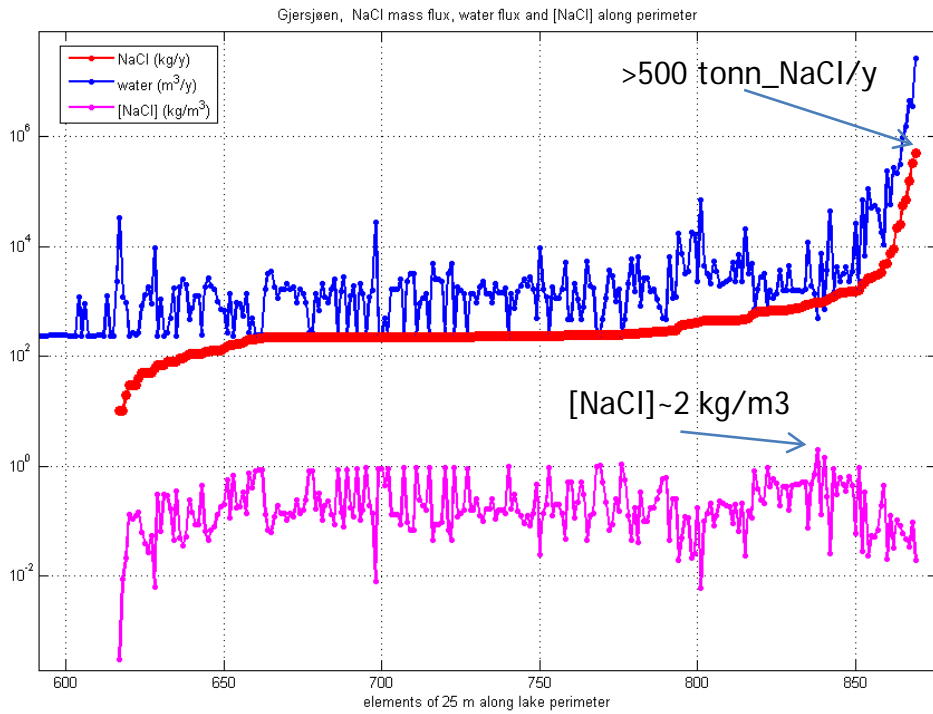
Figur 4.1.6. Gridda avrenning langs randa til Gjersjøen ($\log_{10}(Q)$). (c.f. tab. 1.2 i vedlegg 2).



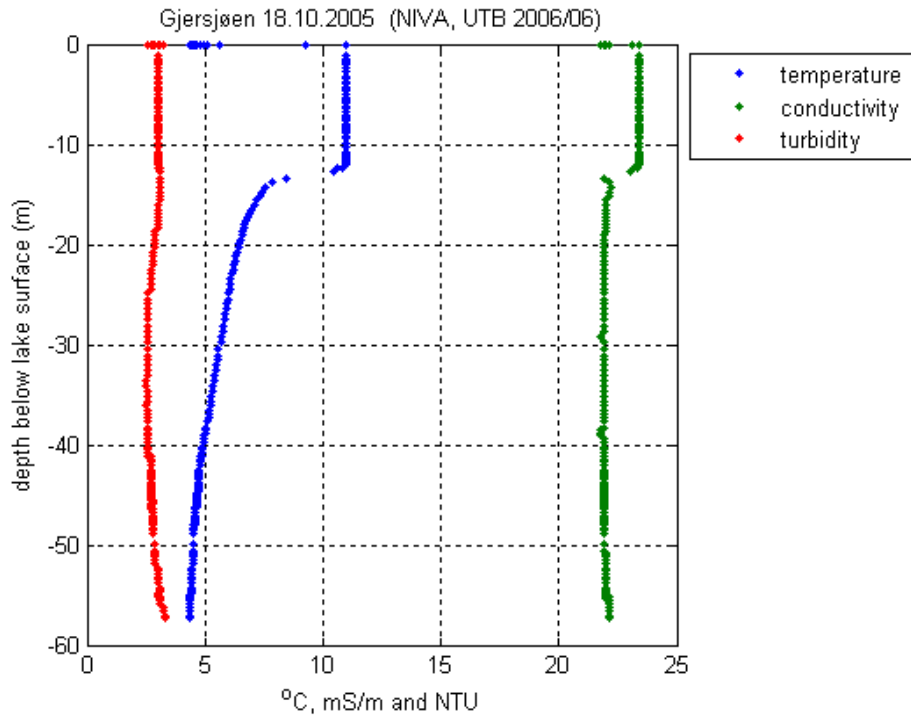
Figur 4.1.7. Gridda gjennomsnittlig saltkonsentrasjon langs randa til Gjersjøen (c.f. tab. 1.2 i vedlegg 2).



Figur 4.1.8. Gjennomsnittlig saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Gjersjøen (c.f. tab. 1.2 i vedlegg 2).

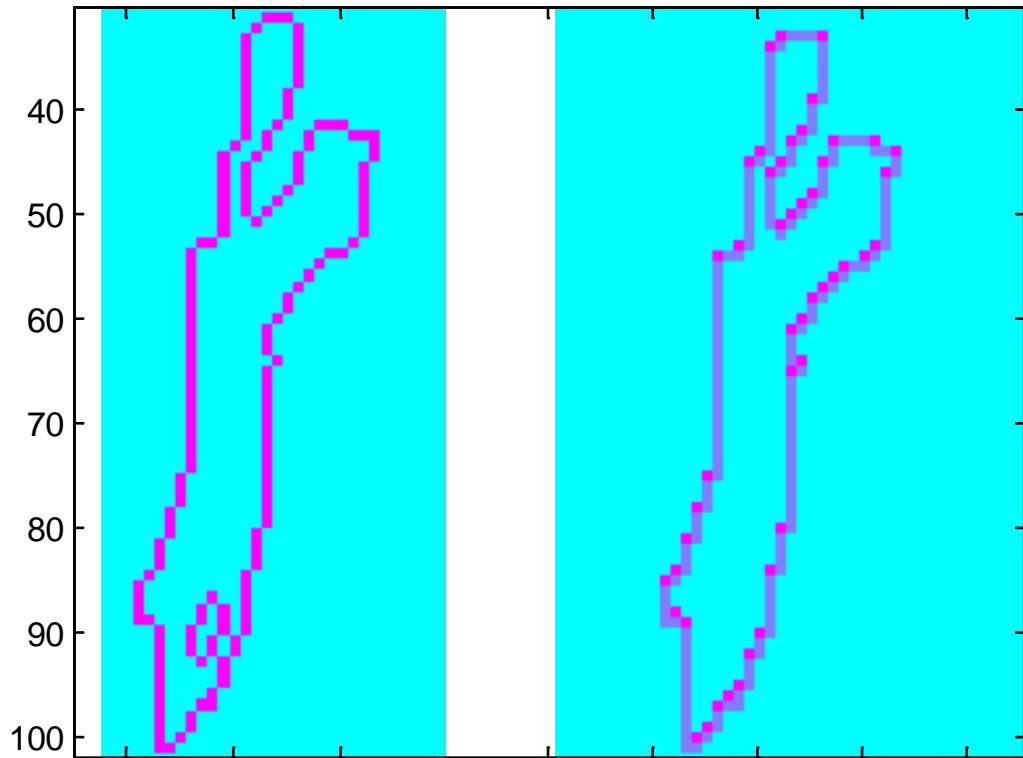


Figur 4.1.9. Gjennomsnittlig saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Gjersjøen for den delen av randa som er saltførende (c.f. tab. 1.2 i vedlegg 2).

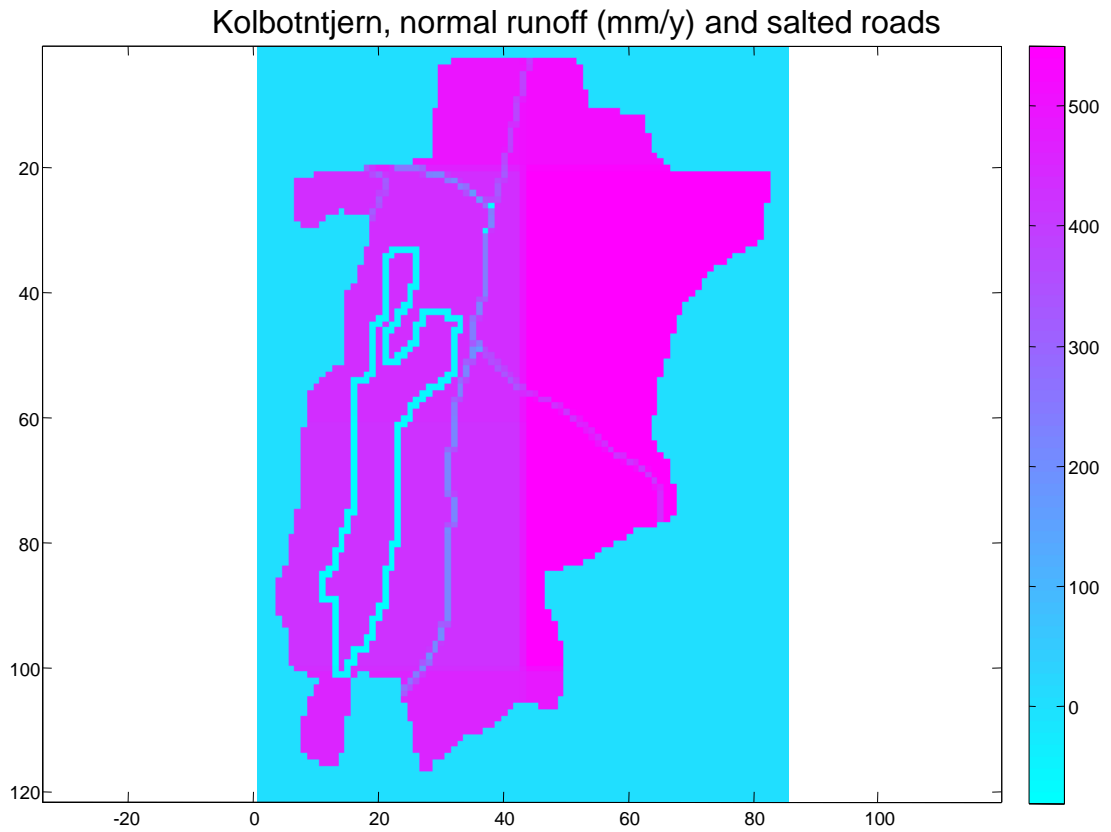


Figur 4.1.10. Observert dybdeprofil (18.10.2005) i Gjersjøen av temperatur (blått), elektrisk ledningsevne (grønt) og turbiditet (rødt). Legg merke til at det er høyest elektrisk ledningsevne i øvre vannlag. Temperatursprangsjiktet på ca. 12 m dyp, viser at det ikke har skjedd noen vertikal sirkulasjon av vannmassene i Gjersjøen på observasjonstidspunktet.

Lake boundaries in the Kolbotntjern - automatic adjusted

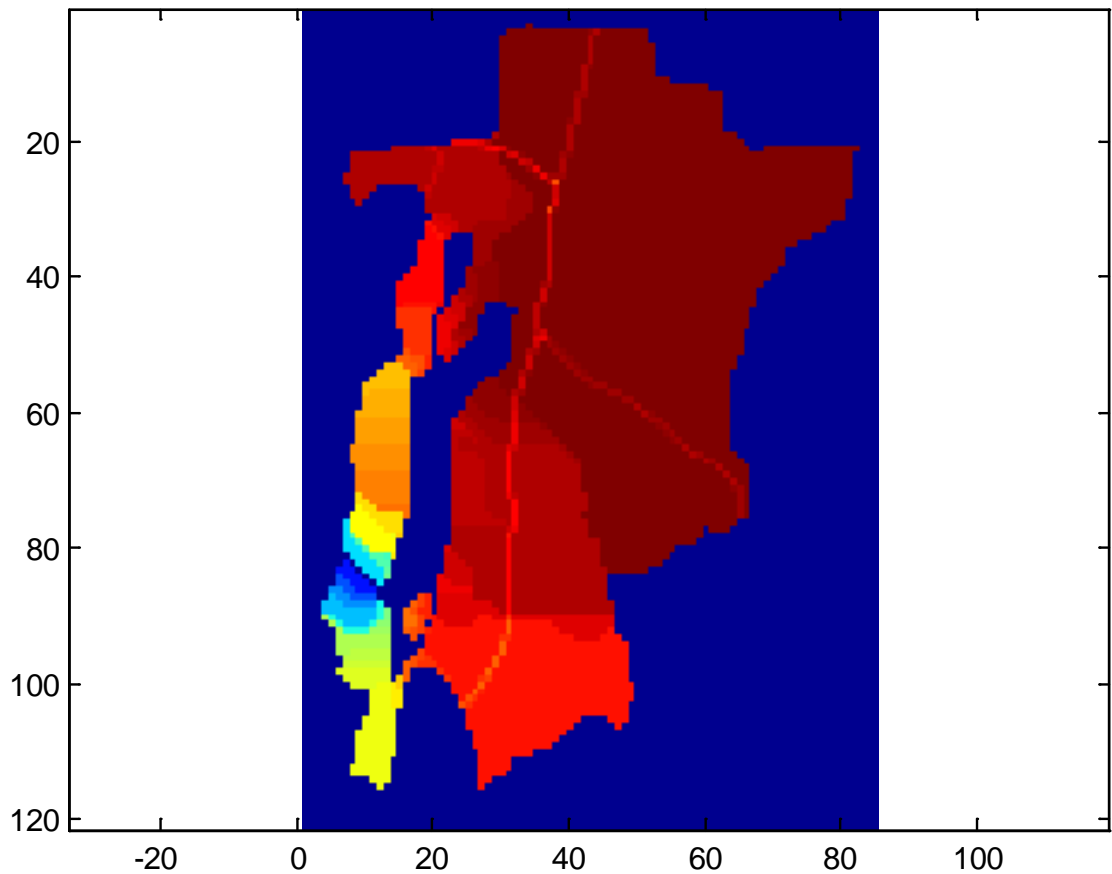


Figur 4.2.1. Indeksring av Kolbotntjernet. Den rettvinkla randa til venstre ble brukt i beregningene.



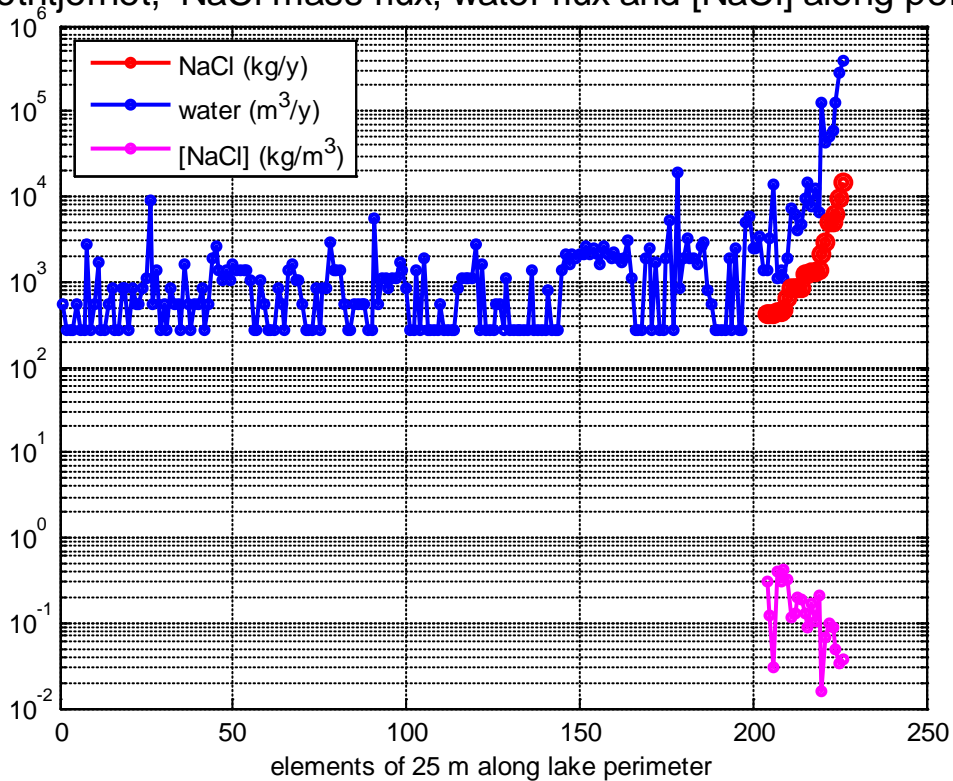
Figur 4.2.2. Spesifikk normalavrenning (1961-90) i nedbørsfeltet til Kolbotntjernet varierer mellom 550 mm/år og 427 mm/år.

Kolbotntjern - drainage area to perimeter elements

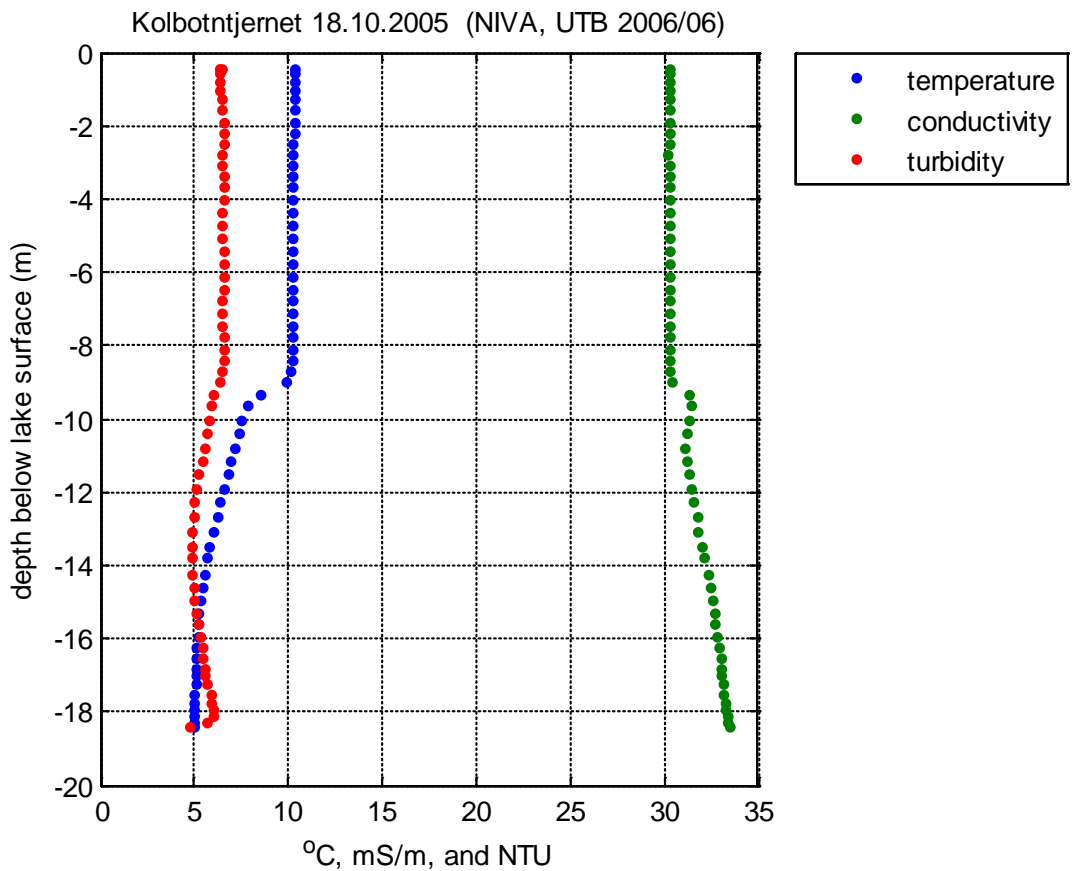


Figur 4.2.3. Dreneringsalealet til hver griddrute langs randa til Kolbotntjernet (c.f. tab. 2.2 i vedlegg 2).

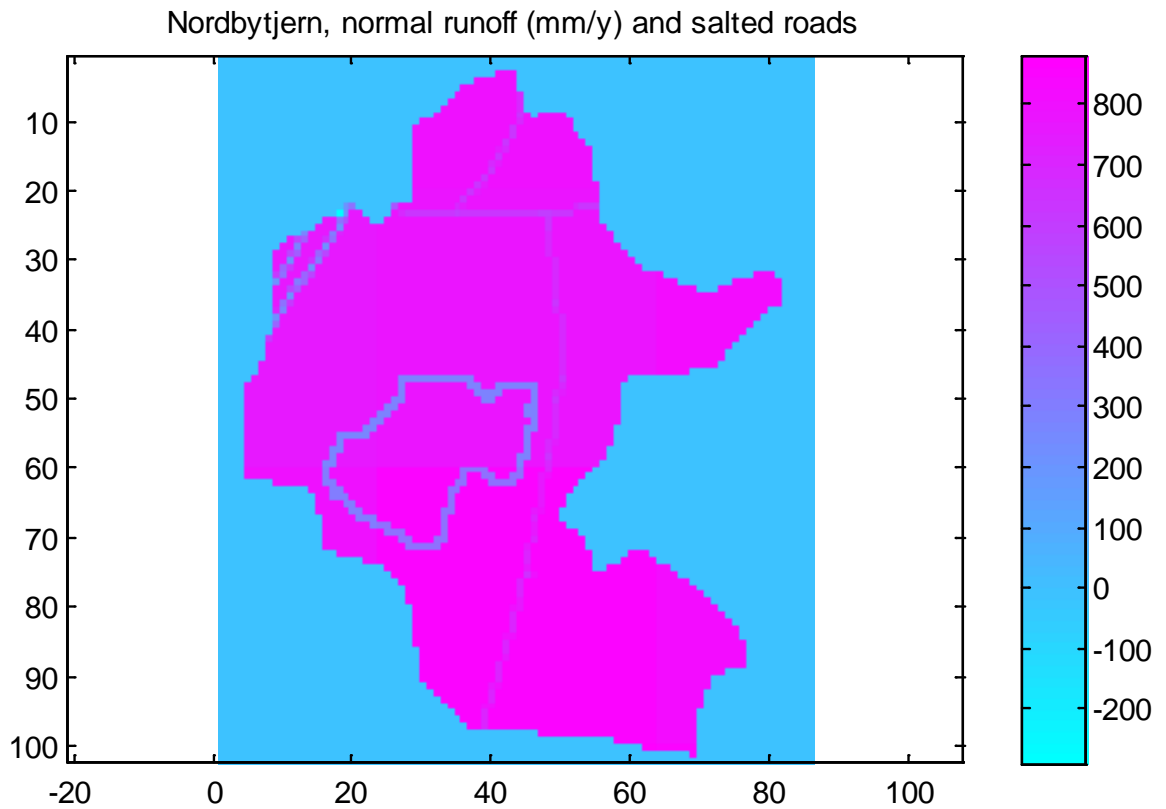
Kolbotntjernet, NaCl mass flux, water flux and [NaCl] along perimet



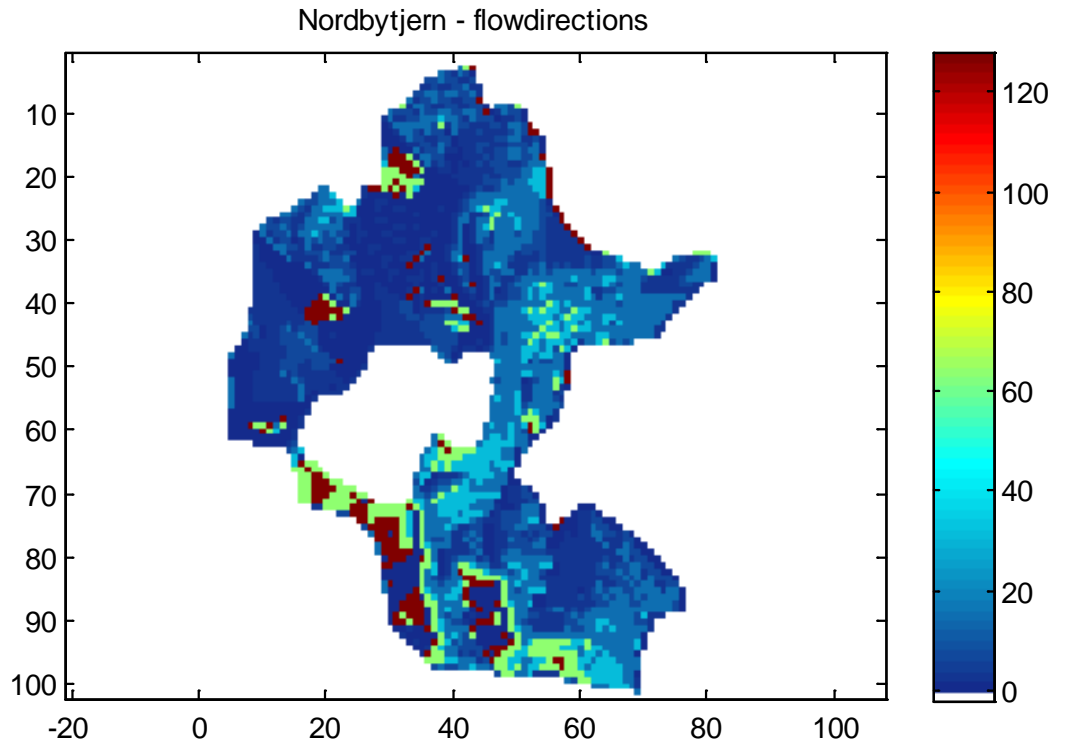
Figur 4.2.4. Gjennomsnittlig saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Kolbotntjernet (c.f. tab. 2.2 i vedlegg 2).



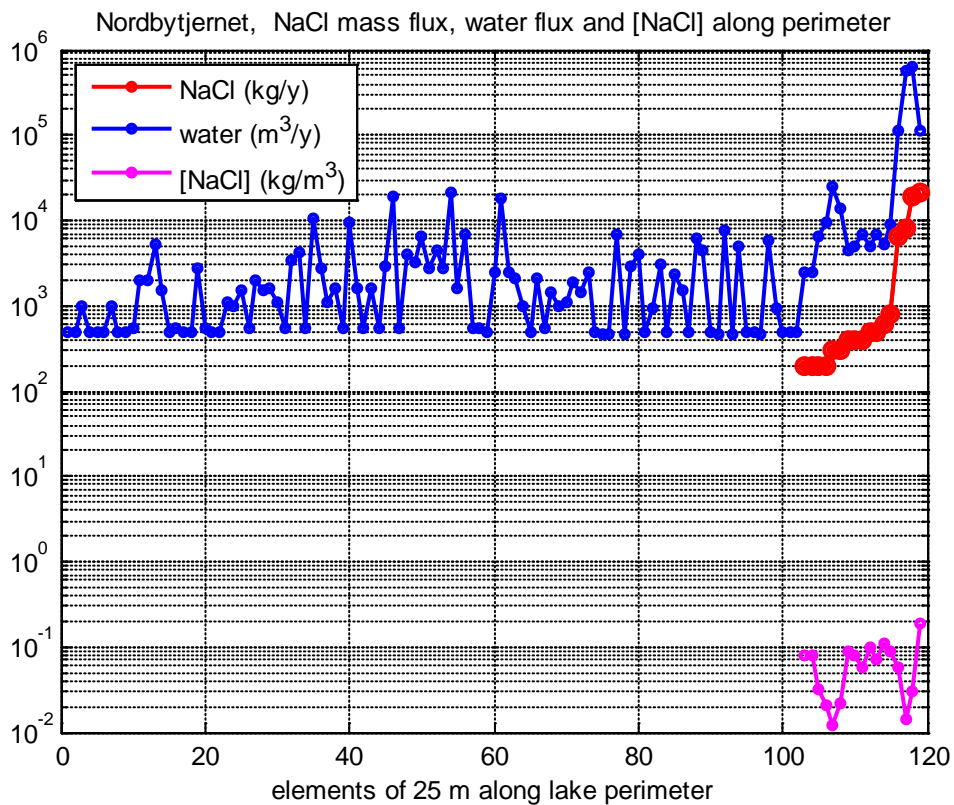
Figur 4.2.5. Observert dybdeprofil (18.10.2005) i Kolbotntjernet av temperatur (blått), elektrisk ledningsevne (grønt) og turbiditet (rødt). Temperatursprangsjiktet på ca. 9 m dyp, viser at det ikke har skjedd noen vertikal sirkulasjon av vannmassene i tjernet på observasjonstidspunktet.



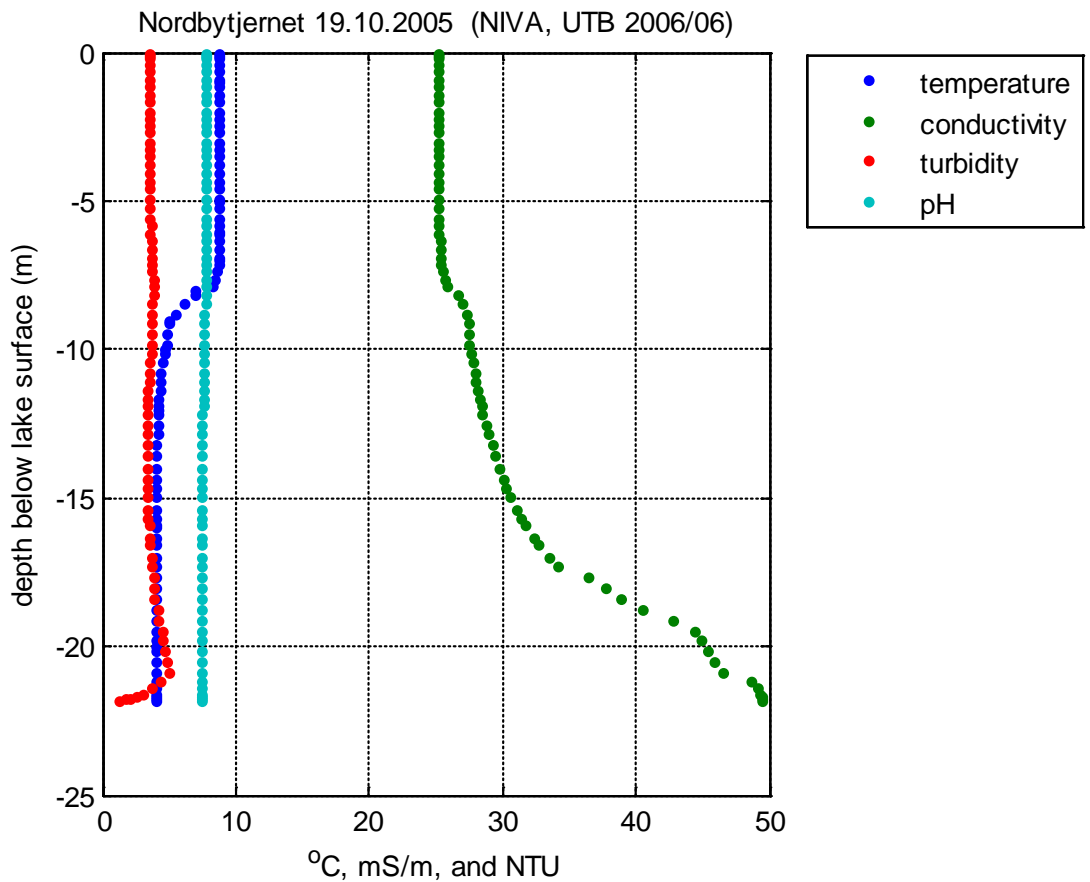
Figur 4.3.1. Spesifikk normalavrenning (1961-90) i nedbørsfeltet til Nordbytjernet varierer mellom 882 mm/år og 760 mm/år .



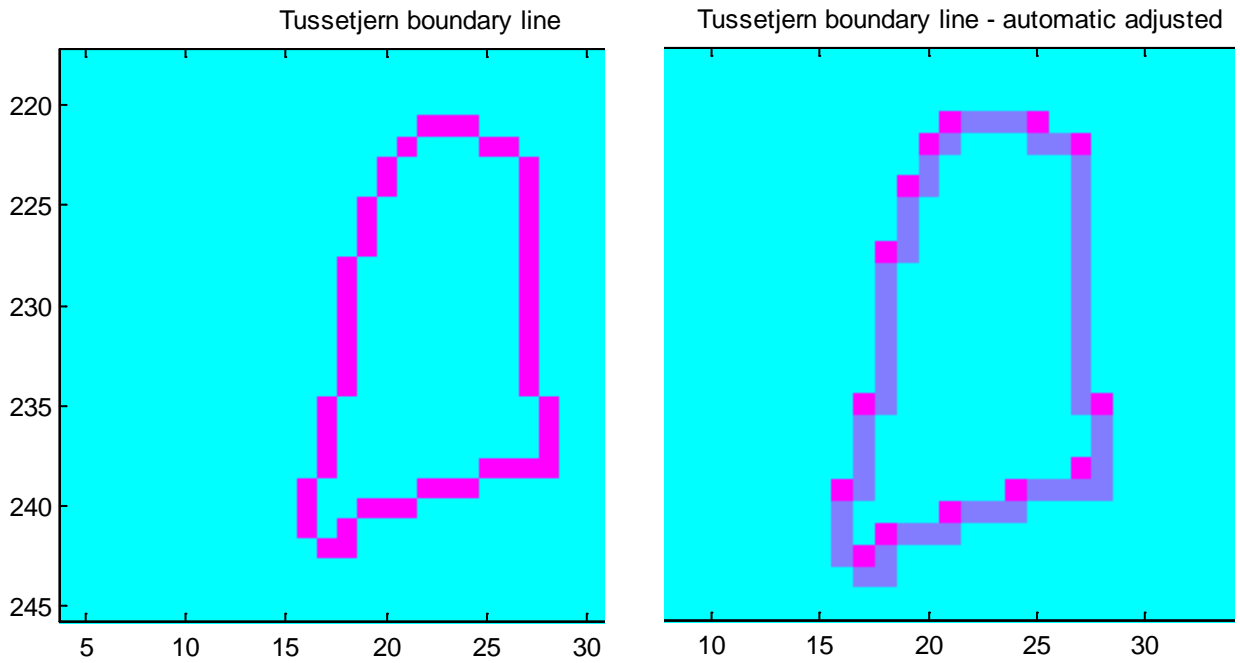
Figur 4.3.2. Hellingskartet til Nordbytjernet.



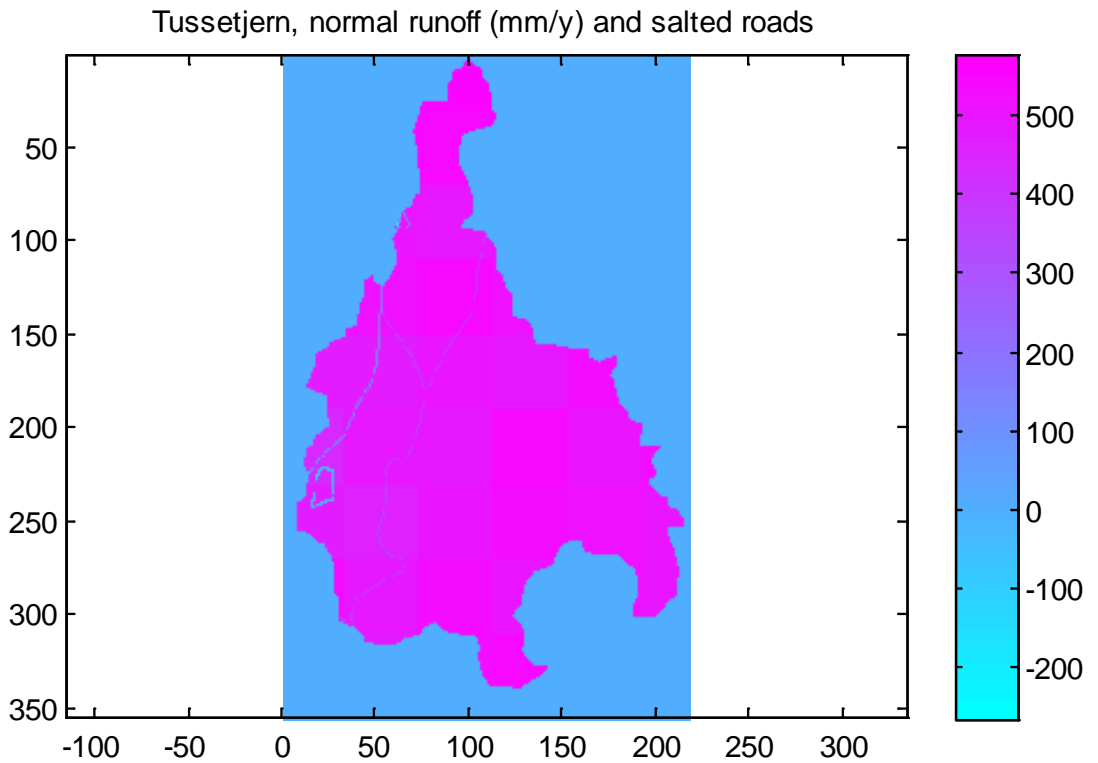
Figur 4.3.3. Gjennomsnittlig saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Nordbytjernet (c.f. tab. 3.2 i vedlegg 2).



Figur 4.3.4. Observert dybdeprofil (19.10.2005) i Nordbytjernet. Temperaturprofilen tyder ikke på noen høstrotasjon. Klorid-konsentrasjonene (15 og 16.8 mg/L på hhv 1 og 20 m dyp). Tyder på at økningen i el.ledningsevne skyldes andre ioner enn klorid.

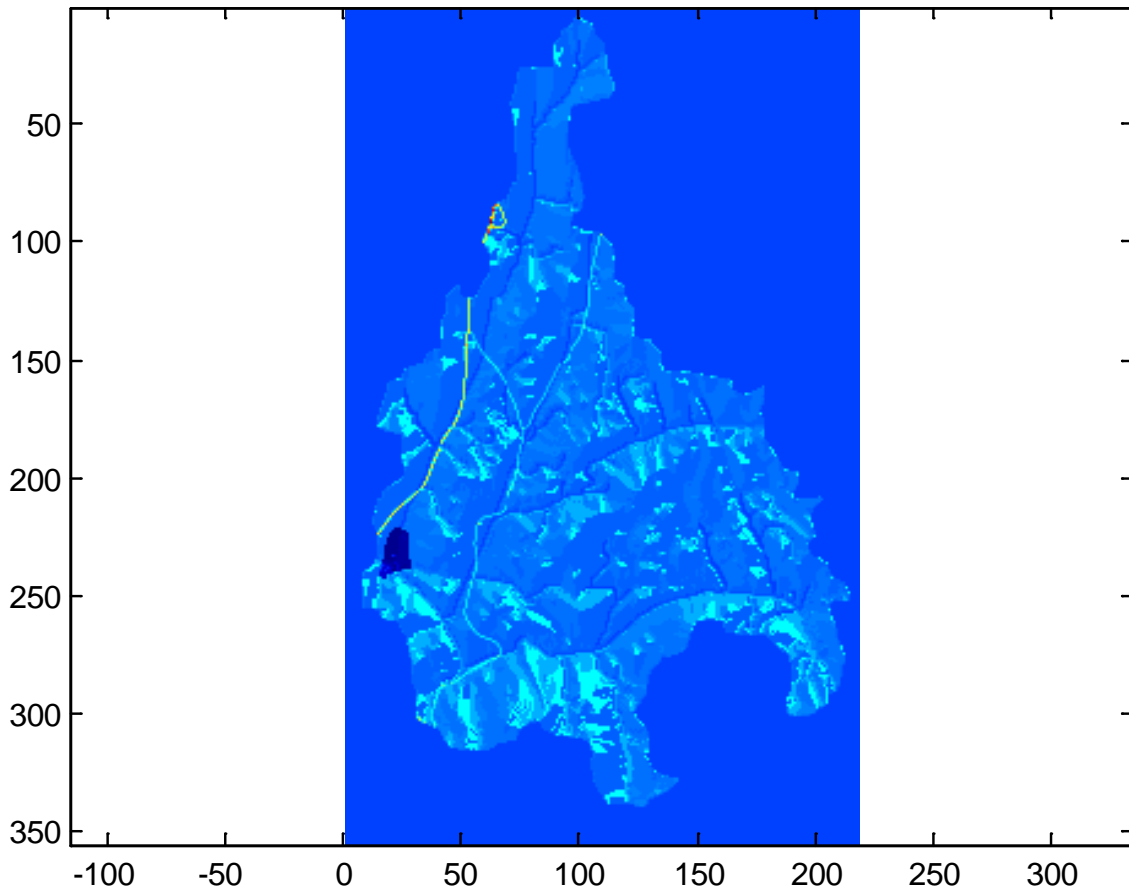


Figur 4.4.1. Indeksring av Tussetjernet. Den rettvinkla randa til venstre ble brukt i beregningene.

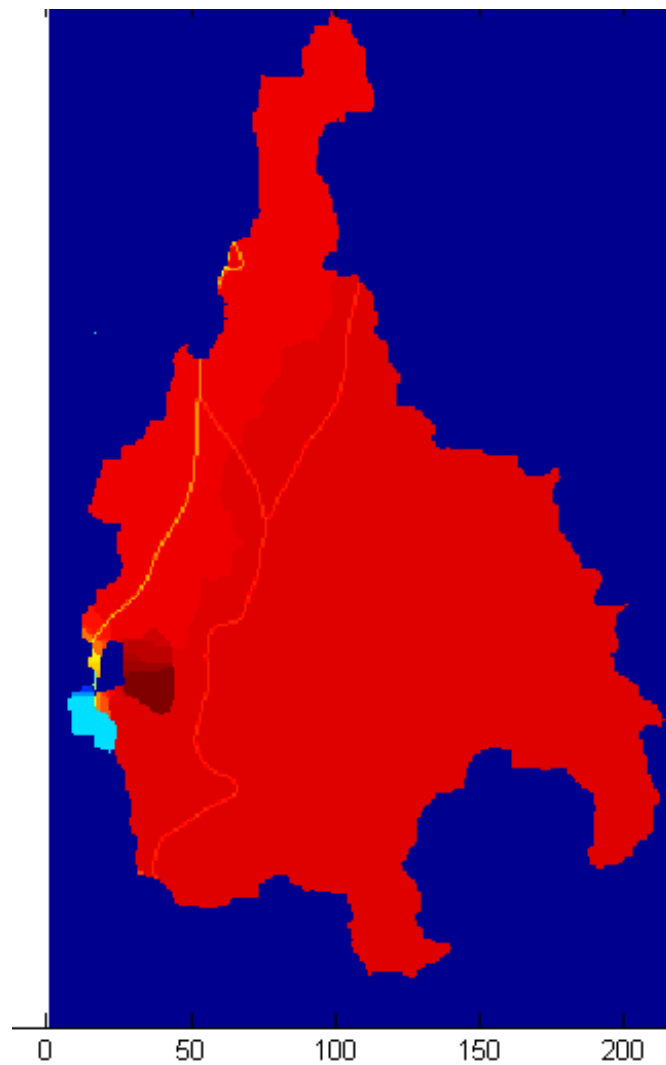


Figur 4.4.2. Spesifikk normalavrenning (1961-90) i nedbørsfeltet til Tussetjernet varierer mellom 577 mm/år og 444 mm/år.

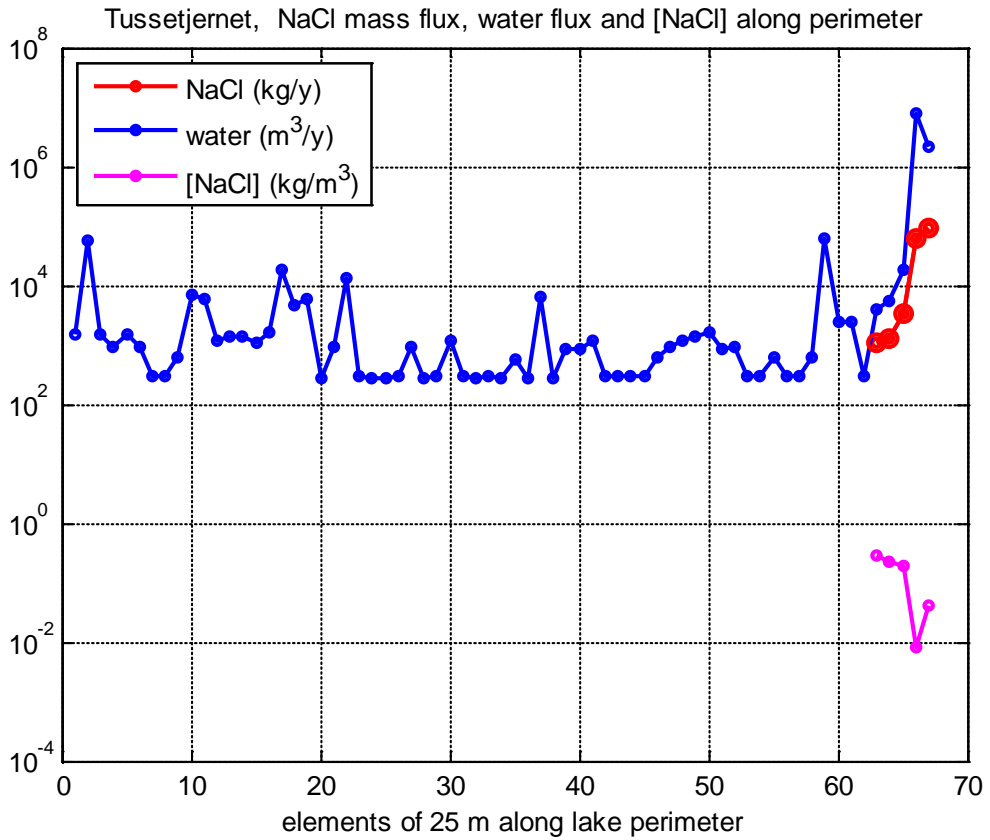
Tussetjern flowdirections and salted roads



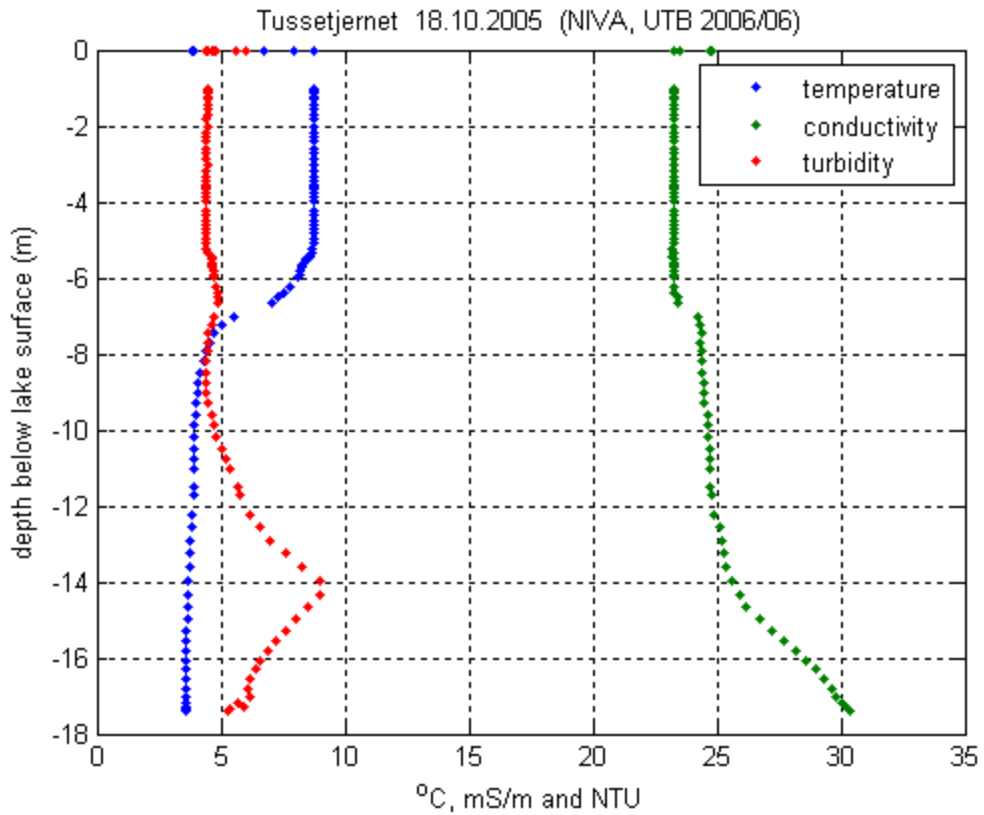
Figur 4.4.3. Hellingskartet til Tussetjernet gjenspeiler lineamenter i berggrunnen. Figuren viser også hvor de saltede vegene ligger i forhold til tjernet.



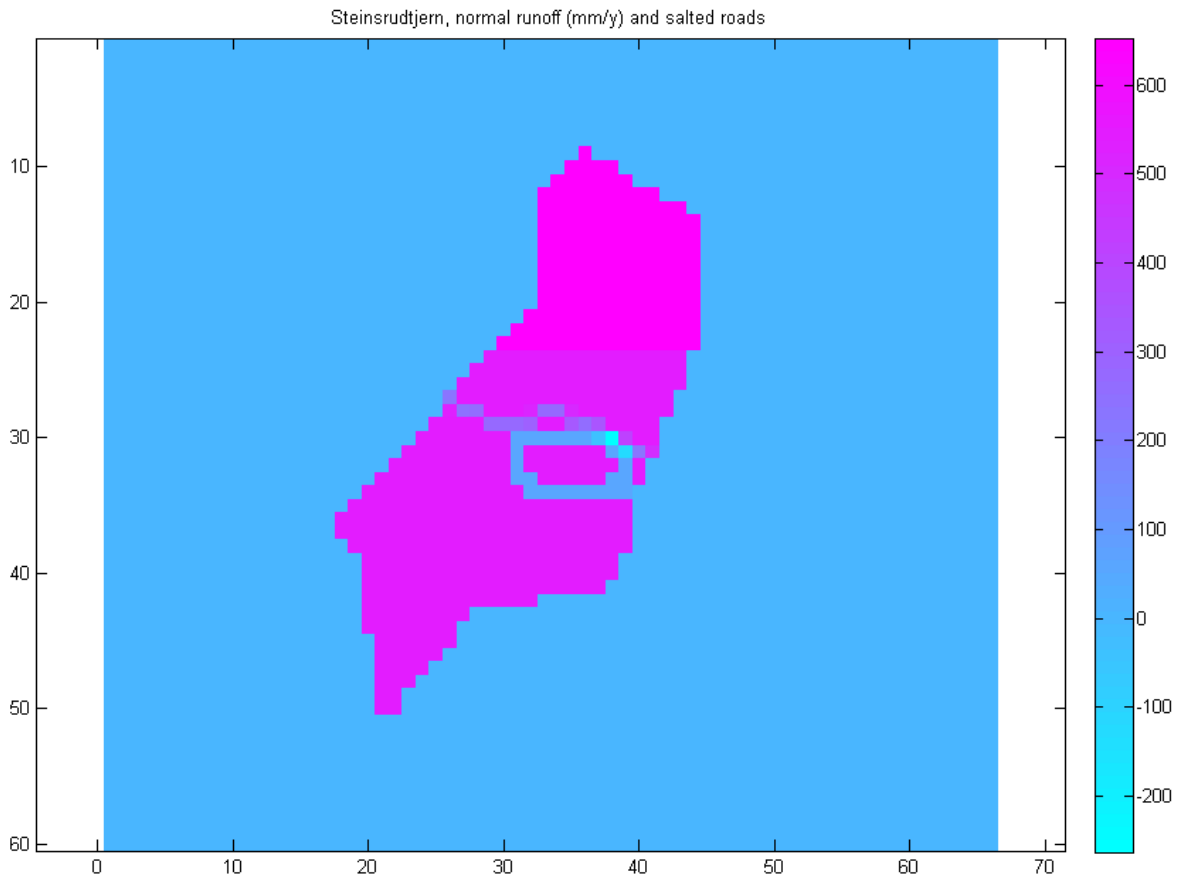
Figur 4.4.4. Dreneringsalealet til hver griddrute langs randa til Tussetjernet (c.f. tab. 4.2 i vedlegg 2).



Figur 4.4.5. Gjennomsnittlig saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Tussetjernet (c.f. tab. 4.2 i vedlegg 2).

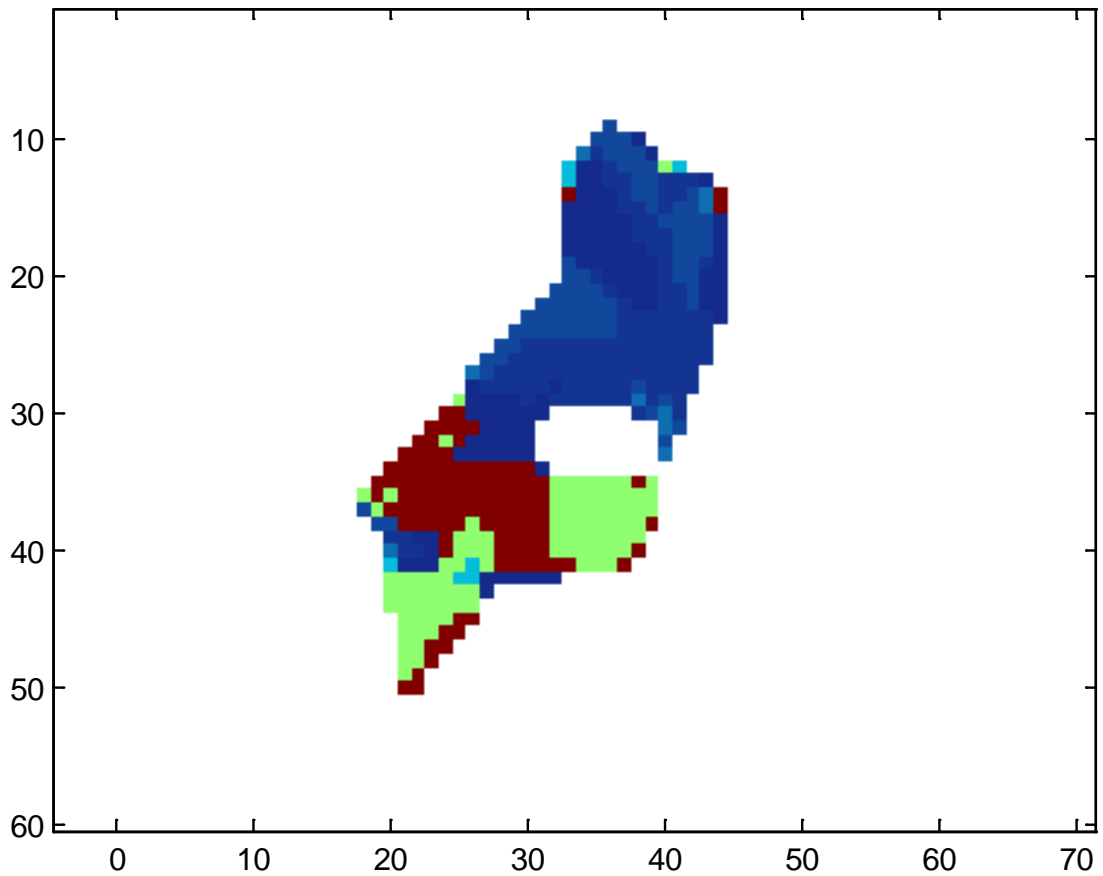


Figur 4.4.6. Observert dybdeprofil (18.10.2005) i Tussetjernet. Temperaturprofillet tyder ikke på noen tegn til høstrotasjon. Turbiditeten kan tyde på tetthetssjiktning på ~14 m dyp.

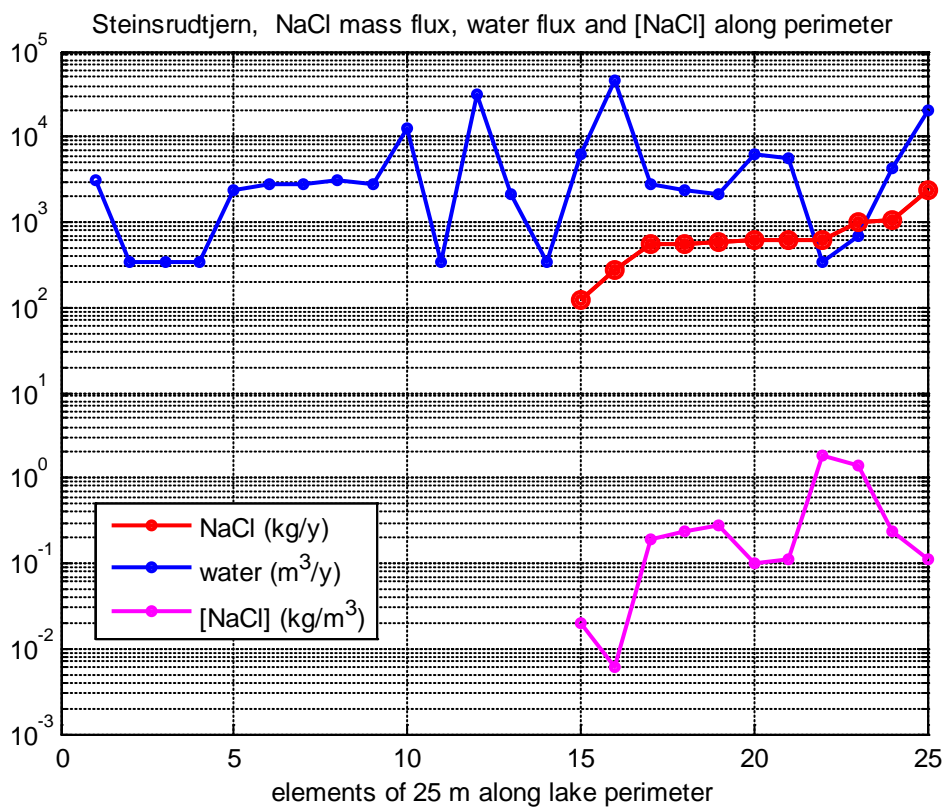


Figur 4.5.1. Spesifikk normalavrenning (1961-90) i nedbørsfeltet til Steinsrudtjernet varierer mellom 653 mm/år og 552 mm/år .

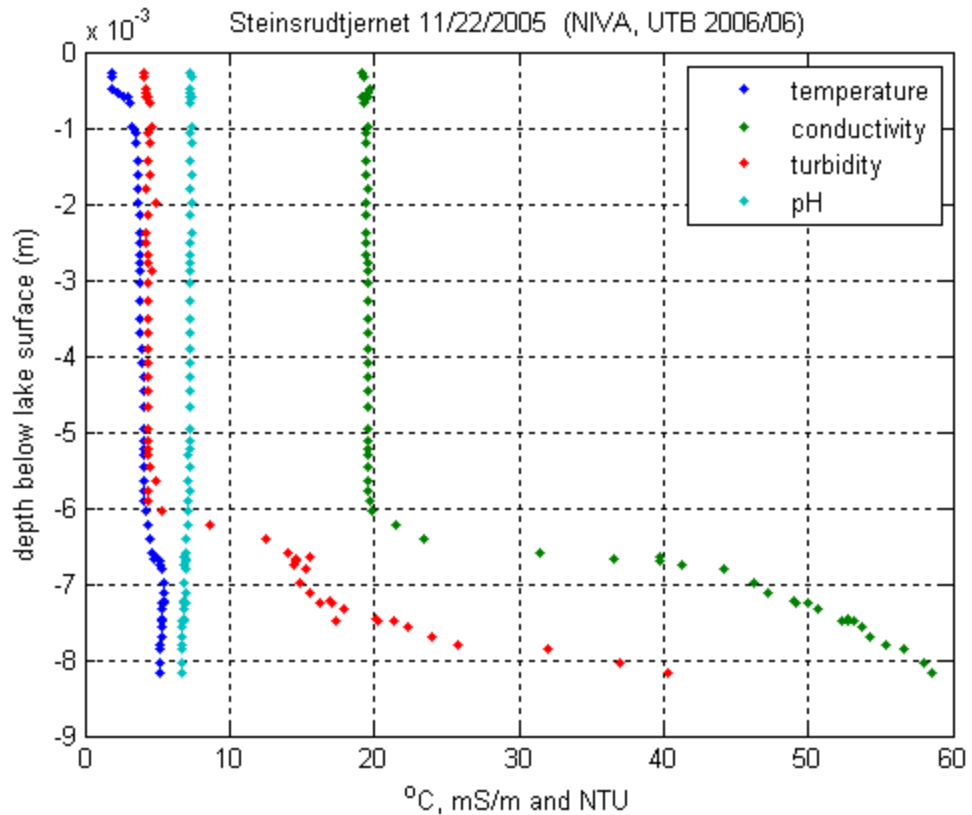
Steinsrudtjern - flowdirections



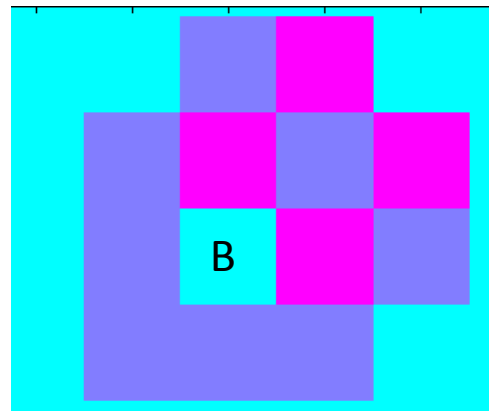
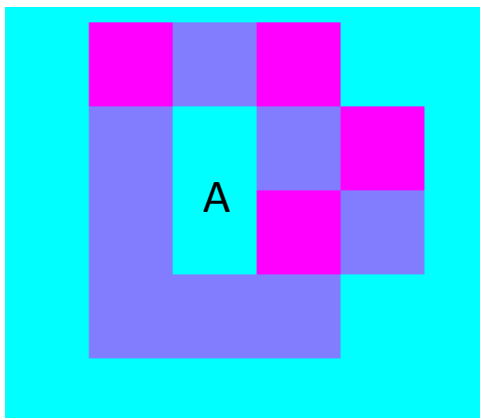
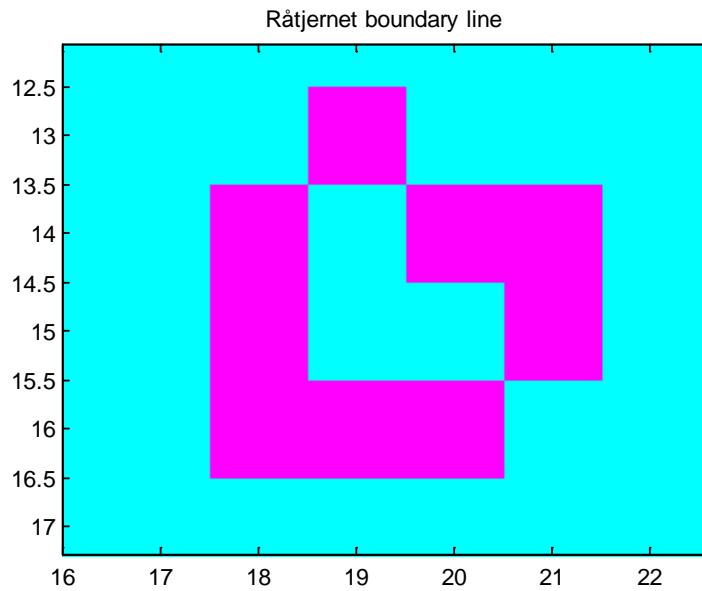
Figur 4.5.2. Hellingskartet til Steinsrudtjernet.



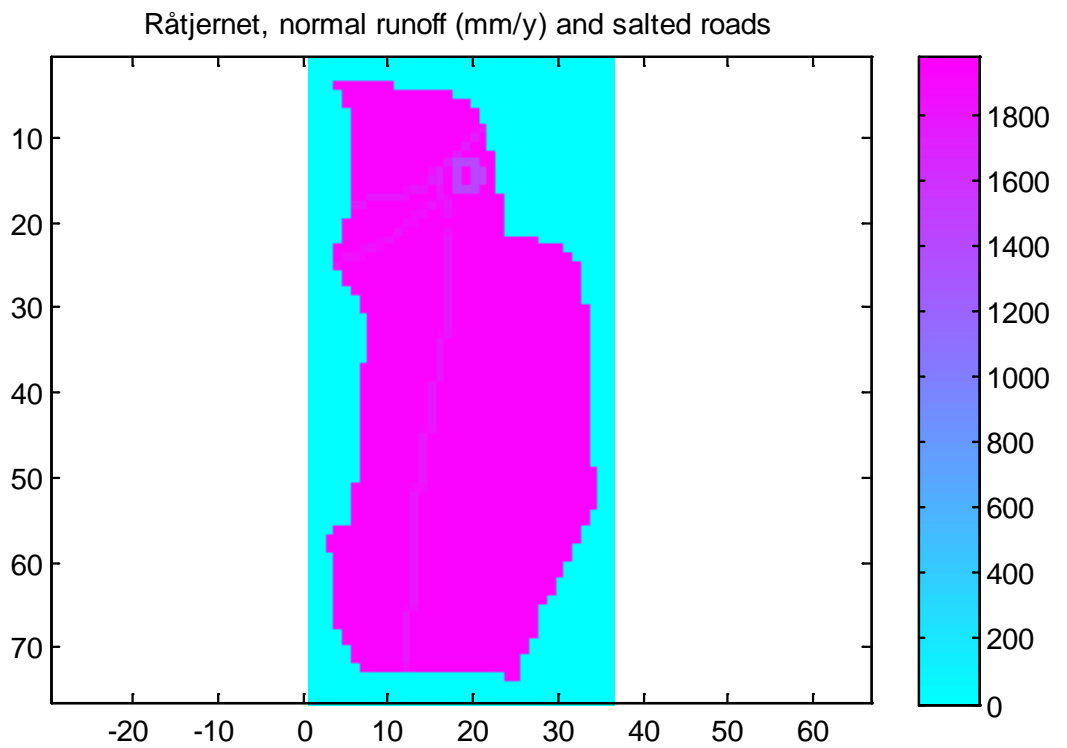
Figur 4.5.3. Gjennomsnittlig saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Steinsrudtjernet (c.f. tab. 5.2 i vedlegg 2).



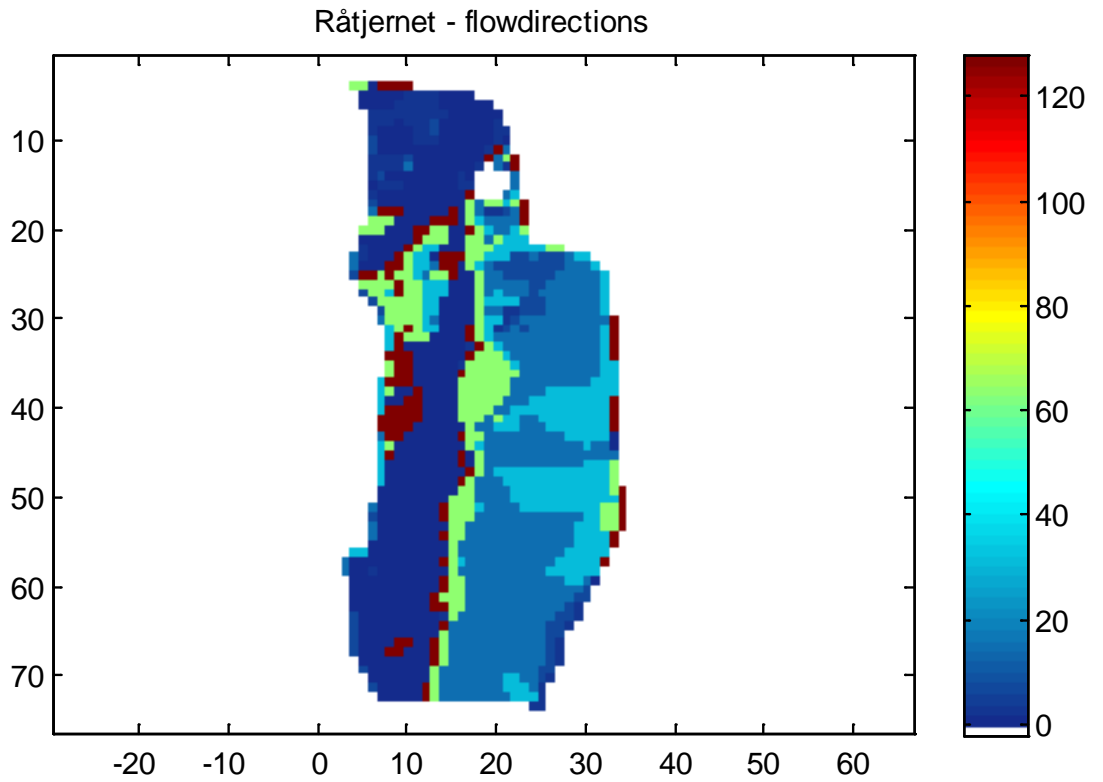
Figur 4.5.4. Observert dybdeprofil (22.11.2005) i Steinsrudtjernet. Temperaturprofilen tyder på at det kan ha skjedd en høstrotasjon i vannmassene ned til tetthetssjiktet på ca. 6 m. Elektrisk ledningsevne og turbiditetsprofilen viser tetthetssjiktning i vannet på ca. 6 m.



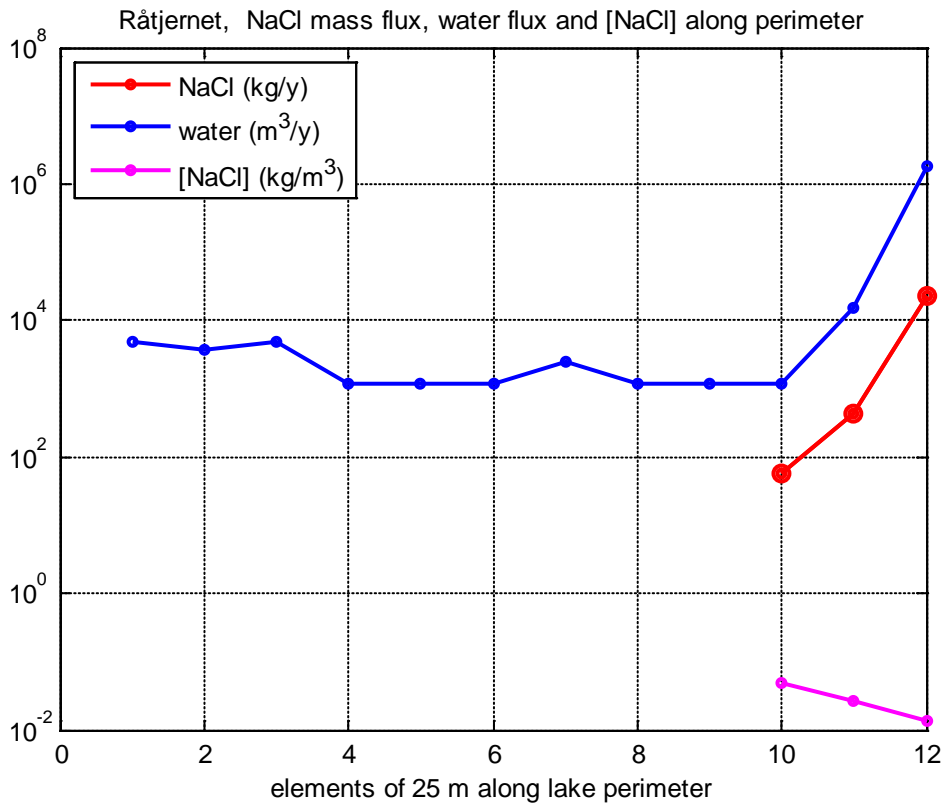
Figur 4.6.1. Indeksring av Råtjernet. Det er to måter å lage ei rettviskla rand (A og B). Begge alternativene gav samme resultater mht massebalansen. Alternativ A ble brukt i videre beregninger.



Figur 4.6.2. Spesifikk normalavrenning (1961-90) i nedbørsfeltet til Råtjernet varierer mellom 1986 mm/år og 1935 mm/år .

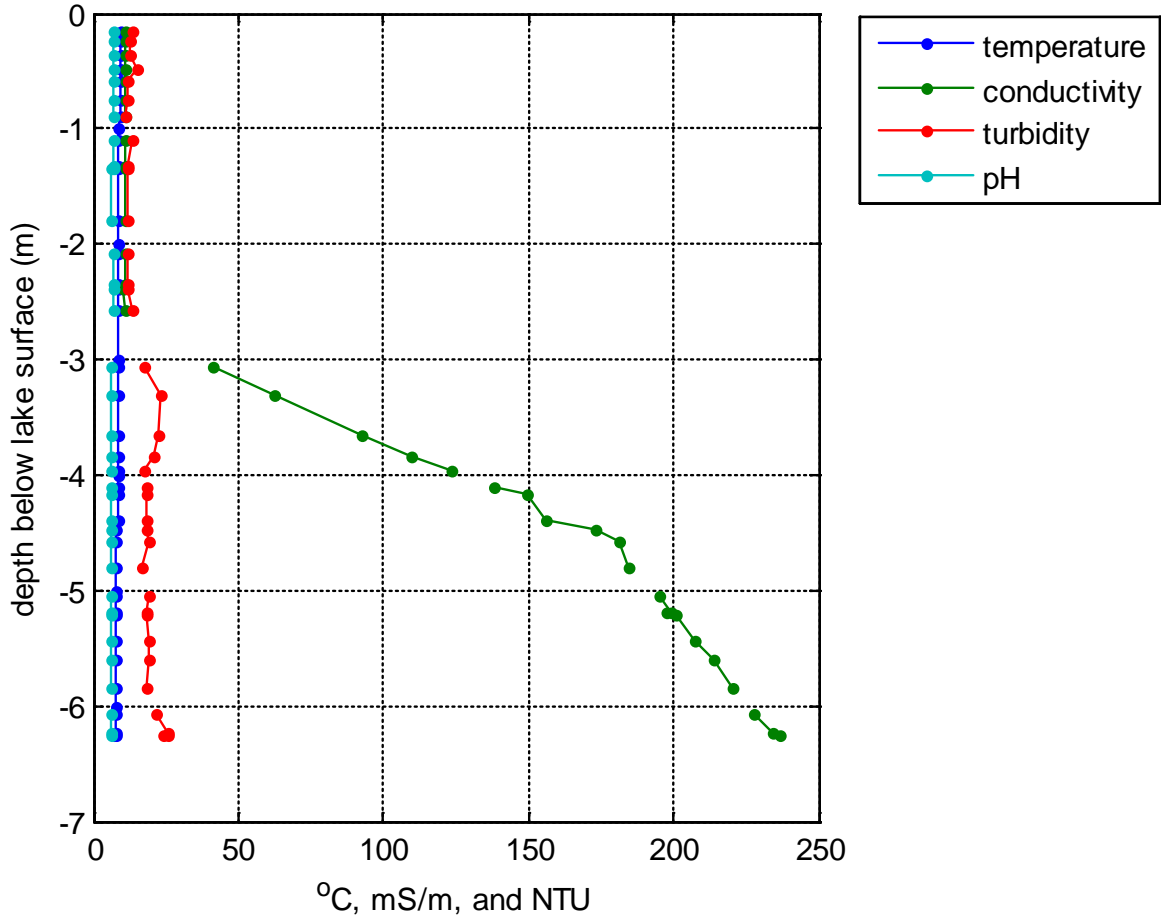


Figur 4.6.3. Hellingskartet til Råtjernet.

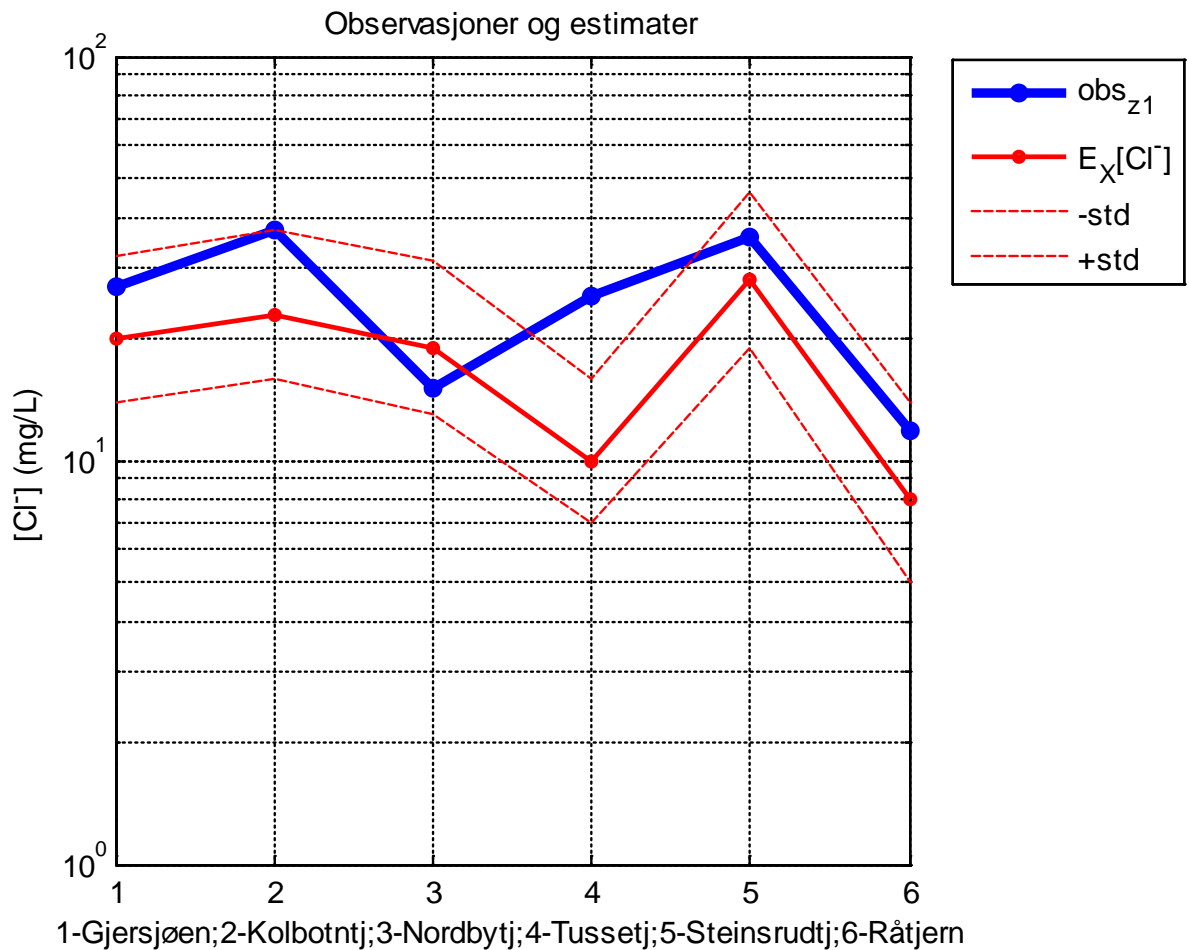


Figur 4.6.4. Gjennomsnittlig saltfluks, vannføring og saltkonsentrasjon langs randa til Råtjernet (c.f. tab. 6.2 i vedlegg 2).

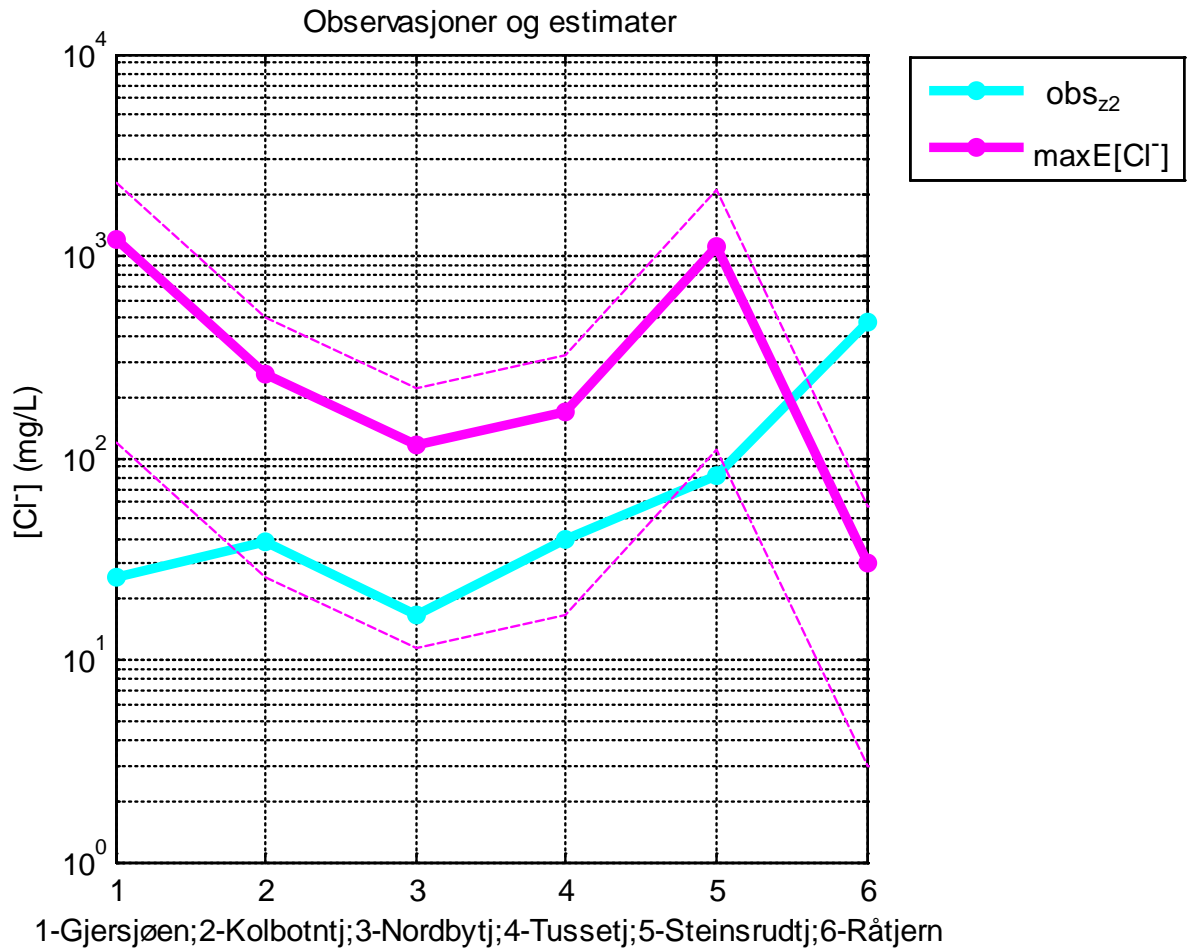
Råtjern 10.11.2005 (NIVA, UTB 2006/06)



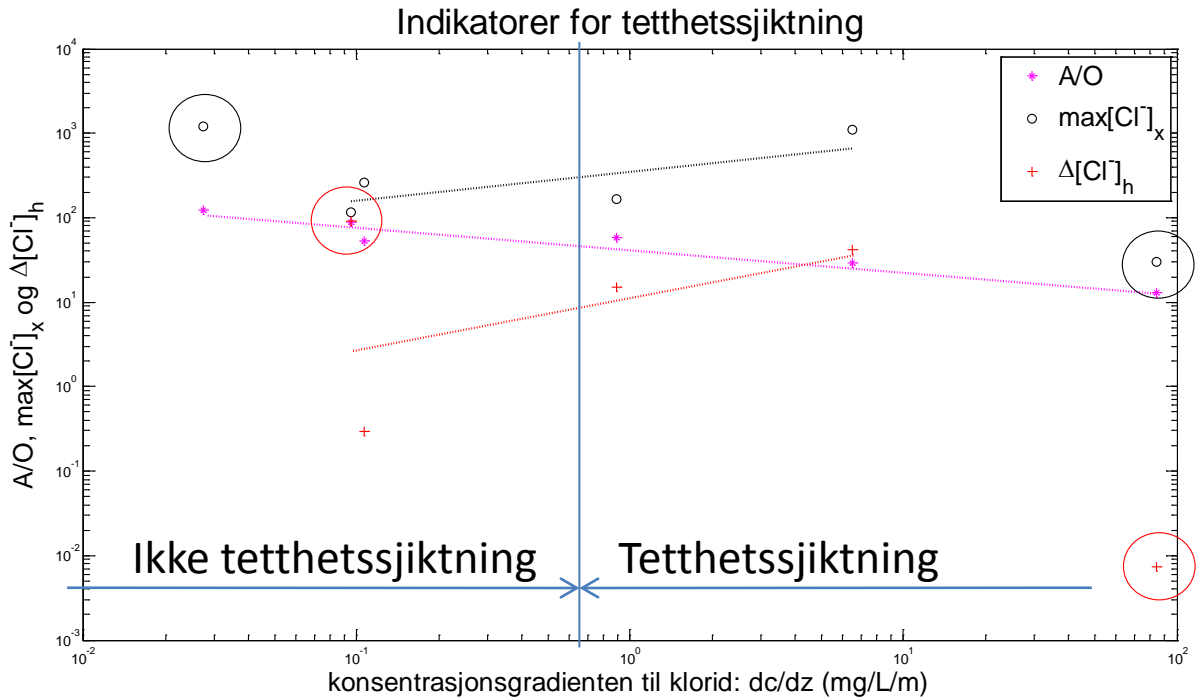
Figur 4.6.5. Observert dybdeprofil i Råtjernet. Elektrisk konduktivitet, temperatur, turbiditet og pH viser tydelig tetthetssjiktning i tjernet.



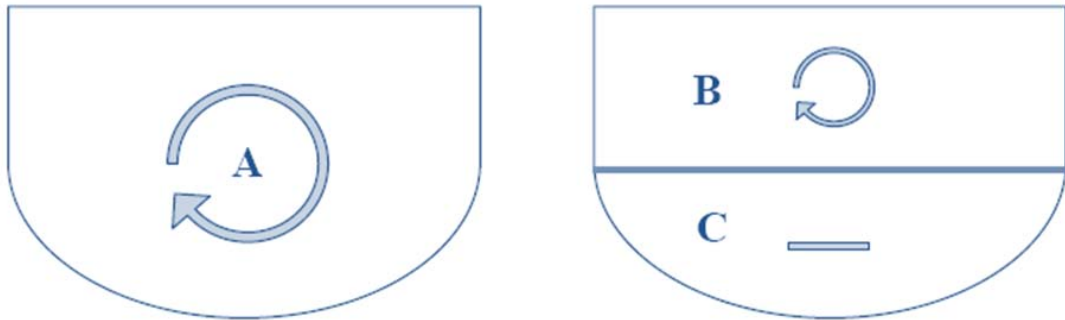
Figur 5.8.1. Beregnet gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon (rød heltrukket) og observert kloridkonsentrasjon på 1 m dyp (blå). Usikkerheten i beregningene er angitt med stiplede strek. Bortsett fra Tussetjernet (og Kolbotntjernet så vidt), ligger beregningene innenfor et anslått konfidensintervall på ± 0.95 . Det eneste tjernet hvor kloridkonsentrasjonen er overestimert, er Nordbytjernet. En årsak kan være at nedbørsfeltet er betydelig underestimert fordi grunnvannspeilet ikke sammenfaller med topografien i dette tilfellet.



Figur 5.8.2. Beregnet gjennomsnittlig maks. kloridkonsentrasjon langs randa til vannforekomstene (magenta heltrukket) og observert kloridkonsentrasjon i bunnvannet (cyan). Usikkerheten i beregningene er antydnet med stiplet strek. Gjersjøen og Råtjernet viser avvikende trend i forhold til beregningene. Disse to sjøene er samtidig ekstremer i forhold til de andre vannforekomstene mht areal og omkrets .



Figur 5.8.3. Tre mulige kriterier for tetthetssjiktning: (i) forholdet mellom areal og overflate på vannforekomsten (A/O) som indikator for vindeksponering, (ii) maks. gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon langs randa til vannforekomsten ($\max[\text{Cl}]_x$) som indikator for lokal innsynkning av salt (saltlakehypotesen); (iii) kontrasten mellom beregnet gjennomsnittlig kloridkonsentrasjon i vannforekomsten og gjennomsnittskonsentrasjonen i bekken med størst transport av salt ($\Delta[\text{Cl}]_h$, bekkehypotesen) som indikerer sannsynligheten for at bekken dykker. Desto større A/O, desto mindre er konsentrasjonsgradienten og desto mindre er sannsynligheten for tetthetssjiktning pga vegsalt. Desto større $\max[\text{Cl}]_x$ og desto større $\Delta[\text{Cl}]_h$, desto større konsentrasjonsgradienten og desto større er sannsynligheten for tetthetssjiktning pga vegsalt



Figur 5.10.1. Tverrsnitt av to hovedtyper innsjøer med hensyn til sirkulasjonsmønster. (A) Holomiktisk innsjø der hele vannmassen sirkulerer en eller flere ganger i året, samt en meromiktisk innsjø med et topplag (B - mixolimnion) som sirkulerer, og et bunnlag (C - monimolimnion) som ikke sirkulerer (er stagnert). Dette bunnlaget er ofte anriktet med salter og næringsstoffer. C har også som regel lite oksygen og kan inneholde relativt høye konsentrasjoner av karbondioksid og/eller jern, mangan og hydrogensulfid (giftig). Overgangen mellom B og C har gjerne et skarpt kjemisk skille (en markant kjemoklin).

9. Vedlegg 2: Tabeller

1.	Gjersjøen (297)	3
1.1	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse	3
1.2	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa	3
2.	Kolbotntjernet (5537)	21
2.1	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse	21
2.2	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa	21
3.	Nordbytjernet (4228)	26
3.1	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse	26
3.2	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa	26
4.	Tussetjernet (5611)	29
4.1	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse	29
4.2	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa	29
5.	Steinsrudtjernet (5320).....	31
5.1	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse	31
5.2	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa	31
6.	Råtjernet (144423)	33
6.1	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse	33
6.2	Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa	33

1. Gjersjøen (297)

1.1 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse

Gjersjøen

Values for NVE catchment

Catchment area:	82155625 m ²
Max runoff inside catchment:	595 mm/y
Min runoff inside catchment:	370 mm/y
Average salt application:	1296.21 tonn/year
Average runoff:	40316556 (m ³ /year)
Steady state NaCl concentration:	32 mg/liter
Steady state Cl ⁻ concentration:	20 mg/liter
Steady state Na ⁺ concentration:	13 mg/liter
Grid area of water resource (boundary included):	2931250 (m ²)
Grid area of water resource (inside boundary):	2388125 (m ²)
Grid area of water resource (average):	2659688 (m ²)
Grid perimeter of water resource:	21725 (m)

1.2 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa

Gjersjøen(salt influx along 0.29 of perimeter)

p#	utmX (m-East)	utmY (m-North)	drain.area (m ²)	saltflux (kg/y)	waterflux (m ³ /y)	saltcons. (kg/m ³)
866	264300	6632380	47030625	509800	25468805	0.0200
251	263075	6632030	7203125	331450	3515525	0.0943
849	264225	6632605	9238125	154730	4481169	0.0345
759	263775	6635280	3345000	71950	1572269	0.0458
14	262800	6636155	2344375	56880	962741	0.0591
382	263200	6633130	760625	25340	311524	0.0813
125	262900	6632605	516875	22070	211646	0.1043
681	263725	6636905	638125	9090	277817	0.0327
494	263350	6632605	159375	7490	59322	0.1263
56	262825	6632430	606250	4870	243169	0.0200
199	263000	6632080	25625	4780	10669	0.4480
644	263600	6632730	48125	3440	17903	0.1922
820	264000	6632455	115000	3080	45820	0.0672
793	263850	6632505	148125	2930	56065	0.0523
421	263250	6637480	114375	2670	49753	0.0537
21	262800	6632180	275000	2660	114391	0.0233
852	264225	6632330	16875	2220	6784	0.3273
95	262850	6632055	165000	1970	70250	0.0280
19	262800	6632230	4375	1560	1706	0.9143
420	263250	6637505	59375	1550	25828	0.0600
833	264125	6632405	8750	1540	3518	0.4378
229	263050	6632030	5625	1510	2343	0.6446
848	264200	6632355	10625	1480	4271	0.3465

113	262875	6632605	8125	1460	3169	0.4607
322	263150	6632180	6250	1420	2325	0.6108
710	263725	6632605	11250	1300	4185	0.3106
816	263975	6632480	3750	1230	1395	0.8817
183	262975	6634855	110000	1130	44550	0.0254
740	263750	6632580	10000	1040	3720	0.2796
94	262850	6632080	1875	1020	731	1.3949
764	263775	6632555	3750	970	1395	0.6953
66	262825	6632105	1250	970	488	1.9897
53	262825	6632505	18750	970	7313	0.1326
18	262800	6632255	5000	890	1950	0.4564
410	263225	6633005	30625	880	11698	0.0752
59	262825	6632355	4375	870	1706	0.5099
831	264100	6632405	3750	780	1508	0.5174
288	263125	6632280	4375	770	1628	0.4731
289	263125	6632255	4375	760	1628	0.4670
321	263150	6632205	4375	730	1628	0.4485
292	263125	6632030	11875	710	4418	0.1607
405	263225	6633180	10000	700	3730	0.1877
324	263150	6632130	4375	700	1628	0.4301
323	263150	6632155	4375	700	1628	0.4301
777	263800	6632555	3125	690	1163	0.5935
325	263150	6632105	3750	690	1395	0.4946
326	263150	6632080	4375	680	1628	0.4178
327	263150	6632055	8750	670	3255	0.2058
86	262850	6632580	1875	670	731	0.9162
666	263675	6632680	7500	660	2790	0.2366
16	262800	6632305	4375	650	1706	0.3810
64	262825	6632155	1875	590	731	0.8068
450	263300	6634255	13125	560	4896	0.1144
402	263225	6634355	8750	500	3264	0.1532
43	262825	6636505	56875	480	21044	0.0228
195	263000	6634730	5625	470	2278	0.2063
464	263325	6633580	6875	460	2564	0.1794
417	263250	6637580	11875	460	5166	0.0891
315	263150	6634505	6250	460	2331	0.1973
284	263125	6634580	18125	460	7101	0.0648
81	262850	6635480	6250	450	2350	0.1915
503	263375	6634030	11875	440	4429	0.0993
488	263350	6633780	8750	440	3264	0.1348
467	263325	6633505	5625	440	2098	0.2097
285	263125	6632830	14375	440	5460	0.0806
155	262950	6635830	9375	440	3525	0.1248
138	262925	6635955	5000	440	1880	0.2340
101	262875	6635680	5625	440	2115	0.2080
434	263250	6633255	180625	420	69191	0.0061
645	263625	6636905	38125	410	16197	0.0253
435	263250	6633230	6250	410	2331	0.1759
484	263350	6633880	9375	390	3497	0.1115
141	262925	6635155	45625	390	18243	0.0214
52	262825	6632530	8125	380	3169	0.1199

124	262900	6635180	20000	370	7520	0.0492
378	263200	6634430	44375	340	17452	0.0195
798	263875	6632505	3125	300	1163	0.2581
262	263100	6634655	3125	300	1186	0.2530
440	263275	6634330	17500	290	6528	0.0444
389	263225	6637605	3750	280	1631	0.1716
275	263125	6637355	2500	280	1088	0.2575
210	263050	6637305	1875	280	798	0.3508
115	262875	6632055	1250	280	488	0.5744
6	262775	6636305	1250	280	463	0.6054
294	263150	6637380	1875	270	816	0.3310
264	263100	6634605	6875	270	2704	0.0998
203	263025	6634730	6875	270	2724	0.0991
146	262950	6637155	3750	270	1526	0.1769
444	263275	6633305	1250	260	466	0.5576
358	263175	6634480	5625	260	2098	0.1239
231	263075	6637330	13750	260	5824	0.0446
191	263000	6637230	3750	260	1526	0.1704
67	262850	6637030	16250	260	6452	0.0403
478	263350	6634205	3125	250	1166	0.2145
459	263325	6634230	10000	250	3730	0.0670
243	263075	6634680	7500	250	2918	0.0857
197	263000	6632680	2500	250	975	0.2564
160	262950	6635105	4375	250	1645	0.1520
10	262800	6636355	625	250	231	1.0811
667	263700	6636905	12500	240	5166	0.0465
480	263350	6634155	1250	240	466	0.5147
454	263300	6633355	1250	240	466	0.5147
441	263275	6634305	5625	240	2098	0.1144
335	263175	6637430	2500	240	1088	0.2207
205	263025	6632730	1250	240	476	0.5039
201	263025	6637280	1875	240	781	0.3074
123	262900	6635205	14375	240	5405	0.0444
112	262875	6635230	5000	240	1880	0.1277
96	262875	6637055	4375	240	1781	0.1348
65	262825	6632130	625	240	244	0.9846
15	262800	6636130	625	240	231	1.0378
13	262800	6636180	1250	240	463	0.5189
499	263375	6634130	2500	230	933	0.2466
482	263350	6633930	5000	230	1865	0.1233
481	263350	6633955	6250	230	2331	0.0987
462	263325	6633630	3750	230	1399	0.1644
460	263325	6633680	3750	230	1399	0.1644
452	263300	6633405	2500	230	933	0.2466
266	263100	6632805	5625	230	2149	0.1070
226	263050	6632780	3750	230	1440	0.1597
225	263050	6632805	3750	230	1440	0.1597
224	263050	6634705	4375	230	1712	0.1344
161	262950	6635080	625	230	235	0.9787
153	262950	6635880	3750	230	1410	0.1631
128	262925	6637130	1875	230	763	0.3014

118	262900	6637080	3750	230	1526	0.1507
111	262875	6635255	5000	230	1880	0.1223
110	262875	6635280	6875	230	2585	0.0890
109	262875	6635305	5000	230	1880	0.1223
107	262875	6635355	7500	230	2820	0.0816
104	262875	6635555	4375	230	1645	0.1398
88	262850	6632530	1250	230	488	0.4718
84	262850	6635380	25625	230	9635	0.0239
78	262850	6635580	4375	230	1645	0.1398
77	262850	6635605	3125	230	1175	0.1957
55	262825	6632455	625	230	244	0.9436
8	262775	6636205	5000	230	1850	0.1243
4	262750	6636230	3125	230	1156	0.1989
461	263325	6633655	3125	230	1166	0.1973
79	262850	6635530	4375	230	1645	0.1398
152	262950	6635905	4375	220	1645	0.1337
505	263375	6633980	8750	220	3264	0.0674
502	263375	6634055	9375	220	3497	0.0629
501	263375	6634080	5000	220	1865	0.1180
500	263375	6634105	3125	220	1166	0.1887
492	263350	6633680	4375	220	1632	0.1348
490	263350	6633730	4375	220	1632	0.1348
487	263350	6633805	5625	220	2098	0.1049
486	263350	6633830	4375	220	1632	0.1348
485	263350	6633855	5000	220	1865	0.1180
470	263325	6633430	2500	220	933	0.2359
466	263325	6633530	4375	220	1632	0.1348
465	263325	6633555	3750	220	1399	0.1573
451	263300	6633430	2500	220	933	0.2359
366	263200	6637530	625	220	272	0.8092
329	263175	6637580	625	220	272	0.8092
328	263175	6637605	3125	220	1359	0.1618
314	263150	6634530	1875	220	699	0.3146
265	263100	6632830	5625	220	2149	0.1024
180	262975	6635005	3125	220	1175	0.1872
179	262975	6635030	2500	220	940	0.2340
178	262975	6635055	4375	220	1663	0.1323
172	262975	6637205	6250	220	2544	0.0865
166	262950	6634880	625	220	253	0.8691
165	262950	6634905	3750	220	1519	0.1449
164	262950	6634930	6875	220	2784	0.0790
163	262950	6634955	625	220	253	0.8691
162	262950	6634980	3125	220	1266	0.1738
154	262950	6635855	5000	220	1880	0.1170
142	262925	6632605	625	220	244	0.9026
139	262925	6635730	5625	220	2115	0.1040
121	262900	6635730	3750	220	1410	0.1560
102	262875	6635655	625	220	235	0.9362
99	262875	6635730	3125	220	1175	0.1872
72	262850	6636405	4375	220	1619	0.1359
69	262850	6636480	76250	220	28213	0.0078

61	262825	6632305	625	220	244	0.9026
60	262825	6632330	625	220	244	0.9026
58	262825	6632380	1250	220	488	0.4513
57	262825	6632405	625	220	244	0.9026
51	262825	6635380	4375	220	1645	0.1337
50	262825	6635405	4375	220	1645	0.1337
49	262825	6635430	4375	220	1645	0.1337
48	262825	6635455	6875	220	2585	0.0851
44	262825	6636405	625	220	231	0.9514
42	262825	6636530	6250	220	2313	0.0951
41	262825	6636555	8750	220	3238	0.0680
40	262825	6636580	8750	220	3238	0.0680
39	262825	6636605	625	220	231	0.9514
38	262825	6636630	2500	220	925	0.2378
37	262825	6636655	3125	220	1156	0.1903
36	262825	6636680	3750	220	1388	0.1586
35	262825	6636705	625	220	231	0.9514
34	262825	6636730	13125	220	4856	0.0453
33	262825	6636755	6875	220	2544	0.0865
32	262825	6636780	6875	220	2544	0.0865
31	262825	6636805	6250	220	2313	0.0951
30	262825	6636830	625	220	231	0.9514
29	262825	6636855	8750	220	3238	0.0680
28	262825	6636880	13125	220	4856	0.0453
27	262825	6636905	625	220	231	0.9514
26	262825	6636930	5000	220	1850	0.1189
25	262825	6636955	4375	220	1619	0.1359
24	262825	6636980	3750	220	1388	0.1586
20	262800	6632205	625	220	244	0.9026
3	262750	6636255	3750	220	1388	0.1586
2	262750	6636280	3750	220	1388	0.1586
167	262950	6632630	625	210	244	0.8615
87	262850	6632555	625	210	244	0.8615
336	263175	6637405	625	200	272	0.7356
187	262975	6632630	1250	200	488	0.4103
54	262825	6632480	625	200	244	0.8205
11	262800	6636330	3750	190	1388	0.1369
330	263175	6637555	1250	180	544	0.3310
204	263025	6632755	2500	170	964	0.1764
45	262825	6636380	2500	170	925	0.1838
359	263175	6634455	3750	160	1399	0.1144
206	263025	6632705	625	160	233	0.6882
334	263175	6637455	625	150	272	0.5517
443	263275	6633330	1875	140	699	0.2002
419	263250	6637530	4375	130	1903	0.0683
418	263250	6637555	3750	130	1631	0.0797
198	263000	6632655	2500	130	975	0.1333
186	262975	6632655	1875	130	731	0.1778
380	263200	6634380	5000	120	1865	0.0643
379	263200	6634405	6875	120	2624	0.0457
442	263275	6633355	1250	110	466	0.2359

194	263000	6634755	1875	110	759	0.1449
190	263000	6637255	3125	110	1272	0.0865
117	262900	6637105	3125	110	1272	0.0865
17	262800	6632280	625	110	244	0.4513
23	262825	6637005	5000	100	1989	0.0503
449	263300	6634280	5000	90	1865	0.0483
145	262950	6637180	6250	90	2544	0.0354
367	263200	6637455	625	80	272	0.2943
196	263000	6632705	1250	80	488	0.1641
119	262900	6637055	4375	80	1781	0.0449
5	262775	6636330	625	80	231	0.3459
483	263350	6633905	625	70	233	0.3003
364	263200	6637605	2500	70	1088	0.0644
227	263050	6632755	625	70	233	0.3011
97	262875	6637030	23750	60	9643	0.0062
293	263150	6637405	1875	50	816	0.0613
209	263050	6637330	3125	50	1307	0.0383
47	262825	6636130	5000	50	1850	0.0270
9	262800	6636380	2500	50	925	0.0541
365	263200	6637555	625	40	272	0.1471
432	263250	6633305	625	30	233	0.1287
252	263100	6637355	625	30	272	0.1103
168	262950	6632605	625	30	244	0.1231
263	263100	6634630	2500	20	933	0.0214
390	263225	6637580	77500	10	33713	0.0003
76	262850	6635630	3125	10	1175	0.0085
869	264325	6632430	625	0	251	0.0000
868	264325	6632455	80625	0	32411	0.0000
867	264325	6632480	3125	0	1256	0.0000
865	264300	6632405	5000	0	2010	0.0000
864	264300	6632430	625	0	251	0.0000
863	264300	6632480	2500	0	1005	0.0000
862	264300	6632505	1875	0	754	0.0000
861	264275	6632380	625	0	251	0.0000
860	264275	6632405	625	0	251	0.0000
859	264275	6632505	625	0	251	0.0000
858	264275	6632530	2500	0	1005	0.0000
857	264250	6632355	625	0	251	0.0000
856	264250	6632380	625	0	251	0.0000
855	264250	6632530	625	0	251	0.0000
854	264250	6632555	2500	0	1005	0.0000
853	264250	6632580	625	0	251	0.0000
851	264225	6632355	625	0	251	0.0000
850	264225	6632580	625	0	251	0.0000
847	264200	6632380	625	0	251	0.0000
846	264200	6632405	625	0	251	0.0000
845	264200	6632430	625	0	251	0.0000
844	264200	6632605	625	0	251	0.0000
843	264200	6632630	625	0	251	0.0000
842	264200	6632655	1250	0	503	0.0000
841	264200	6632680	1250	0	503	0.0000

840	264175	6632430	1875	0	754	0.0000
839	264175	6632630	625	0	251	0.0000
838	264175	6632655	625	0	251	0.0000
837	264175	6632680	3750	0	1508	0.0000
836	264150	6632405	1875	0	754	0.0000
835	264150	6632430	625	0	251	0.0000
834	264150	6632680	16875	0	6784	0.0000
832	264125	6632680	5000	0	2010	0.0000
830	264100	6632430	625	0	251	0.0000
829	264100	6632655	625	0	251	0.0000
828	264100	6632680	11250	0	4523	0.0000
827	264075	6632430	1875	0	754	0.0000
826	264075	6632655	1250	0	503	0.0000
825	264050	6632430	1250	0	503	0.0000
824	264050	6632455	625	0	251	0.0000
823	264050	6632655	4375	0	1759	0.0000
822	264025	6632455	625	0	251	0.0000
821	264025	6632655	1875	0	754	0.0000
819	264000	6632480	625	0	233	0.0000
818	264000	6632630	625	0	233	0.0000
817	264000	6632655	1250	0	465	0.0000
815	263975	6632505	625	0	233	0.0000
814	263975	6632630	625	0	233	0.0000
813	263975	6632655	625	0	233	0.0000
812	263950	6632505	625	0	233	0.0000
811	263950	6632655	625	0	233	0.0000
810	263950	6632680	4375	0	1665	0.0000
809	263950	6632705	625	0	233	0.0000
808	263925	6632505	1250	0	465	0.0000
807	263925	6632530	625	0	233	0.0000
806	263925	6632705	625	0	233	0.0000
805	263925	6632730	5625	0	2149	0.0000
804	263925	6632755	5625	0	2130	0.0000
803	263900	6632530	625	0	233	0.0000
802	263900	6632755	625	0	233	0.0000
801	263900	6632780	1250	0	465	0.0000
800	263900	6632805	1875	0	698	0.0000
799	263900	6632830	625	0	233	0.0000
797	263875	6632530	625	0	233	0.0000
796	263875	6632830	625	0	233	0.0000
795	263875	6632855	235000	0	104441	0.0000
794	263875	6632880	625	0	233	0.0000
792	263850	6632530	625	0	233	0.0000
791	263850	6632555	625	0	233	0.0000
790	263850	6632880	625	0	233	0.0000
789	263850	6632905	2500	0	930	0.0000
788	263850	6635430	1250	0	466	0.0000
787	263850	6635455	3125	0	1166	0.0000
786	263850	6635480	625	0	233	0.0000
785	263825	6632555	625	0	233	0.0000
784	263825	6632905	1875	0	698	0.0000

783	263825	6635380	625	0	233	0.0000
782	263825	6635405	625	0	233	0.0000
781	263825	6635430	1875	0	699	0.0000
780	263825	6635480	625	0	233	0.0000
779	263825	6635505	625	0	233	0.0000
778	263825	6635530	110000	0	46407	0.0000
776	263800	6632905	625	0	233	0.0000
775	263800	6635305	625	0	233	0.0000
774	263800	6635330	625	0	233	0.0000
773	263800	6635355	625	0	233	0.0000
772	263800	6635380	625	0	233	0.0000
771	263800	6635530	625	0	233	0.0000
770	263800	6635555	625	0	233	0.0000
769	263800	6635580	625	0	233	0.0000
768	263800	6636680	8125	0	3199	0.0000
767	263800	6636705	8750	0	3466	0.0000
766	263800	6636730	10625	0	4267	0.0000
765	263800	6636755	8125	0	3199	0.0000
763	263775	6632580	625	0	233	0.0000
762	263775	6632905	6250	0	2327	0.0000
761	263775	6635230	10000	0	3730	0.0000
760	263775	6635255	625	0	233	0.0000
758	263775	6635305	625	0	233	0.0000
757	263775	6635580	625	0	233	0.0000
756	263775	6635605	2500	0	933	0.0000
755	263775	6636355	7500	0	2831	0.0000
754	263775	6636380	11875	0	4733	0.0000
753	263775	6636405	8125	0	3166	0.0000
752	263775	6636430	9375	0	3699	0.0000
751	263775	6636455	8125	0	3166	0.0000
750	263775	6636480	8125	0	3166	0.0000
749	263775	6636580	1250	0	466	0.0000
748	263775	6636605	26250	0	10399	0.0000
747	263775	6636630	8125	0	3166	0.0000
746	263775	6636655	625	0	233	0.0000
745	263775	6636680	625	0	233	0.0000
744	263775	6636755	625	0	233	0.0000
743	263775	6636780	15625	0	6132	0.0000
742	263775	6636805	1250	0	466	0.0000
741	263775	6636830	25625	0	10064	0.0000
739	263750	6632605	625	0	233	0.0000
738	263750	6632905	4375	0	1629	0.0000
737	263750	6635205	8125	0	3031	0.0000
736	263750	6635230	625	0	233	0.0000
735	263750	6635605	625	0	233	0.0000
734	263750	6635630	1250	0	466	0.0000
733	263750	6635655	7500	0	2798	0.0000
732	263750	6635880	1250	0	466	0.0000
731	263750	6635905	10625	0	3963	0.0000
730	263750	6635930	15625	0	6085	0.0000
729	263750	6635955	35000	0	13933	0.0000

728	263750	6635980	4375	0	1632	0.0000
727	263750	6636005	6250	0	2331	0.0000
726	263750	6636030	1250	0	466	0.0000
725	263750	6636055	4375	0	1632	0.0000
724	263750	6636080	3750	0	1399	0.0000
723	263750	6636280	1250	0	466	0.0000
722	263750	6636305	10000	0	3764	0.0000
721	263750	6636330	8125	0	3064	0.0000
720	263750	6636355	625	0	233	0.0000
719	263750	6636480	625	0	233	0.0000
718	263750	6636505	7500	0	2865	0.0000
717	263750	6636530	8750	0	3399	0.0000
716	263750	6636555	8125	0	3132	0.0000
715	263750	6636580	625	0	233	0.0000
714	263750	6636830	625	0	233	0.0000
713	263750	6636855	625	0	233	0.0000
712	263750	6636880	1250	0	466	0.0000
711	263750	6636905	18750	0	7331	0.0000
709	263725	6632630	625	0	233	0.0000
708	263725	6632655	625	0	233	0.0000
707	263725	6632905	5000	0	1863	0.0000
706	263725	6634980	76875	0	31499	0.0000
705	263725	6635005	21250	0	8543	0.0000
704	263725	6635130	23125	0	8626	0.0000
703	263725	6635155	625	0	233	0.0000
702	263725	6635180	625	0	233	0.0000
701	263725	6635205	625	0	233	0.0000
700	263725	6635655	625	0	233	0.0000
699	263725	6635680	625	0	233	0.0000
698	263725	6635705	1250	0	466	0.0000
697	263725	6635730	3750	0	1399	0.0000
696	263725	6635755	4375	0	1632	0.0000
695	263725	6635780	5000	0	1865	0.0000
694	263725	6635805	1250	0	466	0.0000
693	263725	6635830	10625	0	3963	0.0000
692	263725	6635855	6250	0	2331	0.0000
691	263725	6635880	625	0	233	0.0000
690	263725	6636080	625	0	233	0.0000
689	263725	6636105	5000	0	1865	0.0000
688	263725	6636130	5000	0	1865	0.0000
687	263725	6636155	5625	0	2098	0.0000
686	263725	6636180	5625	0	2098	0.0000
685	263725	6636205	6250	0	2331	0.0000
684	263725	6636230	5625	0	2098	0.0000
683	263725	6636255	6875	0	2564	0.0000
682	263725	6636280	625	0	233	0.0000
680	263700	6632655	2500	0	930	0.0000
679	263700	6632680	625	0	233	0.0000
678	263700	6632905	625	0	233	0.0000
677	263700	6632930	625	0	233	0.0000
676	263700	6634930	625	0	233	0.0000

675	263700	6634955	625	0	233	0.0000
674	263700	6634980	625	0	233	0.0000
673	263700	6635005	625	0	233	0.0000
672	263700	6635030	625	0	233	0.0000
671	263700	6635055	625	0	233	0.0000
670	263700	6635080	625	0	233	0.0000
669	263700	6635105	625	0	233	0.0000
668	263700	6635130	625	0	233	0.0000
665	263675	6632705	625	0	233	0.0000
664	263675	6632930	6250	0	2329	0.0000
663	263675	6632955	10625	0	3962	0.0000
662	263675	6634880	6250	0	2331	0.0000
661	263675	6634905	5625	0	2098	0.0000
660	263675	6634930	625	0	233	0.0000
659	263675	6636905	2500	0	933	0.0000
658	263650	6632705	1875	0	698	0.0000
657	263650	6632730	625	0	233	0.0000
656	263650	6632955	625	0	233	0.0000
655	263650	6632980	625	0	233	0.0000
654	263650	6634830	8125	0	3031	0.0000
653	263650	6634855	1875	0	699	0.0000
652	263650	6634880	625	0	233	0.0000
651	263650	6636905	625	0	233	0.0000
650	263625	6632730	625	0	233	0.0000
649	263625	6632980	142500	0	53689	0.0000
648	263625	6634780	8125	0	3031	0.0000
647	263625	6634805	1875	0	699	0.0000
646	263625	6634830	625	0	233	0.0000
643	263600	6632755	625	0	233	0.0000
642	263600	6632980	1250	0	466	0.0000
641	263600	6634355	8125	0	3031	0.0000
640	263600	6634380	6875	0	2564	0.0000
639	263600	6634405	6250	0	2331	0.0000
638	263600	6634430	8125	0	3031	0.0000
637	263600	6634455	6875	0	2564	0.0000
636	263600	6634480	9375	0	3497	0.0000
635	263600	6634505	10000	0	3730	0.0000
634	263600	6634530	9375	0	3497	0.0000
633	263600	6634555	6250	0	2331	0.0000
632	263600	6634580	6875	0	2564	0.0000
631	263600	6634605	1250	0	466	0.0000
630	263600	6634630	35625	0	14348	0.0000
629	263600	6634655	8125	0	3031	0.0000
628	263600	6634680	7500	0	2798	0.0000
627	263600	6634705	6875	0	2564	0.0000
626	263600	6634730	6250	0	2331	0.0000
625	263600	6634755	1875	0	699	0.0000
624	263600	6634780	625	0	233	0.0000
623	263600	6636755	625	0	233	0.0000
622	263600	6636780	1875	0	699	0.0000
621	263600	6636805	3125	0	1166	0.0000

620	263600	6636830	625	0	233	0.0000
619	263600	6636905	4375	0	1748	0.0000
618	263575	6632755	625	0	233	0.0000
617	263575	6632980	625	0	233	0.0000
616	263575	6633005	625	0	233	0.0000
615	263575	6634180	6875	0	2564	0.0000
614	263575	6634205	8125	0	3031	0.0000
613	263575	6634230	8125	0	3031	0.0000
612	263575	6634255	1250	0	466	0.0000
611	263575	6634280	14375	0	5362	0.0000
610	263575	6634305	6875	0	2564	0.0000
609	263575	6634330	7500	0	2798	0.0000
608	263575	6634355	625	0	233	0.0000
607	263575	6636680	625	0	233	0.0000
606	263575	6636705	4375	0	1632	0.0000
605	263575	6636730	3750	0	1399	0.0000
604	263575	6636755	625	0	233	0.0000
603	263575	6636830	3125	0	1166	0.0000
602	263575	6636855	12500	0	4663	0.0000
601	263575	6636880	4375	0	1709	0.0000
600	263575	6636905	3125	0	1204	0.0000
599	263550	6632755	625	0	233	0.0000
598	263550	6633005	1250	0	466	0.0000
597	263550	6633030	3125	0	1166	0.0000
596	263550	6633830	226250	0	88978	0.0000
595	263550	6633855	625	0	233	0.0000
594	263550	6633880	3125	0	1166	0.0000
593	263550	6633905	4375	0	1632	0.0000
592	263550	6634005	6875	0	2564	0.0000
591	263550	6634030	6250	0	2331	0.0000
590	263550	6634055	6875	0	2564	0.0000
589	263550	6634080	8125	0	3031	0.0000
588	263550	6634105	1250	0	466	0.0000
587	263550	6634130	13125	0	4896	0.0000
586	263550	6634155	7500	0	2798	0.0000
585	263550	6634180	625	0	233	0.0000
584	263550	6636655	1250	0	466	0.0000
583	263550	6636680	625	0	233	0.0000
582	263525	6632755	625	0	233	0.0000
581	263525	6633030	625	0	233	0.0000
580	263525	6633055	1250	0	466	0.0000
579	263525	6633080	1250	0	466	0.0000
578	263525	6633105	11875	0	4429	0.0000
577	263525	6633130	5000	0	1865	0.0000
576	263525	6633155	1250	0	466	0.0000
575	263525	6633180	3750	0	1399	0.0000
574	263525	6633580	4375	0	1632	0.0000
573	263525	6633605	3750	0	1399	0.0000
572	263525	6633630	3125	0	1166	0.0000
571	263525	6633655	2500	0	933	0.0000
570	263525	6633680	1250	0	466	0.0000

569	263525	6633705	7500	0	2798	0.0000
568	263525	6633730	1875	0	699	0.0000
567	263525	6633755	625	0	233	0.0000
566	263525	6633780	1250	0	466	0.0000
565	263525	6633805	625	0	233	0.0000
564	263525	6633830	625	0	233	0.0000
563	263525	6633905	625	0	233	0.0000
562	263525	6633930	4375	0	1632	0.0000
561	263525	6633955	8750	0	3264	0.0000
560	263525	6633980	7500	0	2798	0.0000
559	263525	6634005	625	0	233	0.0000
558	263525	6636605	1250	0	466	0.0000
557	263525	6636630	1250	0	466	0.0000
556	263525	6636655	1250	0	466	0.0000
555	263500	6632730	3125	0	1163	0.0000
554	263500	6632755	625	0	233	0.0000
553	263500	6633180	625	0	233	0.0000
552	263500	6633205	1250	0	466	0.0000
551	263500	6633230	3750	0	1399	0.0000
550	263500	6633255	4375	0	1632	0.0000
549	263500	6633280	5625	0	2098	0.0000
548	263500	6633305	5625	0	2098	0.0000
547	263500	6633380	10000	0	3730	0.0000
546	263500	6633405	5625	0	2098	0.0000
545	263500	6633430	5000	0	1865	0.0000
544	263500	6633455	5625	0	2098	0.0000
543	263500	6633480	5625	0	2098	0.0000
542	263500	6633505	6250	0	2331	0.0000
541	263500	6633530	6250	0	2331	0.0000
540	263500	6633555	5625	0	2098	0.0000
539	263500	6633580	625	0	233	0.0000
538	263500	6636555	625	0	233	0.0000
537	263500	6636580	625	0	233	0.0000
536	263500	6636605	625	0	233	0.0000
535	263475	6632730	3125	0	1163	0.0000
534	263475	6632755	625	0	233	0.0000
533	263475	6633305	625	0	233	0.0000
532	263475	6633330	6250	0	2331	0.0000
531	263475	6633355	1875	0	699	0.0000
530	263475	6633380	625	0	233	0.0000
529	263475	6635805	625	0	233	0.0000
528	263475	6635830	625	0	233	0.0000
527	263475	6635855	625	0	233	0.0000
526	263475	6636530	625	0	233	0.0000
525	263475	6636555	625	0	233	0.0000
524	263450	6632755	625	0	233	0.0000
523	263450	6635780	625	0	233	0.0000
522	263450	6635805	625	0	233	0.0000
521	263450	6635855	625	0	233	0.0000
520	263450	6636555	1250	0	466	0.0000
519	263450	6636580	625	0	233	0.0000

518	263425	6632730	1250	0	465	0.0000
517	263425	6632755	625	0	233	0.0000
516	263425	6635805	625	0	233	0.0000
515	263425	6635830	1250	0	466	0.0000
514	263425	6636580	78750	0	29916	0.0000
513	263400	6632730	625	0	233	0.0000
512	263400	6636580	2500	0	933	0.0000
511	263375	6632630	1250	0	465	0.0000
510	263375	6632655	2500	0	930	0.0000
509	263375	6632680	6875	0	2558	0.0000
508	263375	6632705	625	0	233	0.0000
507	263375	6632730	625	0	233	0.0000
506	263375	6633955	625	0	233	0.0000
504	263375	6634005	625	0	233	0.0000
498	263375	6634155	625	0	233	0.0000
497	263375	6636530	625	0	233	0.0000
496	263375	6636555	3125	0	1166	0.0000
495	263375	6636580	625	0	233	0.0000
493	263350	6632630	625	0	233	0.0000
491	263350	6633705	625	0	233	0.0000
489	263350	6633755	625	0	233	0.0000
479	263350	6634180	625	0	233	0.0000
477	263350	6634230	625	0	233	0.0000
476	263350	6636455	1250	0	466	0.0000
475	263350	6636480	1875	0	699	0.0000
474	263350	6636505	1875	0	699	0.0000
473	263350	6636530	1875	0	699	0.0000
472	263325	6632605	5000	0	1860	0.0000
471	263325	6632630	625	0	233	0.0000
469	263325	6633455	625	0	233	0.0000
468	263325	6633480	625	0	233	0.0000
463	263325	6633605	625	0	233	0.0000
458	263325	6634255	625	0	233	0.0000
457	263325	6636430	625	0	233	0.0000
456	263325	6636455	625	0	233	0.0000
455	263300	6632630	625	0	233	0.0000
453	263300	6633380	625	0	233	0.0000
448	263300	6634305	625	0	233	0.0000
447	263300	6636405	625	0	233	0.0000
446	263300	6636430	2500	0	933	0.0000
445	263275	6632630	1250	0	465	0.0000
439	263275	6634355	625	0	233	0.0000
438	263275	6636380	625	0	233	0.0000
437	263275	6636405	1875	0	699	0.0000
436	263250	6632630	625	0	233	0.0000
433	263250	6633280	625	0	233	0.0000
431	263250	6634355	625	0	233	0.0000
430	263250	6636205	1250	0	466	0.0000
429	263250	6636230	625	0	233	0.0000
428	263250	6636255	1250	0	466	0.0000
427	263250	6636280	625	0	233	0.0000

426	263250	6636305	1250	0	466	0.0000
425	263250	6636330	1875	0	699	0.0000
424	263250	6636355	625	0	233	0.0000
423	263250	6636380	625	0	233	0.0000
422	263250	6636405	625	0	233	0.0000
416	263225	6632605	1250	0	465	0.0000
415	263225	6632630	625	0	233	0.0000
414	263225	6632905	625	0	233	0.0000
413	263225	6632930	625	0	233	0.0000
412	263225	6632955	1875	0	698	0.0000
411	263225	6632980	1875	0	698	0.0000
409	263225	6633030	2500	0	933	0.0000
408	263225	6633055	3125	0	1166	0.0000
407	263225	6633080	625	0	233	0.0000
406	263225	6633155	625	0	233	0.0000
404	263225	6633205	625	0	233	0.0000
403	263225	6633230	625	0	233	0.0000
401	263225	6634380	625	0	233	0.0000
400	263225	6636105	625	0	233	0.0000
399	263225	6636130	625	0	233	0.0000
398	263225	6636155	625	0	233	0.0000
397	263225	6636180	625	0	233	0.0000
396	263225	6636205	625	0	233	0.0000
395	263225	6636380	1250	0	466	0.0000
394	263225	6636405	625	0	233	0.0000
393	263225	6636430	2500	0	933	0.0000
392	263225	6637455	7500	0	3263	0.0000
391	263225	6637480	625	0	272	0.0000
388	263200	6632580	625	0	233	0.0000
387	263200	6632605	2500	0	930	0.0000
386	263200	6632880	1250	0	465	0.0000
385	263200	6632905	625	0	233	0.0000
384	263200	6633080	1250	0	466	0.0000
383	263200	6633105	625	0	233	0.0000
381	263200	6633155	625	0	233	0.0000
377	263200	6634455	625	0	233	0.0000
376	263200	6636080	625	0	233	0.0000
375	263200	6636105	625	0	233	0.0000
374	263200	6636405	625	0	233	0.0000
373	263200	6636430	625	0	233	0.0000
372	263200	6636455	2500	0	933	0.0000
371	263200	6636480	2500	0	933	0.0000
370	263200	6636505	6875	0	2564	0.0000
369	263200	6637405	10000	0	4350	0.0000
368	263200	6637430	1250	0	544	0.0000
363	263175	6632555	3750	0	1395	0.0000
362	263175	6632580	625	0	233	0.0000
361	263175	6632855	625	0	233	0.0000
360	263175	6632880	625	0	233	0.0000
357	263175	6634505	625	0	233	0.0000
356	263175	6636055	625	0	233	0.0000

355	263175	6636080	625	0	233	0.0000
354	263175	6636330	1250	0	466	0.0000
353	263175	6636355	1250	0	466	0.0000
352	263175	6636380	1250	0	466	0.0000
351	263175	6636505	625	0	233	0.0000
350	263175	6636530	2500	0	933	0.0000
349	263175	6637080	11250	0	4894	0.0000
348	263175	6637105	5625	0	2447	0.0000
347	263175	6637130	1250	0	544	0.0000
346	263175	6637155	16250	0	7069	0.0000
345	263175	6637180	1250	0	544	0.0000
344	263175	6637205	3750	0	1631	0.0000
343	263175	6637230	3125	0	1359	0.0000
342	263175	6637255	3125	0	1359	0.0000
341	263175	6637280	3750	0	1631	0.0000
340	263175	6637305	625	0	272	0.0000
339	263175	6637330	3125	0	1359	0.0000
338	263175	6637355	3750	0	1631	0.0000
337	263175	6637380	625	0	272	0.0000
333	263175	6637480	2500	0	1088	0.0000
332	263175	6637505	2500	0	1088	0.0000
331	263175	6637530	1875	0	816	0.0000
320	263150	6632230	625	0	233	0.0000
319	263150	6632530	13750	0	5115	0.0000
318	263150	6632555	625	0	233	0.0000
317	263150	6632830	625	0	233	0.0000
316	263150	6632855	1875	0	698	0.0000
313	263150	6634555	625	0	233	0.0000
312	263150	6634580	625	0	233	0.0000
311	263150	6636080	625	0	233	0.0000
310	263150	6636105	1875	0	699	0.0000
309	263150	6636130	1250	0	466	0.0000
308	263150	6636155	1875	0	699	0.0000
307	263150	6636180	1875	0	699	0.0000
306	263150	6636205	1875	0	699	0.0000
305	263150	6636230	1875	0	699	0.0000
304	263150	6636255	1875	0	699	0.0000
303	263150	6636280	1250	0	466	0.0000
302	263150	6636305	2500	0	933	0.0000
301	263150	6636330	625	0	233	0.0000
300	263150	6636530	3125	0	1166	0.0000
299	263150	6636555	1875	0	699	0.0000
298	263150	6637055	3125	0	1321	0.0000
297	263150	6637080	625	0	272	0.0000
296	263150	6637255	625	0	272	0.0000
295	263150	6637280	625	0	272	0.0000
291	263125	6632055	625	0	233	0.0000
290	263125	6632230	625	0	233	0.0000
287	263125	6632305	3750	0	1395	0.0000
286	263125	6632530	1250	0	465	0.0000
283	263125	6634605	625	0	233	0.0000

282	263125	6636180	625	0	233	0.0000
281	263125	6636205	625	0	233	0.0000
280	263125	6636555	1875	0	699	0.0000
279	263125	6636980	1250	0	466	0.0000
278	263125	6637005	5000	0	1981	0.0000
277	263125	6637030	3750	0	1554	0.0000
276	263125	6637055	625	0	272	0.0000
274	263100	6632005	625	0	233	0.0000
273	263100	6632030	625	0	233	0.0000
272	263100	6632305	625	0	233	0.0000
271	263100	6632330	6875	0	2558	0.0000
270	263100	6632355	1250	0	465	0.0000
269	263100	6632380	3125	0	1163	0.0000
268	263100	6632505	625	0	233	0.0000
267	263100	6632530	625	0	233	0.0000
261	263100	6634680	625	0	233	0.0000
260	263100	6636555	625	0	233	0.0000
259	263100	6636755	2500	0	933	0.0000
258	263100	6636780	4375	0	1632	0.0000
257	263100	6636805	30625	0	11423	0.0000
256	263100	6636830	5625	0	2098	0.0000
255	263100	6636855	625	0	233	0.0000
254	263100	6636955	625	0	233	0.0000
253	263100	6636980	5000	0	1865	0.0000
250	263075	6632380	625	0	233	0.0000
249	263075	6632405	4375	0	1628	0.0000
248	263075	6632430	1250	0	465	0.0000
247	263075	6632455	1250	0	465	0.0000
246	263075	6632480	625	0	233	0.0000
245	263075	6632505	5625	0	2093	0.0000
244	263075	6632805	625	0	233	0.0000
242	263075	6634705	625	0	233	0.0000
241	263075	6636530	625	0	233	0.0000
240	263075	6636555	625	0	233	0.0000
239	263075	6636630	4375	0	1632	0.0000
238	263075	6636655	7500	0	2798	0.0000
237	263075	6636705	3125	0	1166	0.0000
236	263075	6636730	1250	0	466	0.0000
235	263075	6636755	625	0	233	0.0000
234	263075	6636855	625	0	233	0.0000
233	263075	6636880	2500	0	933	0.0000
232	263075	6636980	625	0	233	0.0000
230	263075	6637355	1250	0	544	0.0000
228	263050	6632055	1250	0	465	0.0000
223	263050	6634730	625	0	233	0.0000
222	263050	6636555	625	0	233	0.0000
221	263050	6636580	1250	0	466	0.0000
220	263050	6636605	4375	0	1632	0.0000
219	263050	6636630	625	0	233	0.0000
218	263050	6636655	625	0	233	0.0000
217	263050	6636680	1250	0	466	0.0000

216	263050	6636705	625	0	233	0.0000
215	263050	6636880	625	0	233	0.0000
214	263050	6636905	4375	0	1632	0.0000
213	263050	6636930	1875	0	699	0.0000
212	263050	6636955	625	0	233	0.0000
211	263050	6636980	1250	0	466	0.0000
208	263025	6632055	625	0	233	0.0000
207	263025	6632080	625	0	233	0.0000
202	263025	6634755	625	0	233	0.0000
200	263025	6637305	625	0	272	0.0000
193	263000	6634780	1250	0	506	0.0000
192	263000	6634805	625	0	253	0.0000
189	263000	6637280	2500	0	1018	0.0000
188	262975	6632080	625	0	244	0.0000
185	262975	6634805	625	0	253	0.0000
184	262975	6634830	625	0	253	0.0000
182	262975	6634880	625	0	253	0.0000
181	262975	6634980	625	0	253	0.0000
177	262975	6635080	625	0	235	0.0000
176	262975	6635755	625	0	235	0.0000
175	262975	6635780	625	0	235	0.0000
174	262975	6635805	1875	0	705	0.0000
173	262975	6635830	625	0	235	0.0000
171	262975	6637230	9375	0	3816	0.0000
170	262950	6632055	625	0	244	0.0000
169	262950	6632080	625	0	244	0.0000
159	262950	6635130	625	0	235	0.0000
158	262950	6635155	625	0	235	0.0000
157	262950	6635730	625	0	235	0.0000
156	262950	6635755	625	0	235	0.0000
151	262950	6635930	2500	0	940	0.0000
150	262950	6635955	625	0	235	0.0000
149	262950	6636130	625	0	231	0.0000
148	262950	6636155	625	0	231	0.0000
147	262950	6636180	625	0	231	0.0000
144	262950	6637205	6250	0	2544	0.0000
143	262925	6632055	625	0	244	0.0000
140	262925	6635180	625	0	235	0.0000
137	262925	6635980	2500	0	940	0.0000
136	262925	6636005	3125	0	1156	0.0000
135	262925	6636030	2500	0	925	0.0000
134	262925	6636055	1250	0	463	0.0000
133	262925	6636080	1250	0	463	0.0000
132	262925	6636105	1250	0	463	0.0000
131	262925	6636130	625	0	231	0.0000
130	262925	6636180	1250	0	463	0.0000
129	262925	6636205	625	0	231	0.0000
127	262925	6637155	1250	0	509	0.0000
126	262900	6632055	625	0	244	0.0000
122	262900	6635230	625	0	235	0.0000
120	262900	6636205	625	0	231	0.0000

116	262900	6637130	1875	0	763	0.0000
114	262875	6632080	625	0	244	0.0000
108	262875	6635330	625	0	235	0.0000
106	262875	6635380	625	0	235	0.0000
105	262875	6635530	625	0	235	0.0000
103	262875	6635580	625	0	235	0.0000
100	262875	6635705	625	0	235	0.0000
98	262875	6636180	625	0	231	0.0000
93	262850	6632105	625	0	244	0.0000
92	262850	6632155	625	0	244	0.0000
91	262850	6632180	625	0	244	0.0000
90	262850	6632330	625	0	244	0.0000
89	262850	6632355	625	0	244	0.0000
85	262850	6632605	625	0	244	0.0000
83	262850	6635405	625	0	235	0.0000
82	262850	6635455	625	0	235	0.0000
80	262850	6635505	625	0	235	0.0000
75	262850	6635655	3125	0	1175	0.0000
74	262850	6636155	625	0	231	0.0000
73	262850	6636180	2500	0	925	0.0000
71	262850	6636430	625	0	231	0.0000
70	262850	6636455	625	0	231	0.0000
68	262850	6636505	625	0	231	0.0000
63	262825	6632180	625	0	244	0.0000
62	262825	6632205	625	0	244	0.0000
46	262825	6636155	625	0	231	0.0000
22	262825	6637030	3125	0	1272	0.0000
12	262800	6636205	625	0	231	0.0000
7	262775	6636230	625	0	231	0.0000
1	262750	6636305	6250	0	2313	0.0000

2. Kolbotntjernet (5537)

2.1 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse

Kolbotntjern

Values for NVE catchment

Catchment area:	3312500 m ²
Max runoff inside catchment:	550 mm/y
Min runoff inside catchment:	427 mm/y
Average salt application:	59.17 tonn/year
Average runoff:	1589786 (m ³ /year)
Steady state NaCl concentration:	37 mg/liter
Steady state Cl ⁻ concentration:	23 mg/liter
Steady state Na ⁺ concentration:	15 mg/liter
Grid area of water resource (boundary included):	368750 (m ²)
Grid area of water resource (inside boundary):	227500 (m ²)
Grid area of water resource (average):	298125 (m ²)
Grid perimeter of water resource:	5650 (m)

2.2 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa

Kolbotntjern (saltinflux along 0.10 of perimeter)

p#	utmX (m-East)	utmY (m-North)	drain.area (m ²)	saltflux (kg/y)	waterflux (m ³ /y)	saltcons. (kg/m ³)
208	264663	6637413	742500	14650	381129	0.0384
223	264713	6637163	531875	9520	283226	0.0336
104	264413	6636188	281875	6150	127831	0.0481
175	264538	6637663	130625	4970	57605	0.0863
172	264513	6636963	116250	4920	49639	0.0991
164	264488	6636513	96875	2870	43166	0.0665
215	264713	6637388	241875	2080	128219	0.0162
219	264713	6637263	13750	1350	6497	0.2078
224	264738	6637388	25000	1300	12409	0.1048
162	264488	6636563	17500	1270	7473	0.1700
183	264538	6637013	22500	1230	9632	0.1277
163	264488	6636538	33125	1230	14257	0.0863
214	264688	6637138	10625	860	4638	0.1854
210	264663	6637113	16250	820	7053	0.1163
226	264738	6637338	13125	820	6222	0.1318
197	264563	6637038	9375	820	4060	0.2020
218	264713	6637288	4375	630	1925	0.3273
220	264713	6637238	2500	470	1100	0.4273
222	264713	6637188	2500	430	1100	0.3909
221	264713	6637213	3125	430	1375	0.3127
225	264738	6637363	3125	410	1375	0.2982
205	264613	6637088	7500	410	3280	0.1250

127	264438	6636263	30625	410	13902	0.0295
217	264713	6637313	1250	0	550	0.0000
216	264713	6637338	625	0	275	0.0000
213	264688	6637163	625	0	275	0.0000
212	264688	6637388	625	0	275	0.0000
211	264688	6637413	1250	0	550	0.0000
209	264663	6637138	625	0	275	0.0000
207	264638	6637113	625	0	275	0.0000
206	264638	6637413	6250	0	2750	0.0000
204	264613	6637113	625	0	275	0.0000
203	264613	6637413	1250	0	550	0.0000
202	264588	6637063	3750	0	1650	0.0000
201	264588	6637088	625	0	275	0.0000
200	264588	6637363	625	0	275	0.0000
199	264588	6637388	1250	0	550	0.0000
198	264588	6637413	1875	0	825	0.0000
196	264563	6637063	625	0	275	0.0000
195	264563	6637288	625	0	275	0.0000
194	264563	6637313	1875	0	825	0.0000
193	264563	6637338	1875	0	825	0.0000
192	264563	6637363	625	0	275	0.0000
191	264563	6637513	1875	0	825	0.0000
190	264563	6637538	1250	0	550	0.0000
189	264563	6637563	1250	0	550	0.0000
188	264563	6637588	1875	0	825	0.0000
187	264563	6637613	2500	0	1100	0.0000
186	264563	6637638	20000	0	8800	0.0000
185	264563	6637663	1250	0	550	0.0000
184	264538	6636988	3125	0	1338	0.0000
182	264538	6637038	625	0	275	0.0000
181	264538	6637263	1250	0	550	0.0000
180	264538	6637288	625	0	275	0.0000
179	264538	6637438	1875	0	825	0.0000
178	264538	6637463	1250	0	550	0.0000
177	264538	6637488	1250	0	550	0.0000
176	264538	6637513	625	0	275	0.0000
174	264513	6636863	3750	0	1601	0.0000
173	264513	6636888	1250	0	534	0.0000
171	264513	6636988	625	0	271	0.0000
170	264513	6637238	1250	0	550	0.0000
169	264513	6637263	1250	0	550	0.0000
168	264513	6637413	1875	0	825	0.0000
167	264513	6637438	625	0	275	0.0000
166	264513	6637663	1250	0	550	0.0000
165	264488	6636488	4375	0	1868	0.0000
161	264488	6636588	6250	0	2669	0.0000
160	264488	6636613	3125	0	1334	0.0000
159	264488	6636638	2500	0	1068	0.0000
158	264488	6636663	3125	0	1334	0.0000
157	264488	6636688	2500	0	1068	0.0000
156	264488	6636713	3750	0	1601	0.0000

155	264488	6636738	3125	0	1334	0.0000
154	264488	6636763	3125	0	1334	0.0000
153	264488	6636788	3125	0	1334	0.0000
152	264488	6636813	3125	0	1334	0.0000
151	264488	6636838	2500	0	1068	0.0000
150	264488	6636863	625	0	267	0.0000
149	264488	6636888	625	0	267	0.0000
148	264488	6636913	2500	0	1068	0.0000
147	264488	6636938	1250	0	534	0.0000
146	264488	6636963	625	0	267	0.0000
145	264488	6637213	625	0	275	0.0000
144	264488	6637238	625	0	275	0.0000
143	264488	6637363	1875	0	825	0.0000
142	264488	6637388	1250	0	550	0.0000
141	264488	6637413	625	0	275	0.0000
140	264488	6637663	3125	0	1375	0.0000
139	264463	6636388	3750	0	1601	0.0000
138	264463	6636413	2500	0	1068	0.0000
137	264463	6636438	2500	0	1068	0.0000
136	264463	6636463	1250	0	534	0.0000
135	264463	6636488	625	0	267	0.0000
134	264463	6637188	625	0	275	0.0000
133	264463	6637213	625	0	275	0.0000
132	264463	6637338	1875	0	825	0.0000
131	264463	6637363	625	0	275	0.0000
130	264463	6637638	1875	0	825	0.0000
129	264463	6637663	1875	0	825	0.0000
128	264438	6636238	6875	0	2936	0.0000
126	264438	6636288	3125	0	1334	0.0000
125	264438	6636313	3125	0	1334	0.0000
124	264438	6636338	3125	0	1334	0.0000
123	264438	6636363	1250	0	534	0.0000
122	264438	6636388	625	0	267	0.0000
121	264438	6637213	625	0	275	0.0000
120	264438	6637238	1250	0	550	0.0000
119	264438	6637263	1250	0	550	0.0000
118	264438	6637288	1250	0	550	0.0000
117	264438	6637313	1250	0	550	0.0000
116	264438	6637338	625	0	275	0.0000
115	264438	6637388	625	0	275	0.0000
114	264438	6637413	12500	0	5500	0.0000
113	264438	6637438	1250	0	550	0.0000
112	264438	6637463	2500	0	1100	0.0000
111	264438	6637488	2500	0	1100	0.0000
110	264438	6637513	1875	0	825	0.0000
109	264438	6637538	2500	0	1100	0.0000
108	264438	6637563	2500	0	1100	0.0000
107	264438	6637588	3750	0	1650	0.0000
106	264438	6637613	3125	0	1375	0.0000
105	264438	6637638	1875	0	825	0.0000
103	264413	6636213	625	0	267	0.0000

102	264413	6636238	625	0	267	0.0000
101	264413	6637363	3125	0	1375	0.0000
100	264413	6637388	625	0	275	0.0000
99	264388	6636113	4375	0	1868	0.0000
98	264388	6636138	625	0	267	0.0000
97	264388	6636163	625	0	267	0.0000
96	264388	6636188	625	0	267	0.0000
95	264388	6636238	625	0	267	0.0000
94	264388	6636263	1250	0	534	0.0000
93	264388	6636288	625	0	267	0.0000
92	264388	6636313	625	0	267	0.0000
91	264388	6637163	625	0	275	0.0000
90	264388	6637188	625	0	275	0.0000
89	264388	6637213	1875	0	825	0.0000
88	264388	6637238	2500	0	1100	0.0000
87	264388	6637263	2500	0	1100	0.0000
86	264388	6637288	2500	0	1100	0.0000
85	264388	6637313	2500	0	1100	0.0000
84	264388	6637338	6250	0	2750	0.0000
83	264388	6637363	625	0	275	0.0000
82	264363	6636063	3750	0	1601	0.0000
81	264363	6636088	625	0	267	0.0000
80	264363	6636113	625	0	267	0.0000
79	264363	6636188	625	0	267	0.0000
78	264363	6636213	1250	0	534	0.0000
77	264363	6636313	1250	0	534	0.0000
76	264363	6637138	625	0	275	0.0000
75	264363	6637163	2500	0	1100	0.0000
74	264338	6636063	625	0	267	0.0000
73	264338	6636088	625	0	267	0.0000
72	264338	6636163	625	0	267	0.0000
71	264338	6636188	625	0	267	0.0000
70	264338	6636263	625	0	267	0.0000
69	264338	6636288	625	0	267	0.0000
68	264338	6637138	3125	0	1375	0.0000
67	264313	6636013	625	0	267	0.0000
66	264313	6636038	625	0	267	0.0000
65	264313	6636063	625	0	267	0.0000
64	264313	6636188	625	0	267	0.0000
63	264313	6636213	1875	0	801	0.0000
62	264313	6636238	625	0	267	0.0000
61	264313	6636263	625	0	267	0.0000
60	264313	6636613	625	0	267	0.0000
59	264313	6636638	3125	0	1334	0.0000
58	264313	6636663	5000	0	2135	0.0000
57	264313	6636688	3750	0	1601	0.0000
56	264313	6636713	5000	0	2135	0.0000
55	264313	6636738	4375	0	1868	0.0000
54	264313	6636763	5000	0	2135	0.0000
53	264313	6636788	5000	0	2135	0.0000
52	264313	6636813	6250	0	2669	0.0000

51	264313	6636838	5000	0	2135	0.0000
50	264313	6636863	5625	0	2402	0.0000
49	264313	6636888	5000	0	2135	0.0000
48	264313	6636913	3750	0	1601	0.0000
47	264313	6636938	6250	0	2669	0.0000
46	264313	6636963	5000	0	2135	0.0000
45	264313	6636988	4375	0	1897	0.0000
44	264313	6637013	5000	0	2196	0.0000
43	264313	6637038	4375	0	1925	0.0000
42	264313	6637063	3750	0	1650	0.0000
41	264313	6637088	4375	0	1925	0.0000
40	264313	6637113	6875	0	3025	0.0000
39	264313	6637138	2500	0	1100	0.0000
38	264288	6635988	625	0	276	0.0000
37	264288	6636013	625	0	267	0.0000
36	264288	6636538	625	0	267	0.0000
35	264288	6636563	4375	0	1868	0.0000
34	264288	6636588	5625	0	2402	0.0000
33	264288	6636613	625	0	267	0.0000
32	264263	6635963	3750	0	1710	0.0000
31	264263	6635988	625	0	276	0.0000
30	264263	6636463	625	0	267	0.0000
29	264263	6636488	4375	0	1868	0.0000
28	264263	6636513	12500	0	5338	0.0000
27	264263	6636538	625	0	267	0.0000
26	264238	6635963	41875	0	19095	0.0000
25	264238	6635988	1875	0	837	0.0000
24	264238	6636013	4375	0	1904	0.0000
23	264238	6636038	7500	0	3203	0.0000
22	264238	6636063	4375	0	1868	0.0000
21	264238	6636088	4375	0	1868	0.0000
20	264238	6636113	3750	0	1601	0.0000
19	264238	6636138	6250	0	2669	0.0000
18	264238	6636163	6875	0	2936	0.0000
17	264238	6636188	1875	0	801	0.0000
16	264238	6636213	1250	0	534	0.0000
15	264238	6636238	625	0	267	0.0000
14	264238	6636263	625	0	267	0.0000
13	264238	6636388	625	0	267	0.0000
12	264238	6636413	625	0	267	0.0000
11	264238	6636438	4375	0	1868	0.0000
10	264238	6636463	625	0	267	0.0000
9	264213	6636263	5625	0	2402	0.0000
8	264213	6636288	625	0	267	0.0000
7	264213	6636363	625	0	267	0.0000
6	264213	6636388	11875	0	5071	0.0000
5	264188	6636263	13750	0	5871	0.0000
4	264188	6636288	5625	0	2402	0.0000
3	264188	6636313	5625	0	2402	0.0000
2	264188	6636338	8125	0	3469	0.0000
1	264188	6636363	3125	0	1334	0.0000

3. Nordbytjernet (4228)

3.1 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse

Nordbytjernet

Values for NVE catchment

Catchment area:	2578125 m ²
Max runoff inside catchment:	882 mm/y
Min runoff inside catchment:	760 mm/y
Average salt application:	64.00 tonn/year
Average runoff:	2085819 (m ³ /year)
Steady state NaCl concentration:	31 mg/liter
Steady state Cl ⁻ concentration:	19 mg/liter
Steady state Na ⁺ concentration:	12 mg/liter
Grid area of water recourse (boundary included):	303125 (m ²)
Grid area of water recourse (inside boundary):	228750 (m ²)
Grid area of water recourse (average):	265938 (m ²)
Grid perimenter of water recourse:	2975 (m)

3.2 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa

%Nordbytjernet (salt is comming in along 0.14 of perimenter)

%p#	utmX	utmY	drain.area	saltflux	waterflux	saltcons.
%p#	(m-East)	(m-North)	(m ²)	(kg/y)	(m ³ /y)	(kg/m ³)
48	287113	6675310	149375	21600	113994	0.1895
105	287538	6675285	793125	18600	629479	0.0295
65	287238	6674735	666875	7900	566839	0.0139
1	286813	6675010	146875	6500	111805	0.0581
103	287513	6674985	10625	800	9116	0.0878
96	287463	6674935	6250	600	5363	0.1119
113	287563	6675285	6250	500	4938	0.1013
112	287538	6675035	8750	500	6998	0.0715
119	287563	6675135	5625	400	4444	0.0900
118	287563	6675160	6250	400	4938	0.0810
104	287513	6674960	8125	400	6971	0.0574
110	287538	6675085	31250	300	24773	0.0121
115	287563	6675235	17500	300	13825	0.0217
116	287563	6675210	3125	200	2469	0.0810
111	287538	6675060	3125	200	2469	0.0810
99	287488	6674935	7500	200	6435	0.0311
91	287413	6674935	11250	200	9653	0.0207
117	287563	6675185	625	0	494	0.0000
114	287563	6675260	625	0	494	0.0000
109	287538	6675110	1250	0	988	0.0000
108	287538	6675135	625	0	494	0.0000
107	287538	6675185	625	0	494	0.0000

106	287538	6675210	625	0	494	0.0000
102	287513	6675010	1250	0	988	0.0000
101	287513	6675035	625	0	494	0.0000
100	287513	6675285	625	0	494	0.0000
98	287488	6674960	625	0	536	0.0000
97	287488	6675285	2500	0	1975	0.0000
95	287463	6675285	2500	0	1975	0.0000
94	287438	6674935	6250	0	5363	0.0000
93	287438	6675260	1875	0	1481	0.0000
92	287438	6675285	625	0	494	0.0000
90	287413	6674960	625	0	536	0.0000
89	287413	6675235	625	0	494	0.0000
88	287413	6675260	625	0	494	0.0000
87	287388	6674960	3125	0	2681	0.0000
86	287388	6674985	625	0	536	0.0000
85	287388	6675235	625	0	494	0.0000
84	287388	6675260	625	0	494	0.0000
83	287363	6674985	1250	0	1073	0.0000
82	287363	6675260	1250	0	988	0.0000
81	287363	6675285	1875	0	1481	0.0000
80	287338	6674985	625	0	536	0.0000
79	287338	6675285	2500	0	1975	0.0000
78	287338	6675310	1875	0	1481	0.0000
77	287313	6674935	1875	0	1609	0.0000
76	287313	6674960	1250	0	1073	0.0000
75	287313	6674985	625	0	536	0.0000
74	287313	6675310	4375	0	3456	0.0000
73	287288	6674910	5000	0	4290	0.0000
72	287288	6674935	625	0	536	0.0000
71	287288	6675310	13125	0	10369	0.0000
70	287263	6674835	3125	0	2681	0.0000
69	287263	6674860	1250	0	1073	0.0000
68	287263	6674885	1875	0	1609	0.0000
67	287263	6674910	625	0	536	0.0000
66	287263	6675310	11875	0	9381	0.0000
64	287238	6674760	1875	0	1609	0.0000
63	287238	6674785	625	0	536	0.0000
62	287238	6674810	1875	0	1609	0.0000
61	287238	6674835	625	0	536	0.0000
60	287238	6675310	3750	0	2963	0.0000
59	287213	6674710	22500	0	19305	0.0000
58	287213	6674735	625	0	536	0.0000
57	287213	6675310	5000	0	3950	0.0000
56	287188	6674710	3750	0	3218	0.0000
55	287188	6675310	8125	0	6419	0.0000
54	287163	6674710	3125	0	2681	0.0000
53	287163	6675310	5625	0	4444	0.0000
52	287138	6674710	3125	0	2681	0.0000
51	287138	6675310	26875	0	21231	0.0000
50	287113	6674710	1875	0	1609	0.0000
49	287113	6674735	8125	0	6971	0.0000

47	287088	6674735	625	0	536	0.0000
46	287088	6674760	625	0	536	0.0000
45	287088	6675235	625	0	494	0.0000
44	287088	6675260	3125	0	2450	0.0000
43	287088	6675285	23125	0	17763	0.0000
42	287088	6675310	3125	0	2450	0.0000
41	287063	6674760	2500	0	2145	0.0000
40	287063	6675210	1250	0	988	0.0000
39	287063	6675235	625	0	494	0.0000
38	287038	6674760	2500	0	2145	0.0000
37	287038	6674785	625	0	536	0.0000
36	287038	6675185	1875	0	1463	0.0000
35	287038	6675210	1250	0	988	0.0000
34	287013	6674785	1250	0	1073	0.0000
33	287013	6675160	2500	0	1919	0.0000
32	287013	6675185	1875	0	1444	0.0000
31	286988	6674785	3125	0	2488	0.0000
30	286988	6674810	625	0	498	0.0000
29	286988	6675135	625	0	475	0.0000
28	286988	6675160	625	0	475	0.0000
27	286963	6674810	8750	0	6965	0.0000
26	286963	6675110	625	0	475	0.0000
25	286963	6675135	3750	0	2850	0.0000
24	286938	6674810	5000	0	3980	0.0000
23	286938	6674835	625	0	498	0.0000
22	286938	6675110	1250	0	950	0.0000
21	286913	6674835	3750	0	2985	0.0000
20	286913	6674860	625	0	498	0.0000
19	286913	6675110	3125	0	2375	0.0000
18	286888	6674860	1875	0	1493	0.0000
17	286888	6674885	625	0	498	0.0000
16	286888	6675110	8125	0	6175	0.0000
15	286863	6674885	5625	0	4478	0.0000
14	286863	6674910	625	0	498	0.0000
13	286863	6675060	625	0	475	0.0000
12	286863	6675085	10000	0	7600	0.0000
11	286863	6675110	625	0	475	0.0000
10	286838	6674885	6250	0	4975	0.0000
9	286838	6674910	625	0	498	0.0000
8	286838	6674935	625	0	498	0.0000
7	286838	6675010	625	0	475	0.0000
6	286838	6675035	7500	0	5700	0.0000
5	286838	6675060	1250	0	950	0.0000
4	286813	6674935	625	0	498	0.0000
3	286813	6674960	625	0	498	0.0000
2	286813	6674985	625	0	498	0.0000

4. Tussetjernet (5611)

4.1 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse

Tussetjern

Values for NVE catchment

Catchment area:	20228750 m ²
Max runoff inside catchment:	577 mm/y
Min runoff inside catchment:	444 mm/y
Average salt application:	170.49 tonn/year
Average runoff:	10301442 (m ³ /year)
Steady state NaCl concentration:	17 mg/liter
Steady state Cl ⁻ concentration:	10 mg/liter
Steady state Na ⁺ concentration:	7 mg/liter
Grid area of water resource (boundary included):	118750 (m ²)
Grid area of water resource (inside boundary):	76875 (m ²)
Grid area of water resource (average):	97813 (m ²)
Grid perimeter of water resource:	1675 (m)

4.2 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa

Tussetjern (salt influx along 0.07 of perimeter)

p#	utmX (m-East)	utmY (m-North)	drain.area (m ²)	saltflux (kg/y)	waterflux (m ³ /y)	saltcons. (kg/m ³)
40	265788	6632640	4399375	91228	2224509	0.0410
42	265788	6632190	14746875	61221	7545638	0.0081
36	265738	6632640	40625	3372	18038	0.1869
23	265663	6632565	12500	1233	5550	0.2221
33	265713	6632615	8750	1074	3885	0.2765
67	265888	6632215	3125	0	1509	0.0000
66	265888	6632240	116875	0	55228	0.0000
65	265888	6632265	3125	0	1509	0.0000
64	265888	6632290	1875	0	906	0.0000
63	265888	6632315	3125	0	1509	0.0000
62	265863	6632215	1875	0	906	0.0000
61	265863	6632240	625	0	302	0.0000
60	265863	6632315	625	0	302	0.0000
59	265863	6632340	1250	0	604	0.0000
58	265863	6632365	15000	0	7110	0.0000
57	265863	6632390	12500	0	5959	0.0000
56	265863	6632415	2500	0	1208	0.0000
55	265863	6632440	3125	0	1388	0.0000
54	265863	6632465	3125	0	1388	0.0000
53	265863	6632490	2500	0	1110	0.0000
52	265863	6632515	3750	0	1665	0.0000
51	265863	6632540	38750	0	18861	0.0000

50	265863	6632565	10000	0	4753	0.0000
49	265863	6632590	12500	0	5831	0.0000
48	265863	6632615	625	0	278	0.0000
47	265838	6632215	1875	0	906	0.0000
46	265838	6632615	26875	0	13058	0.0000
45	265813	6632215	625	0	302	0.0000
44	265813	6632615	625	0	278	0.0000
43	265813	6632640	625	0	278	0.0000
41	265788	6632215	625	0	302	0.0000
39	265763	6632190	1875	0	906	0.0000
38	265763	6632640	625	0	278	0.0000
37	265738	6632190	625	0	302	0.0000
35	265713	6632165	2500	0	1208	0.0000
34	265713	6632190	625	0	302	0.0000
32	265713	6632640	625	0	278	0.0000
31	265688	6632165	625	0	302	0.0000
30	265688	6632565	625	0	278	0.0000
29	265688	6632590	1250	0	555	0.0000
28	265688	6632615	625	0	278	0.0000
27	265663	6632165	13750	0	6641	0.0000
26	265663	6632490	625	0	278	0.0000
25	265663	6632515	1875	0	833	0.0000
24	265663	6632540	1875	0	833	0.0000
22	265638	6632115	2500	0	1208	0.0000
21	265638	6632140	625	0	302	0.0000
20	265638	6632165	625	0	302	0.0000
19	265638	6632315	625	0	302	0.0000
18	265638	6632340	625	0	302	0.0000
17	265638	6632365	1250	0	604	0.0000
16	265638	6632390	1875	0	906	0.0000
15	265638	6632415	2500	0	1208	0.0000
14	265638	6632440	3125	0	1388	0.0000
13	265638	6632465	3750	0	1665	0.0000
12	265638	6632490	1875	0	833	0.0000
11	265613	6632115	1875	0	906	0.0000
10	265613	6632140	625	0	302	0.0000
9	265613	6632215	625	0	302	0.0000
8	265613	6632240	1250	0	604	0.0000
7	265613	6632265	625	0	302	0.0000
6	265613	6632290	625	0	302	0.0000
5	265613	6632315	1250	0	604	0.0000
4	265588	6632140	129375	0	62488	0.0000
3	265588	6632165	5000	0	2415	0.0000
2	265588	6632190	5000	0	2415	0.0000
1	265588	6632215	625	0	302	0.0000

5. Steinsrudtjernet (5320)

5.1 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse

Steinsrudtjernet

Values for NVE catchment

Catchment area:	340000 m ²
Max runoff inside catchment:	653 mm/y
Min runoff inside catchment:	552 mm/y
Average salt application:	9.03 tonn/year
Average runoff:	197591 (m ³ /year)
Steady state NaCl concentration:	46 mg/liter
Steady state Cl ⁻ concentration:	28 mg/liter
Steady state Na ⁺ concentration:	18 mg/liter
Grid area of water resource (boundary included):	25625 (m ²)
Grid area of water resource (inside boundary):	10000 (m ²)
Grid area of water resource (average):	17813 (m ²)
Grid perimeter of water resource:	625 (m)

5.2 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa

Steinsrudtjernet (salt is coming in along 0.44 of perimeter)

p#	utmX (m-East)	utmY (m-North)	drain.area (m ²)	saltflux (kg/y)	waterflux (m ³ /y)	saltcons. (kg/m ³)
2	250362	6654288	36875	2378	20797	0.1143
5	250387	6654263	7500	1043	4393	0.2374
22	250562	6654288	1250	981	690	1.4214
18	250537	6654263	625	630	345	1.8261
16	250512	6654263	10000	627	5709	0.1098
8	250412	6654263	10625	618	6181	0.0999
14	250487	6654263	3750	591	2070	0.2856
12	250462	6654263	4375	565	2415	0.2337
10	250437	6654263	5000	550	2823	0.1949
19	250537	6654288	71875	280	45988	0.0061
24	250562	6654338	10625	125	6244	0.0200
25	250562	6654363	5625	0	3105	0.0000
23	250562	6654313	625	0	345	0.0000
21	250537	6654363	625	0	345	0.0000
20	250537	6654338	625	0	345	0.0000
17	250512	6654363	4375	0	2415	0.0000
15	250487	6654363	5000	0	2760	0.0000
13	250462	6654363	5000	0	2760	0.0000
11	250437	6654363	5625	0	3105	0.0000
9	250412	6654363	5000	0	2760	0.0000
7	250387	6654363	23125	0	12765	0.0000
6	250387	6654338	625	0	345	0.0000

4	250362	6654338	57500	0	31740	0.0000
3	250362	6654313	3750	0	2070	0.0000
1	250362	6654263	625	0	345	0.0000

6. Råtjernet (144423)

6.1 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse

Råtjernet

Values for NVE catchment

Catchment area:	1023750 m ²
Max runoff inside catchment:	1986 mm/y
Min runoff inside catchment:	1935 mm/y
Average salt application:	25.74 tonn/year
Average runoff:	1981975 (m ³ /year)
Steady state NaCl concentration:	13 mg/liter
Steady state Cl ⁻ concentration:	8 mg/liter
Steady state Na ⁺ concentration:	5 mg/liter
Grid area of water resource (boundary included):	7500 (m ²)
Grid area of water resource (inside boundary):	0 (m ²)
Grid area of water resource (average):	3750 (m ²)
Grid perimeter of water resource:	300 (m)

6.2 Gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa

Råtjernet (salt influx along 0.25 of perimeter)

p#	utmX (m-East)	utmY (m-North)	drain.area (m ²)	saltflux (kg/y)	waterflux (m ³ /y)	saltcons. (kg/m ³)
3	-33563	6723413	909375	23198	1760454	0.0132
2	-33563	6723438	8125	425	15730	0.0270
1	-33563	6723463	625	59	1210	0.0488
12	-33488	6723413	2500	0	4840	0.0000
11	-33488	6723438	1875	0	3630	0.0000
10	-33513	6723388	2500	0	4840	0.0000
9	-33513	6723413	625	0	1210	0.0000
8	-33513	6723438	625	0	1210	0.0000
7	-33513	6723463	625	0	1210	0.0000
6	-33538	6723388	1250	0	2420	0.0000
5	-33538	6723463	625	0	1210	0.0000
4	-33563	6723388	625	0	1210	0.0000



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005