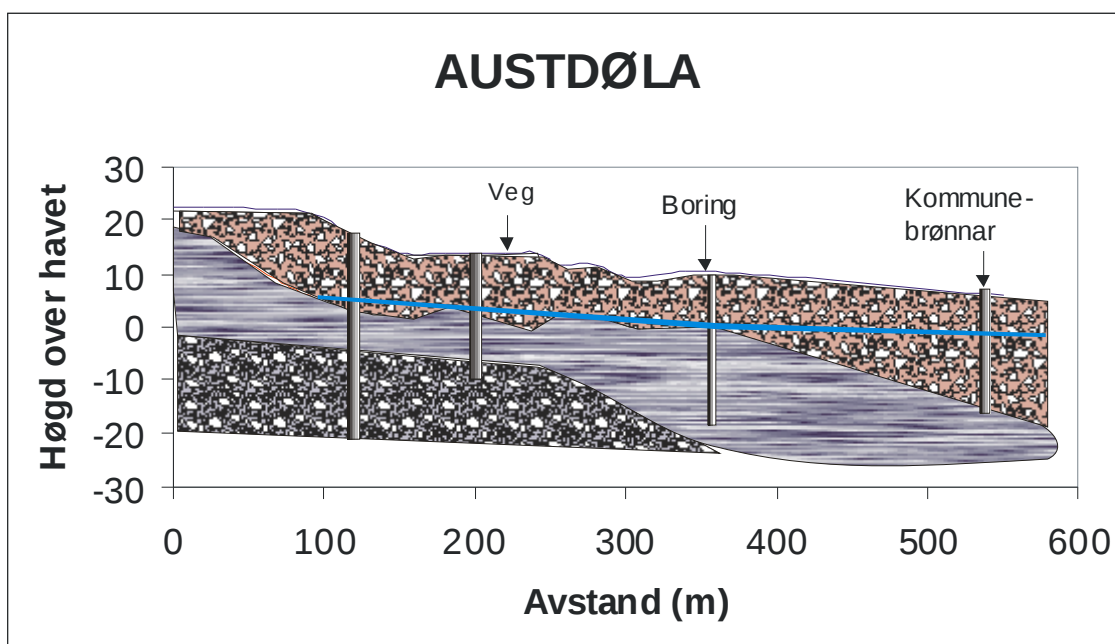


Osa vanneksport as

HYDROGEOLOGISKE FORHOLD I OSA

ULVIK HERAD



Bergen, Mai 2001

Oppdragsgiver:	Osa Vanneksport AS				
Formell oppdragstittel:	Hydrogeologiske undersøkingar i Osa				
Oppdragsnummer:	105585	Rapportdato:	10.06.01	Versjonsnr.:	1
Prosjektansvarlig hos o.giver:	Magnar Lussand				
Prosjektansvarlig hos ICG	Oddmund Soldal				
Saksbehandler hos ICG	Oddmund Soldal, Vidar Valen, Arve Misund				
Kontrollør hos ICG	Oddmund Soldal				
Nøkkelord (søkeord):	Grunnvatn, Osa, Ulvik, konsesjon				
Signaturer:					
Vidar Valen					
sign					
(Saksbehandler)	(Utført kontroll)		(Prosjektansvarlig ICG)		

Samandrag

Denne rapporten er ei oppsummering av arbeid som er utført i Osa, Ulvik herad, i samband med Osa Vanneksport AS sine planar om kommersiell utnytting av grunnvatn.

Osa Vanneksport AS planlegg ei tapping av grunnvatn frå brønnar i lausmassar. Vatnet skal fyllast på ein tankbåt som vil transportere vatnet til eit tappeanlegg.

Det er gjennomført ei vurdering av ulike vasskjelder i området og konkludert med at grunnvatn i lausmassar i nedre del av Osa er det beste alternativet. Grunnvatnet er planlagt å verta utpumpa frå lausmassebrønnar.

Lausmassane som er eigna til vassforsyning er av to typar. Dei beste lausmassane er eldre djuptliggjande glasifluviale avsetningar langs elva Austdøla. Langs elva Norddøla ligg det yngre fluviale lausmassar.

Dei glasifluviale lausmassane består av gneisbergarter, medan dei fluviale massane har stort innslag av fyllitt. Lausmassane si samansetning påverkar grunnvasskvaliteten.

Begge elvane i området er regulerte.

Det er laga ein matematisk modell av grunnvassforholda. Denne er basert på innhenta opplysningar i løpet av år 2000. Modellen viser at brønnar langs Norddøla ikkje påverkar det kommunale vassforsyningsanlegget i området. Det er også utført ferskvassbiologiske undersøkingar som viser at vassuttaket ikkje vil ha skadeleg påverknad på biologiske forhold i Norddøla (Johnsen og Hellen, 2000).

Elva Austdøla er tørrlagd i periodar i året.

Undersøkingar så langt gjev ingen indikasjonar på at det kommunale vassverket vil verta uheldig påverka av Osa Vanneksport sine planar.

Det er foreslått å utvida den matematiske modellen til å inkludere dei siste undersøkingresultata, samt å gjennomføre nyetablering av brønnar. Desse brønnane må prøvepumpast for å klarleggje evt. innverknad på kommunal vassforsyning.

1	Innleiing	4
2	Undersøkt område	4
1.1	Berggrunnsgeologi	5
1.2	Landskap	5
1.3	Dagens arealutnytting	5
1.4	Vassdrag	5
2.1	Tidlegare undersøkingar	6
3	Gjennomført arbeid	7
3.1	Kvartærgeologi	7
3.2	Georadarmålingar	7
3.3	Undersøkingaboringar	8
3.4	Generell hydrogeologi	9
3.5	Brønnetablering og prøvepumping	10
3.5.1	Kapasitet	11
3.5.2	Prøvepumping	11
3.5.3	Kjemiske analysar av vatnet	11
3.6	Modellering	12
3.6.1	Modellert område	13
3.6.2	Modellkonstruksjon	14
3.6.3	Kalibrering av modellen	14
3.6.4	Sensivitet og usikre forhold	15
3.6.5	Resultat	15
4	Diskusjon	16
5	Konklusjonar	18
6	Vidare arbeid	18
7	Referansar	18
	Figurar	19

1 Innleiing

Osa vannekспорт AS (OVE) har planar om å starta uttak av grunnvatn for sal. Planane inneber at det skal takast ut grunnvatn i fleire brønnar i ei lausmasseavsetning i Osa, Ulvik herad (figur 1).

Driftsforma på anlegget vil vera spesiell i forhold til vanlege grunnvassanlegg ved at utpumpinga vil foregå i korte periodar med ca. 1 månads kviletid til neste pumpeperiode.

OVE ønskjer å byggja ut anlegget i to utbyggingstrinn;

- Fase 1: Uttak av ca. 100 l/s, oppstart i løpet av år 2001
- Fase 2: Uttak av totalt 230 l/s, oppstart i løpet av 2-3 år ?

Undersøkingane har vore retta mot følgjande problemstillingar:

- Er det fysisk mogeleg å ta ut dei aktuelle vassmengdene i Osa?
- Er det forsvarleg å ta ut dei aktuelle vassmengder med planlagde driftsform?

OVE sitt planlagte vassforsyningsanlegg i Osa kan vera eit konkurrerande inngrep i høve til Ulvik Herad sitt vassforsyningsanlegg som er under utbygging.

Den nye lova "Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven) som trådte i kraft frå år 2001 medfører fleire nye forhold som må belysast enn kva tilfelle har vore med tidlegare utbygde grunnvassverk. Den viktigaste konsekvensen av "Vannressursloven" er at grunnvassressursen må forvaltaast på ein heilskapleg måte og at det grunnvatnet som strøymer til ein brønn er ei felleseige for dei som har denne grunnvasstraumen under sin eigendom.

Uttak av grunnvatn frå "infiltrasjonsmagasin" medfører ei viss grad av redusert elvevassføring. Derfor er det vesentleg at ein også har innsikt i kva konsekvensar grunnvassuttaket kan ha på ferskvassbiologiske forhold.

OVE er kjend med desse forholda og har sjølv sett følgjande krav til prosjektet:

"Skal prosjektet vera vellukka må ein kunna levere vatn med tilfredsstillande tryggleik for drift, vassmengde og vasskvalitet. I tillegg er det viktig at tiltaket ikkje medfører negative konsekvensar for liv i vassdraga og grunnvassanlegget til Ulvik herad".

2 Undersøkt område

Kart over Osa er vist i figur 2.

Dei vassmengdene som er aktuelt å ta ut i det planlagde anlegget gjer at det er særleg lausmassane som er av interesse å vurdere. Potensielle uttaksmengder er normalt mykje større i sand og grusavsetningar enn dei er frå brønnar i fjell. Det er gjort målingar av oppkomer i området. Desse kjeldene kan vera eit supplement til andre former for vassuttak. Det er påvist ein samla kapasitet på mellom 30 og 40 l/s frå tre ulike oppkomer.

På grunn av uklare forhold i høve til å ta ut deler av dette vatnet er utnytting av oppkomene førebels ikkje vurdert.

1.1 **Berggrunnsgeologi**

Berggrunnen i området består av grunnfjellsbergarter og er prega av migmatittar og migmatittiske gneisar. I Norddalen er det innslag av kambrosiluriske bergarter (figur 3).

Berggrunnsforholda gjer at grunnvatn frå fjell er mest eigna til å forsyna enkelthus. Vatn finn ein i bruddsonar i fjellet. Det kan vera små enkeltsprekker eller det kan vera større bruddsonar. Vanlegvis gjev ein brønn i fjell mellom 200 og 2000 l/t, men det er store variablar innan dette. Brønner kan vera praktisk talt tørre og dei kan gje opptil 8000-10000 l/t i enkelte tilfelle.

Oppkomer kan leda vatn frå bruddsonar og føra mykje vatn. I Osa er det mange oppkomer som viser at det må vera store vassførande bruddsonar i fjellet.

1.2 **Landskap**

Landskapet er kjenneteikna ved ein relativt flat dalbotn og svært bratte dalsider. Hjadlane er ei markant lausmasseavsetning. Avsetninga er danna i Pre Boreal (9.000-10.000 år før notid) og er bygt opp til havnivået på den tida, ca. 90 m o.h. Fleire lågare terrasserestar kan også finnast og viser eit gradvis lågare havnivå i tida etter siste istid.

1.3 **Dagens arealutnytting**

Det er noko jordbruksaktivitet i området frå samløpet mellom dei to vassdraga og opp til Hjadlane og Haugen. Det foregår sporadisk uttak av lausmassar i nedre del av dalføret.

Ulvik herad byggjer ut anlegg for grunnvassforsyning. Dette vil bandleggja deler av areala langs Austdøla.

1.4 **Vassdrag**

Det vesentlege av dette avsnittet er henta frå Johnsen og Hellen (2000).

Dei to vassdraga, Norddøla (051.2Z) og Austdøla (051.1Z), renn saman eit par hundre meter før utløpet til Osafjorden. Begge vassdraga er i dag regulerte ved overføring til Sima kraftverk.

Norddøla hadde eit opphavelig nedbørsfelt på 40 km², og 55% er i dag fråført ved Skrulsvatnet og oppi sideelva Tverrelvi. Dermed er restfeltet (18 km²) til vassdraget meir enn halvert i forhold til det opprinnelege, og avrenninga er så godt som ført bort frå alle dei høgtliggende områda. Det er ingen større innsjøer igjen i restfeltet til Norddøla (fig. 4).

Austdøla hadde opprinneleg eit nedbørsfelt på 134 km², men i dag er 81% av nedbørsfeltet fråført. Det er bygd fleire demningar ved innsjøane Langvatnet (1138 m.o.h.) og Austdølanutvatnet (1040 m.o.h.), og vatnet vert ført frå desse magasina til Sima kraftverk. Restfeltet er på storleik med Norddølas, og har heller ingen større innsjøar.

Vassdraga var opprinneleg prega av høge flaumvassføringar under snøsmeltinga utover våren og førsommaren, men hadde låg vassføring sommarstid og vinterstid. Midlare spesifikk avrenning for Norddølas felt var på nærmare 70 l/s/km², mens det i dei nedre deler av feltet er ca. 60 l/s/km². Gjennomsnittlig vassføring gjennom året var før regulering på 2,8 m³/s, medan det er 1,2 m³/s etter regulering.

Vassføringa er dermed redusert med omtrent 60 % sidan 55% av feltet er fråført og dette var områda med størst avrenning. Størst effekt på vassføringsforholda har fråføringen av dei større

innsjøene oppe i feltet til Norddøla. Desse hadde ein dempende effekt på lågvassføringa i elva, og midlere 7-døgns lågvassføringa er etter regulering redusert til under 10% av det opprinnelige sommarstid og ca 15% vinterstid. Dei konkrete tala er berekna ut frå generelle modellar, og presentert i **tabell 1**, men ein kan nok anta at desse lågvassføringane for Norddøla vil være noko høgare på grunn av grunnvasssmagasina si dempende effekt ved tørke. Det føreligg ingen konkrete vassføringsmålingar i vassdraget, så det må understrekast at dei presenterte tala er berekna ut frå de gitte forutsetningene. Reguleringa si virkning på vassføringa i Austdøla er endå meir markert.

Tabell 1: Modellerte vassføringstal for Norddøla før og etter regulering. NVEs "lavanti"-modell er benyttet.

Vannføringsforhold	Norddøla før regulering	Norddøla i dag
Snittvannføring	2,80 m ³ /s	1,17 m ³ /s
Midlere 7-døgns lågvassføring sommar	1,02 m ³ /s	0,08 m ³ /s
Midlere 7-døgns lågvassføring vinter	0,36 m ³ /s	0,06 m ³ /s
Høgaste gjennomsnittlege vekesmiddel	6,87 m ³ /s	2,87 m ³ /s
Lågaste gjennomsnittlege vekesmiddel	1,15 m ³ /s	0,48 m ³ /s

Dei to vassdraga, Norddøla og Austdøla, er sterkt regulerde, og har i dag ei vassføring som i periodar er ned mot 10% av det opphavelag. Fråføring av dei høgastliggende områda og store innsjøar oppe i begge elvane har ført til at flaumvassføringane er kraftig redusert og at lågvassføringa vinterstid og på sommaren kan vera særleg liten. Norddøla er i slike lågvassperiodar betydeleg påverka av tilførsler av grunnvatn frå grunnvannsmagasinet innover i dalen, slik at dette bidreg til å auka de lågaste vassføringane i kortare periodar noko meir enn det som elles er vanleg i slike elvar.

Årvisst er elva Austdøla tørrlagt i nedre del, nær samløpet til Norddøla. Dette skuldast at store vassmengder infiltrerer frå Austdøla til dei grove lausmassane i området. Minstevassføringa er målt til ca. 50 l/s i området oppstrøms elvevifta langs Austdøla. Ved denne vassføringa infiltrerer alt vatnet til grunnvassmagasinet.

2.1 Tidlegare undersøkingar

I samband med OVE sine planar er det gjennomført ei ferskvassbiologisk gransking av Norddøla (Johnsen og Hellen, 2000) Undersøkinga var retta mot konsekvensar av redusert vassføring i Norddøla som følge av eit grunnvassuttak som føra til infiltrasjon frå elva. Konklusjonen frå undersøkinga er at det ikkje vil føra til negative konsekvensar med eit planlagt vassuttak på 100 l/s.

Austdøla er ikkje undersøkt på same måte sidan elva er sterkt regulert og utan vassføring under fleire periodar gjennom året.

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har gjennomført boringar og langtidspumping av det kommunale vassforsyningsanlegget (Dagestad, 2000).

3 Gjennomført arbeid

I smanband med planlagd utbygging er det gjennomført følgjande undersøkingar

- Kvartærgeologisk kartlegging
- Undersøking av kjelder
- Georadarundersøkingar
- Undersøkingsboringar
- Brønnetablering og prøvepumping
- Grunnvassmodellering

Arbeidet er utført i to fasar. I første fase vart forholda i Norddalen gjennomført. I andre fase vart forholda langs Austdøla undersøkt.

3.1 Kvartærgeologi

Fordelinga av overflatejordarter er vist i figur 5. Den mest markante lausmasseavsetninga finn ein på Hjadlane. Dette er ein terrasse bygd opp til havnivået frå siste del av siste istid. Toppen av terrassen ligg ca. 90 m o.h.. Ein kan gå ut frå at det hovudsakleg er sand og grus som er materialet i denne avsetninga. I nordre del av avsetninga finn ein eit lag av finkorna jord som må vera avsatt i stilleståande vatn. Dette laget har sand- og grusmassar både over og under seg.

I dalbotnen frå Sævartveit og mot Haugen finn ein yngre sand- og grusavsetningar. Desse avsetningane har ein anna sortering og samansetning enn dei ein finn på Hjadlane. Bl.a. er det meir fylitt i massane, noko som medfører at det er ein del finkorna material i massane.

Elva Austdøla har bygd ei såkalla elvevifte ut i dalen. Materialet i denne elvevifta er grovkorna og mykje av dei massane ein finn i denne stammar truleg frå erosjon av terrasseavsetninga ved Hjadlane. Oppover i Sævartveitdalen er det ellers ein del morenemateriale i dalbotnen. Langs fjellsidene er det mykje rasmaterial, store blokk og steinar har til dels vorte transportert ut over morenematerialet i dalbotnen.

3.2 Georadarmålingar

Georadarundersøkinga vart utført i to fasar. I fase ein vart området frå Austdøla og opp langs Norddøla undersøkt. I fase 2 vart området frå Austdøla sitt utløp i hoveddalen og ned til kommunebrønnane undersøkt.

Georadarmålingar baserer seg på utsending og mottaking av elektromagnetiske signal. Ein sender ned eit signal i bakken. Når dette signalet treff lag/massar der det er endring av elektriske eigenskapar vil ein del av signalet verta reflektert mot overflata der det vert oppfanga av ei antenne. Dersom massane har høg elektrisk leiingsevne vil signalet verta adsorbert (det vert borte). Når signala treff blokker etc. i bakken oppstår det ein del sekundæreffektar. Derfor må måleresultata bearbeidast ved filtrering av uønskt støy etc..

Ein utfører målingane langs profil og gjer ei måling for kvar 0,15 m.

I alt er det målt 27 profil (fig. 6).

I første fase av prosjektet vart det utført ei rekke målingar med georadar for å verta kjent med området. Georadarprofila vart brukt for å finne dei beste stadene for å gjennomføra undersøkingsboringar. Saman med graving og boring vart dette grunnlaget for ein geologisk modell over området. Seinare undersøkingar har komplettert desse tidlege undersøkingane.

På nordsida av Austdøla er det eit karakteristisk trekk at mykje av signala er borte. Det same finn ein igjen i området ved dei kommunale brønnane. Normalt skulle grovkorna vassførande massar gje gode signal. Derfor er dette svært uvanlege målingar i slike område. Den einaste forklaringa er at det må vera forhold overflatenært i massane som adsorberer signalet. Ved sterk mineralisering i jorda, t.d. jernoksyddag (aurhelle) kan dette tenkjast å vera ei forklaring.

På sørsida av Austdøla finn ein igjen dei same forholda i enkelte område. Men her er det også ein del sterkare reflektorar djupt i massane.

Den viktigaste informasjonen er at dei øvre vassførande lausmassane kiler ut mot søraust. Det ser ut til å vera ei relativt tynn vassmetta sone over tettare massar. I dei tette massane ser det ut til å vera ein del "kanalar" som kan føra ein del vatn.

3.3 Undersøkingsboringar

I første fase vart det bora på 6 ulike stader i området (fig. 7). Det er etablert to prøvebrønner i borpunkt 5 (5a og 5b) og ein brønn i borpunkt 4. I tillegg er det sett ned 10 peilebrønner for å måla grunnvassnivå. Alle stadene det er bora vart det teke opp prøvar av lausmassane. Resultata av boringane viser at i nordaustre deler av det undersøkte området er grunnforholda prega av ei tredelt lagdeling. Øvst ligg det opptil 9 meter med relativt finkorna/tette massar. Under dette laget ligg det i storleiksorden 10 m med sand og grus. Under sand/gruslaget er det igjen meir finkorna/tette lausmassar.

Boring 2 og 6 viser at sand/gruslaget har så god vassgjennomgang at grunnvatnet står djupt. I boring 2 ligg grunnvatnet på ca. 13 m djup. Dette er i grensa til det underliggjande finkorna laget. Det er derfor ikkje mogeleg å ta interessante vassmengder ut av dette området.

Ved Solskinstjørna er det ca. 20 m ned til grunnvatnet i gruslaget. Det er berre 4 m med sand/grus ned til underliggjande tette massar. Derfor er det også i dette området mindre gode forhold for uttak store vassmengder.

I borpunkt 4 og 5 er det påvist sand ned til ca. 20 m djup.

Under boringa vart det registrert ein god vassgjennomgang i borpunkta 4 og 5. I boring 1 og 2 vart det registrert brukbar vassgjennomgang, men merkbart mindre enn i områda litt lenger ned i dalen. I tillegg er det grunnare ned til tette massar i borpunkt 1 og 2 enn i 4 og 5.

I andre fase av boringane vart det sju borpunkt (fig. 7). Desse borpunkta vart valde basert på georadarundersøkinga og ei generell kartlegging av område. Boringa var tildels prega av store problem med grovt blokkmateriale i overflata. I borpunkt 1 måtte boringa avsluttast på 7 m djup grunna stor stein som kilte borsystemet. I nærleiken av dette borpunktet ligg brønnen til Torleiv Brattli som har gode vassførande massar frå 18 m djup til minst 23 m.

I borpunkta 2-II, 3-II og 4-II (fase 2) like ved brua over Austdøla er det påvist gode forhold for uttak frå 18 til 39 m djup.

Langs Austdøla nedover mot Norddøla er det bora tre punkt, boring 5-II, 6-II og 7-II.

I boring 5-II er forholda svært lovande, det var stor vassføring i massane frå 5 til 17 m djup, men også vidare ned til 24 m djup var det brukbar vassgjennomgang.

I boring 6-II var det mindre vatn enn i boring 5 men likevel fullt brukbart ned til i alle fall 14 m djup. I boring 7 var massane mindre eigna til store uttak.

Boringane lengst opp langs Austdøla viser lausmassar som hovudsakleg består av gneisbergarter. Dette er eit godt teikn på at vasskvaliteten er bra i området. Lenger mot Austdøla finn ein desse bergartene att øvst i borprofilen, lenger nede i grunnen er det overgang til fylittiske bergarter, dette vil venteleg føra til litt høgare mineralinnhald i grunnvatnet.

Alle etablerte og planlagde brønner i området vil kunne infiltrere vatn frå denne elvane.

Ei oppsummering av innsamla opplysningar vedr. lagoppbygginga i Sævartveitdalen er vist i figur 8.

Ei prinsippsskisse av lausmassegeologien langs Austdøla er vist i figur 9.

3.4 Generell hydrogeologi

Mange av oppkomene oppover langs Norddøla kjem ut frå fjellet og renn over det finkorna laget som ligg øvst i lagrekka (figur 8). Derfor er det tørr sand og grus under dette laget sjølv i område med kjelder. Det er gjort målingar av oppkomer i området. Førebels konklusjonen på desse undersøkingane er at dei berre kan vera eit supplement til andre former for vassuttak. Det er påvist ein samla kapasitet på mellom 30 og 40 l/s frå tre ulike oppkomer.

På grunn av eigendoms- og økonomiske forhold er utnytting av oppkomene førebels ikkje vurdert. Unnataket er oppkoma Solskinstjørna som periodevis har svært høg, men også svært variabel vassføring og som dermed ikkje leggjast til grunn for vassuttak.

Vatnet i Norddøla er i stor grad grunnvatn som har kome frå kjelder oppover dalen. Vatnet er markert ulikt det vatnet som renn i Austdøla og som bl.a. Osa Mineral Water og Ulvik herad nyttar. Eit utgangspunkt i vurderingane er at vatnet skal vera så fattig på mineral som mogeleg. Det er derfor to prinsipielle løysingar som kan nyttast. Langs Norddøla bør det vera brønner som infiltrerer vatn frå elva. Dette vatnet bør ha relativt kort opphaldstid for å redusere oppløysing av mineral til vatnet.

Øvst oppe på elvevifta langs Austdøla kan ein ha brønner i lausmassane som består av gneisbergarter. Dette vil syta for lågt mineralinnhald i vatnet.

Brønnane er planlagt å dra inn elvevatn utan lang opphaldstid i grunnen for å redusere faren for endra kjemisk samansetning på vatnet.

Dei føreliggjande planane om vassuttak vil belasta eit grunnvassmagasin som det knyter seg andre brukarinteresser til. I tillegg er grunnvatnet sin innverknad og samanheng med vassføringa i vassdraga av stor betydning.

Undersøkingar har indikert at Ulvik herad sin prøvebrønn i stor grad trekkjer vatn frå Austdøla. Ein veit også at i nedre del av Austdøla foregår det ein netto transport av vatn frå elva til grunnvassmagasinet. Langs Norddøla er det ein tilførsel av grunnvatn til elva.

Deler av det aktuelle området for grunnvassuttak ligg i same vassmagasin som den kommunale og fleire private brønner.

Det er truleg eit samanhengande grunnvassmagasin frå planlagde brønner og ned til fjorden. Når ein pumpar ut grunnvatn vil ein senka grunnvassnivået. Kor mykje dette vert senka er avhengig av

storleiken på vassuttaket i høve til nydanninga av grunnvatn. For korttidsuttak av vatn kan ein overskrida korttids nydanninga av vatn så lenge ein let vatnet få renna tilbake i vassmagasinet før neste uttak. Slike uttak kan føra til at grunnvassnivået kan verta senka i store område. Dette kan føra til endra strømningsvegar og endra nydanningsområde for vatnet. Det vil også vera fare for at ein byrjar å trekkja på relativt stilleståande grunnvatn som til vanleg ikkje har innverknad på vasskvaliteten i brønnane.

3.5 Brønnetablering og prøvepumping

Kornfordelingsanalysane er nytta til å dimensjonere brønner i området kan konstruerast. Det viktigaste i denne samanhengen er å finna kvar filteret må plasserast og kor store filteropningane må vera. Filterplasseringa må vera slik at ein får med seg dei laga med størst vassgjevarevne. Opningane på filteret skal syta for at mest mogeleg av vatnet kan sleppa inn gjennom filteropningane samstundes som det hindrar at det kjem partiklar med vatnet.

Brønndimensjonering gjev også indikasjonar på vassgjevarevnen i brønnane. Det avgjerande for vassgjevarevnen er først og fremst korleis samansetninga på omkringliggjande lausmassar. Andre viktige forhold er korleis brønnane ligg i høve til fornyingsområde for grunnvatnet.

Drivkrafta for å få vatn inn i ein brønn oppstår ved å senka vassnivået i brønnen. Derfor er vassgjevarevnen sterkt avhengig av kor tjukke vassførande lausmassar er. Det må også skiljast mellom kor mykje vatn ein fysisk klarar å pumpa ut av ein brønn, og kor mykje som er tilrådeleg å pumpa ut.

Dersom ein brønn vert for hardt belasta vil farten på vatnet inn gjennom filteret verta så stor at det vil føra til hard slitasje. Det er også viktig at filteret ikkje vert tørrlagt fordi dette fører til at filteret vert øydelagt.

Diameteren på brønnane er tilpassa dei vassmengder ein ønskjer å ta ut. Til større vassmengder ein ønskjer å ta ut til større pumper treng ein. Til vanleg nyttar ein såkalla dykkpumper som vert senka ned i brønnen. Dersom djupet til grunnvatnet ikkje er for stor kan ein også nytta tørroppstilte pumper på terreng. Dersom vassnivået vert senka under 6-7 m er det vanskeleg å vatn opp av brønnane. Derfor er dykkpumper å føretrekkja fordi dei gjev større fleksibilitet. Brønner tilpassa uttak av store vassmengder ved hjelp av dykkpumper må ha større diameter enn om ein ville nytta tørroppstilte pumper, derfor vil også slike brønner verta betydeleg mer kostbare.

Dimensjonering og plassering av brønner inneheld vurderingar av korleis ein prinsipielt ønskjer at vassuttaket skal vera i høve til opphaldstid for vatn i grunnen, kvalitet på vatnet og evt. andre brukarinteresser for vatnet.

Det er etablert 3 prøvebrønner (fig. 10). Ein brønn er plassert i borpunkt 4, i punkt 5 er to brønner plassert (5a og 5b). Tabell 2 viser vesentleg informasjon om brønnane.

Tabell 2. Eksisterande brønner.

	Filter m under terreng	Stigerør m under terreng	Sumprøyr m under terreng
Brønn 1	7 – 12	7	12-13
Brønn 2	7 – 12	7	12-13
Brønn 3	12 – 17	12	17-18

I samband med brønnetableringa vart det også sett ned peilerøyr for måling av grunnvassnivå (figur 10).

Tabell 3 viser djup av peilerøyra.

Tabell 3, djup av peilerøyr.

Lokalitet	Djup (frå terreng m)
Peilebrønn 1	7
Peilebrønn 2	7
Peilebrønn 3	7
Peilebrønn 4	5
Peilebrønn 5	5
Peilebrønn 6	5
Peilebrønn 7	5
Peilebrønn 8	5
Peilebrønn 9	7
Peilebrønn 10	7

3.5.1 Kapasitet

Brønn 4 er testa med maksimal kapasitet som er 14 l/s. Brønn 5a og 5b har ikkje vore testa med maksimal kapasitet pga. tilgjengeleg pumpekapasitet. For desse brønnane er det gjennomført berekningar basert på kornfordelingsanalysar og pumpetestar (figur 11). Samla kapasitet er ca. 60 l/s av desse brønnane.

I dei nye borpunkta er det påvist potensiell kapasitet på minst 50 l/s pr. brønn. Fleire av brønnane har teoretisk kapasitet som er høgare. Det vert av økonomiske og hydrogeologiske grunnar ikkje tilrådd større brønncapasitet. Større uttak pr. brønn krev pumper med større diameter. Dette vil medføra at brønnane vil verta mykje dyrare. Av hydrogeologiske grunnar vil vi ikkje tilrå større uttak pr. brønn fordi dette vil føra til stor punktbelastning av grunnvassmagasinet. Vår vurdering er at ein jamnare belastning av magasinet vil medføra mindre sjanse for endringar av vasskvalitet under pumping.

3.5.2 Prøvepumping

Det er gjennomført pumpetestar og langtids prøvepumping med samla vassmengde på ca. 45 l/s frå brønnane 4, 5a og 5b.

Pumpinga medfører grunnvassenking i første tida etter pumpestart, nivået stabiliserer seg snart, men er avhengig av vassnivå i vassdraga.

Pumping av brønnane medfører ikkje senking av grunnvassnivået ved kommunale brønner.

3.5.3 Kjemiske analysar av vatnet

Det er analysert vassprøvar frå dei tre etablerte prøvebrønnane (4, 5a, 5b). I tillegg er det teke analysar av to av peilebrønnane som vart etablert i fase 2 (3-II og 6-II). Alle vassprøvene er analysert med omsyn til mineralinnhald (ICP-IC) og det er det gjennomført miljøgiftanalyse av brønn 5a. Ein del analysar har vorte gjennomført for å undersøkje utviklinga av kimalt i vatnet under lagring.

Det er relativt stor skilnad på grunnvatnet i Norddalen og Austdalen. Dette har samanheng med innhaldet av lettforvitreleg fylitt i Norddalen. I øvste del der det er bora i Austdalen er det berre gneisbergarter i lausmassane. Denne bergarten forvittrar mindre enn fylitten og gjev derfor lågare mineralinnhald i vatnet.

Tabell 4 viser skilnaden i hovudelement i dei innsamla vassprøvane.

Tabell 4 Hovudelement i ulike vasskjelder/brønnar i Osa.

	Brønn 4	Brønn 5a	Brønn 3-II	Brønn 6-II	Kommune-brønn 1	Osa Mineral Water	Drikkevassforskrift
El.kond mS/m	5,93	6,5	1,16	3,75	1,3-2,6	2,6-5	40**
Ca, mg/l	6,79	9,61	0,89	3,92	2,6-4,8	4-4,4	15-25**
Mg, mg/l	0,763	0,713	0,0044	0,205	0,194-0,411	2,4	20*
Na, mg/l	1,49	1,01	0,8	1,28	0,643-1,25	1,62	20**
K, mg/l	1,81	0,947	<0,5	0,542	0,25-0,74	0,81	10**
Fe	<0,01	0,0124	0,0533	0,0441	0,011-0,16	<0,09	0,2*, 0,05**
Mn	0,00258	<0,001	0,0044	0,205	<0,001	<0,001	0,05*, 0,02**
Cl, mg/l	1,58	1,11	0,838	1,64	0,6-2,6	3,1-6,6	25**
NO ₃ , mg/l	3,60	1,06	0,885	1,78	0,98-2,97	0,13-0,22	44*
SO ₄ , mg/l	7,21	6,46	1,27	4,38	2,24-3,91	3,4	25**

** Veiledande verdi

*Maks. tillatt konsentrasjon

Ein ser av tabell 4 at jerninnhaldet i brønn 3-II er over veiledande verdi, men under maksimalt tillatte verdi i drikkevatt. I brønn 6-II er både jern og manganverdiane over veiledande verdi. Manganverdien er også over maksimal tillatte konsentrasjon i denne brønnen. Desse verdiane er relativt høge på grunn av opphaldstida til vatnet og kanskje innhald av organisk material. Under pumping vil ein kunna dra inn friskare og meir oksygenrikt vatn, dette kan redusere jern- og mangankonsentrasjonane. I tillegg vil etablering av relativt gunne brønnar kunna avhjelpa situasjonen noko.

3.6 Modellering

Det er laga ein grunnvassmodell over det sentrale området i Osa som kan verta påverka av OVE sitt vassuttak. Modellen Visual MODFLOW © (Waterloo hydrogeologic, 1999) er nytta til å simulere både naturleg grunnvassnivå, og grunnvassnivå som er påverka av grunnvassuttaka.

For å lage ein modell over grunnvatnet sine strøymningsforhold er det viktig å ha forståing for grunnvassmagasinet si oppbygging (grus, sand, leire, osv.) og hydrauliske grenser (vatn, ugjenomtrengjelege massar, område med kjent filtreringshastigheit, osv.).

Hydrogeologiske og geologiske data som trengst for å laga ein modell inkluderer:

- Magasinet sine hydrauliske grenser
- Magasinet si oppbygging (antall lag, arealfordeling av desse laga, osv.)
- Magasinet sin tjukkleik i området
- Magasinet sin hydraulisk konduktivitet i området
- Infiltrasjonshastigheit (frå nedbør)
- grunnvassnivå frå observasjonsbrønnar
- Magasinet sin effektive porøsitet
- Oppkomer og vassuttak

I denne undersøkinga har det ikkje vore tilgjengelege data om grunnvatnet si opphaldstid. Av kornfordelingsanalysane kan ein rekna ut verdier for effektiv porøsitet. Dei lågaste verdiane vil gje den kortaste opphaldstida. For å finne den kortaste tida frå t.d. elv til brønn brukar ein derfor den lågaste verdien for effektiv porøsitet.

Infiltrasjonshastigheit frå nedbør kan vanlegvis estimerast som ein fast andel av nedbøren. Modellar kan berre konstruerast med den presisjon som dataene tillet. Mangelen på data betyr ikkje at det er uaktuelt å bruka grunnvassmodellar. Det betyr berre at konklusjonane som ein får ut av modellen er noko mindre sikre.

For å kontrollere modellen og for å minka innverknaden av usikre data er det gjort ei kalibrering ved samanlikning av reelle observasjonar og simulerte grunnvassnivå.

Konkrete data på magasinet sine hydrauliske eigenskapar er skaffa ved boring, pumpeforsøk og kornfordelingsanalysar. Også observasjonar frå Ulvik herad sine brønnar er nytta i modellen.

I tillegg er det gjort innmålingar av brønnar, peilerøyr og punkt i elvane i området.

Ved oppbygging av modellen vert området delt inn i ulike einingar. Desse einingane er kalla celler. Dess mindre cellene er, dess meir presist kan ein laga modellen. I Osa er storleiken på cellene minst i områda rundt brønnane. I meir perifere område er cellene større. Dette betyr at ein har best presisjon på simuleringane i brønnområda.

3.6.1 Modellert område

Det aktuelle modellområdet omfattar av to dalføre med tilstøytande fjellområde. Topografien er variert med høgdeforskjell fra kote +725 m o.h. til kote -20 m o.h.. Dei store topografiske skilnadane sett store krav til datamengda. For at modellen skal gje ei riktig simulering av grunnvannsstraumen er det tilrådd ei overlapping på 75 % mellom cellene som modellen er bygt opp av. Dette betyr at det er behov for gode terrengdata for å kunne presentere ein best mogeleg grunnvassmodell. Ved oppstart av prosjektet var det avgrensa med data i området utanfor dalbotnen, og det vart derfor bestemt at ein skulle konsentrere arbeidet til det sentrale området ved samløpet for Norddøla og Austdøla der topografien er relativt flat. Nedbøren som fell innanfor modellområdet vil likevel verta med i utrekningane. Brønn Br4, ligg utanfor det modellerte området, vassuttak i Br4 vil ikkje påverka vassuttaket i området ved Br5a og b.

Modellen Visual MODFLOW © (Waterloo hydrogeologic, 1999) er nytta til å simulere både naturleg grunnvassnivå, og grunnvassnivå som er påverka av grunnvassuttak frå brønn 5 a og b.

3.6.2 Modellkonstruksjon

Modellen er konsentrert til lausmasseavsetninga i dei sentrale deler av dalføret. Dette dekkar det relativt sett flate området rundt og ved kommunen sin brønn samt brønn 5a og 5b som tilhøyrrer OVE.

Det modellerte området er delt inn i eit rutenett. I brønnområdet er rutenettet på 2*2 m og i dei meir perifere områda er rutenettet på 10*10 m.

Avsetninga er inndelt i tre lag, der det nedre laget representerer "tette" massar, dvs. den nedre grensa for det utnyttbare grunnvatnet. Denne grensa er ved kommunebrønnane sett til kote – 14,2 m o.h. Lag to er definert for filternivået til brønnane, dvs. frå kote - 14,2 til – 5,5 m o.h. ved kommunebrønnene og frå ca. kote - 4 til 1 m o.h. ved brønn Br5a og b. Lag 1 blir då det øvste laget som går frå lag 2 opp til terrengoverflata.

Pumpeforsøket indikerer hydraulisk konduktivitet på ca. $9,0 \cdot 10^{-4}$ m/s for lag 2 ved Br5b. Pumpeforsøk ved kommunebrønnene gir berre 10 cm avsenkning ved eit vassuttak på ca. 12 l/s. Dette viser betydelig høgare permeabilitet enn ved t.d. brønn Br5b der det er registrert 0.88 m avsenkning med et vassuttak på ca. 11 l/s.

Følgjande føresetnader er lagt til grunn for modelleringa:

- Midlare nedbør i Simadal er 1340 mm/år. Infiltrasjonen er sett til 1032 mm/år (77%) og evapotranspirasjonen er satt til 366 mm/år (27%).
- Det er relativt god kommunikasjon mellom Austdøla og grunnvassmagasinet. Kommunikasjon mellom Norddøla og grunnvannsmagasinet er noko dårligare.
- Konduktivitet:
- Lag 1: varierer frå $2,5 \cdot 10^{-3}$ m/s til $8,0 \cdot 10^{-5}$ m/s (fig. 12)
- Lag 2: varierer frå $5,5 \cdot 10^{-2}$ m/s til $2,0 \cdot 10^{-4}$ m/s (fig. 13 og 14)
- Effektiv porøsitet (n_{eff}) er 0,2 i lag 1 og 0,3 i lag 2.
- Lag tre er sett inaktivt, dvs. at det ikkje kjem vatn til brønnane frå dette laget
- Modellen er kjørt med eit uttak på 25 l/s ($2160 \text{ m}^3/\text{d}$) i brønn Br5a og Br5b.

3.6.3 Kalibrering av modellen

Før modellen kan nyttast må den vera kalibrert. Modellen er kalibrert mot eit sett av observasjonar av vassnivå i peilerør nettet som er sett ned i området. Observasjonane er etter 16 dagars pumping med vassuttak i brønn 5a og 5b på 20 l/s ($1728 \text{ m}^3/\text{d}$) og 11 l/s ($950 \text{ m}^3/\text{d}$). I tillegg er det innmålt vassnivå i Austdøla og Norddøla. Modellen er kalibrert når den kan simulera kjente grunnvassdata på ein tilfredsstillande måte.

Modellen er justert fleire gonger for å oppnå eit tilfredsstillande resultat. Resultatet av kalibreringa er vist i figur 15. Ein kalibrert modell representerer ikkje den einaste løysninga, men det er eit godt teikn dersom modellen kan simulere grunnvassstraumane i magasinet på en tilfredsstillande måte.

3.6.4 Sensivitet og usikre forhold

Kalibreringa viste at modellen er sensitiv for endringar i ei rekke forhold. Viktige forhold er hydraulisk konduktivitet og tjukklegeiken av dei enkelte lag. Simulerte og målte data vil avvike på grunn av:

- Modellen er ei forenkling av naturen. Målet med modellering er å tilpassa ein modell til reelle data, men utan at den vert meir komplisert enn nødvendig.
- Modellen er ikkje meir påliteleg enn dei data som den er basert på. Modellar er basert på data som er tolka og innsamla ved bruk av metodar som har sine egne feil og avgrensingar.
- Modellen må kalibrerast. Ein tilfredsstillande modell må kunna simulera kjente grunnvassdata over ein viss periode, før den kan brukast. Det skjer ei tilpassing av dei innsamla dataene under kalibreringa.

Det må likevel påpeikast at grunnvassmodellering representerer ein av dei sikraste og mest einsarta måtene å undersøkje grunnvasstrøyming i et magasin på.

3.6.5 Resultat

Modellen som er oppbygd er basert på generelt sett ei todeling av lausmassane, vassførande og tette lausmassar. Dei delene av magasinet som ikkje er vassførande representerer avgrensingane av magasinet er vist som grønt område i figur 16 og 17. Vidare er det variasjonar innan dei vassførande laga som er inkludert i modellen.

Det er også variasjonar av magasinet med tanke på eigenskapar. Grovt sett kan ein sei at den delen som brønn 5 a og b er plassert representerer ein relativt sett meir finkorna del enn den delen som kommunen har sine brønner. Det er berekna grunnvasstrøyming i to ulike lag i grunnvassmagasinet (lag 1 og 2). Lag 1 representerer øvste del av grunnvasssonen, og lag 2 ein djupare del. Resultata er framstilt som kotehøgder for grunnvatnet og som strøymningsretningar for vatnet inn til dei ulike brønnane. I figur 16 er det vist modelleringsresultatet for forholda i lag 1. Generelt ser ein at Austdøla er svært viktig for grunnvasstilførsel i området. Dei blå linjene i figur 16 viser at langs Austdøla ligg grunnvasskotane tett og at dei høgste kotane ligg parallelt med elva. Grunnvatnet strøymmer generelt vinkelrett på kotehøgden. Dette betyr at det er strøymning av vatn frå Austdøla og ut i lausmassane på begge sider av elva. Dette er i samsvar med feltobservasjonar der ein ser at Austdøla har meir vatn i austre enn i vestre deler. Det er også i samsvar med data frå dei kommunale brønnane. Avsenking av vassnivået i desse brønnane er låg fordi det foregår ein vasstransport frå elva og inn mot brønnområdet, samstundes er det grovkorna lausmassar som drenerer vatnet lett. Vassanalysane viser også store likskapstrekk mellom prøvane frå Austdøla og i dei kommunale brønnane.

I figur 17 er det vist tilsvarende resultat av berekningane i lag 2. Her ser ein at grunnvasskotane eller trykknivået er mindre påverka av Austdøla. Generelt er grunnvatnet meir prega av grunnvassstraumar frå aust (frå Hjadlane). Det er ein grunnvasstransport nedover langs Austdøla. Resultata frå modelleringa av lag 2 viser dermed også at Austdøla spelar ein viktig rolle også for djupare grunnvatn.

Straumningslinjer til grunnvatnet (brunt i fig. 16 og 17) ligg tett når det er liten avsenking av grunnvassnivåa grunna pumping. Ein ser at innstrøyminga til dei kommunale brønnane er konsentrert på grunn av liten avsenking av grunnvatnet. Under pumping av desse brønnane er det avsenking i storleiksorden 0,1 m. Ein finn dei same forholda i brønn 5b. Avsenkinga i brønn 5a er større, det vert danna ei større senkingstrakt rundt brønnen og den samlar derfor inn vatn frå eit større område.

Retningane på modellerte grunnvasstraumar for begge laga er einsarta. Brønnane til OVE (brønn 5 a og b) viser at influensområdet til desse brønnane er i områda nord-nordaust for brønnane, langs Norddøla. Influensområdet til dei kommunale brønnane er knytt til området mellom Austdøla og brønnane. I praksis vil dette bety at dei kommunale og OVE sine brønner er uavhengig av kvarandre. Dette er også vist i figur 18 som viser eit grunnvasskorte kart etter 16 dagars pumping.

4 Diskusjon

Sjølv om ein ikkje kan garantere at alle sider ved modelleringa er korrekt så er det likevel det beste ein kan gjera ut frå dei data som føreligg. Datatilgangen er relativt sett god, ein har mange punkt for måling av grunnvassnivå og det finnst 5 fullskala boringar i det aktuelle området.

Ein kvalitetskontroll på modelleringa har ein fått ved å simulere grunnvassnivå etter ei tids pumping og samanlikna desse med målte verdiar. I enkelte punkt avvik målte frå simulerte målingar av grunnvassnivå. Lokale variasjonar i samansetning av lausmassane kan forklara dette.

Likevel kan ein konkludere med at modellen gjev eit rimeleg godt bilete av dei reelle forholda.

Dei viktigaste forholda som modellen viser er influensområda til dei ulike brønnane. Det synest heil klart at dei etablerte brønnane til OVE får tilførsel av vatn frå områda nord-nordaust for brønnane. Vatnet i brønnane vil vera ei blanding mellom elveinfiltrert vatn og grunnvassig frå dalsidene og inn mot dalbotnen.

Eit overraskande resultat er at for å få modellen til å verka så måtte graden av elveinfiltrasjon reduserast i forhold til det ein får ved å nytta resultat frå djupareliggjande lausmassar. Dette viser at det enten i elvebotnen eller nær denne så ligg det eit relativt finkorna lag som hindrar elveinfiltrasjon. Dette vart også påvist under prøvepumping. Det var avsenking av grunnvassnivå på motsatt side av Norddøla i forhold til brønnane. Brønnane dreg inn vatn som har ein annan kjemisk samansetning enn det vatnet ein finn i kommunebrønnane. Modellen viser at kommunebrønnane trekjer inn vatn frå Austdøla.

Skilnaden i vasskjemien mellom kommunebrønnane og OVE sine brønner er vist i det såkalla ”piperdiagrammet” i fig. 19 Plasseringa av ein prøve i dette diagrammet er eit resultat av fordelinga av dei ulike hovudelementa i kvar prøve. Til større avstand det er mellom desse prøvepunkt i diagrammet, til større skilnad er det på prøvane. Ein ser av figuren av det er to grupperingar av prøvane. Brønn 4 og 5 er i ei gruppe og Osa Mineral Water og kommunen sitt vatn i ei anna gruppe.

Det kan dermed med rimeleg tryggleik fastslåast at det ikkje er samverknad mellom dei to brønnane til OVE nede på elvesletta (brønn 5a og 5b) og kommunen sine brønner. Forholda kan endra seg ved endring av uttaksmengder, men infiltrasjonen frå Austdøla til kommunen sine brønner er god. Dermed kan ein gå ut frå at infiltrasjonen også er god frå Austdøla og inn mot grunnen som ligg nord for elva også. Så lenge det ikkje er mangel på vatn i Austdøla vil det dermed ikkje vera fare for at kommunen sine brønner vert påverka av forholda på nordsida av Austdøla. Elva Austdøla ser relativt tørr ut i nedbørsfattige tilhøve. Dette er fordi det vatnet som renn i elva vert infiltrert ned i grunnen. Det er derfor også ei relativt stor nydanning av grunnvatn til elvevifta der kommunebrønnane står også ved nedbørsfattige forhold.

Det vil vera innverknad frå OVE sine brønner på private brønner i nærområdet til brønn 5 a og b. Dette vart illustrert ved prøvepumping av brønn 5a. Dette førte til tørlegging av ein gravd brønn. Ved stopp av brønn 5a kom vatnet tilbake i brønnen.

Rapporten frå Rådgivende Biologer AS viser også at vassuttak av 100 l/s langs Norddøla ikkje vil ha negativ effekt på biologiske forhold i elva. Slik forholda utviklar seg er det lite truleg at det er aktuelt å ta meir vatn ut frå brønnar som grensar til denne elva.

Forholda langs Austdøla synest å vera mindre problematiske. Dei påviste vassførande massane ligg djupt og under eit vernande sand/finkorna lag. Boringar så langt har ikkje kunna påvisa at det er samanheng mellom dette grunnvassmagasinet og magasinet der dei kommunale brønnane tek vatnet. Dette er forhold som bør dokumenterast gjennom eit pumpeforsøk av fullskala prøvebrønnar langs Austdøla. I tillegg er det aktuelt å gjera ei ny og djupare undersøkingsboring i området mellom brønn 3-II og dei kommunale brønnane.

Ulvik herad planlegg eit uttak i storleiksorden 10 l/s, dvs.ca. 320.000 m³/år, OVE sitt uttak er berekna til å vera i storleiksorden 500.000 m³/år. Planlagd uttaksmengde frå brønnar i området er dermed ca. 50 % av dei minimumsberekningar ein har over nydanninga av grunnvatn, berre frå Austdøla. I tillegg vert det nydanna grunnvatn frå nedbør og frå grunnvasstilsig frå andre område.

Planane inneber ikkje overforbruk av vassressursen, men ein må trå varsamt for ikkje å påverka heradet sitt vassforsyningsanlegg.

Området er godt eigna til uttak av grunnvatn, både pga. geologiske og vasskjemiske forhold, i tillegg er området områdehygienisk veleigna. Det vil såleis medføra små konsekvensar med omsyn til klausulering.

5 Konklusjonar

Norddalen

- Påvist potensiale: 50-60 l/s
- Ikkje negativ påverknad på Norddøla eller Ulvik herad sitt anlegg.
- Vil medføra restriksjonar på jordbruk.
- OVE sine brønner trekkjer inn vatn frå elva Norddøla i tillegg til grunnvatn frå nordaust.
- OVE sine brønner kan periodevis medføra vassmangel i private gravde brønner.

Austdalen

- Gode forhold for etablering av brønner.
- Lite arealkonfliktar
- Forholdet til kommunalt grunnvassanlegg må dokumenterast.

6 Vidare arbeid

- Utviding av grunnvassmodellen til å inkludere dei nye opplysningane innhenta etter siste boringar
- Etablering av brønner for fullskala testing

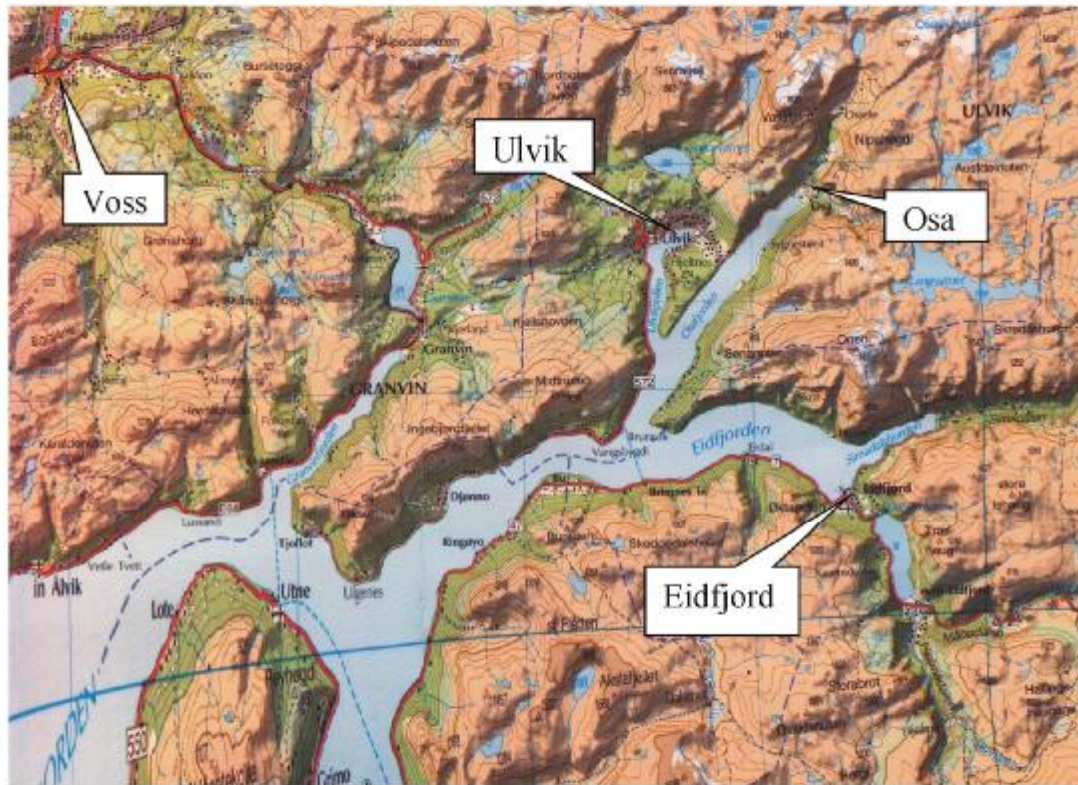
7 Referansar

Dagestad, A., 2000: Statusrapport grunnvannsundersøkelser I Osa, Ulvik Herad; Resultater fra prøvepumpingen. Norges geologiske undersøkelse.

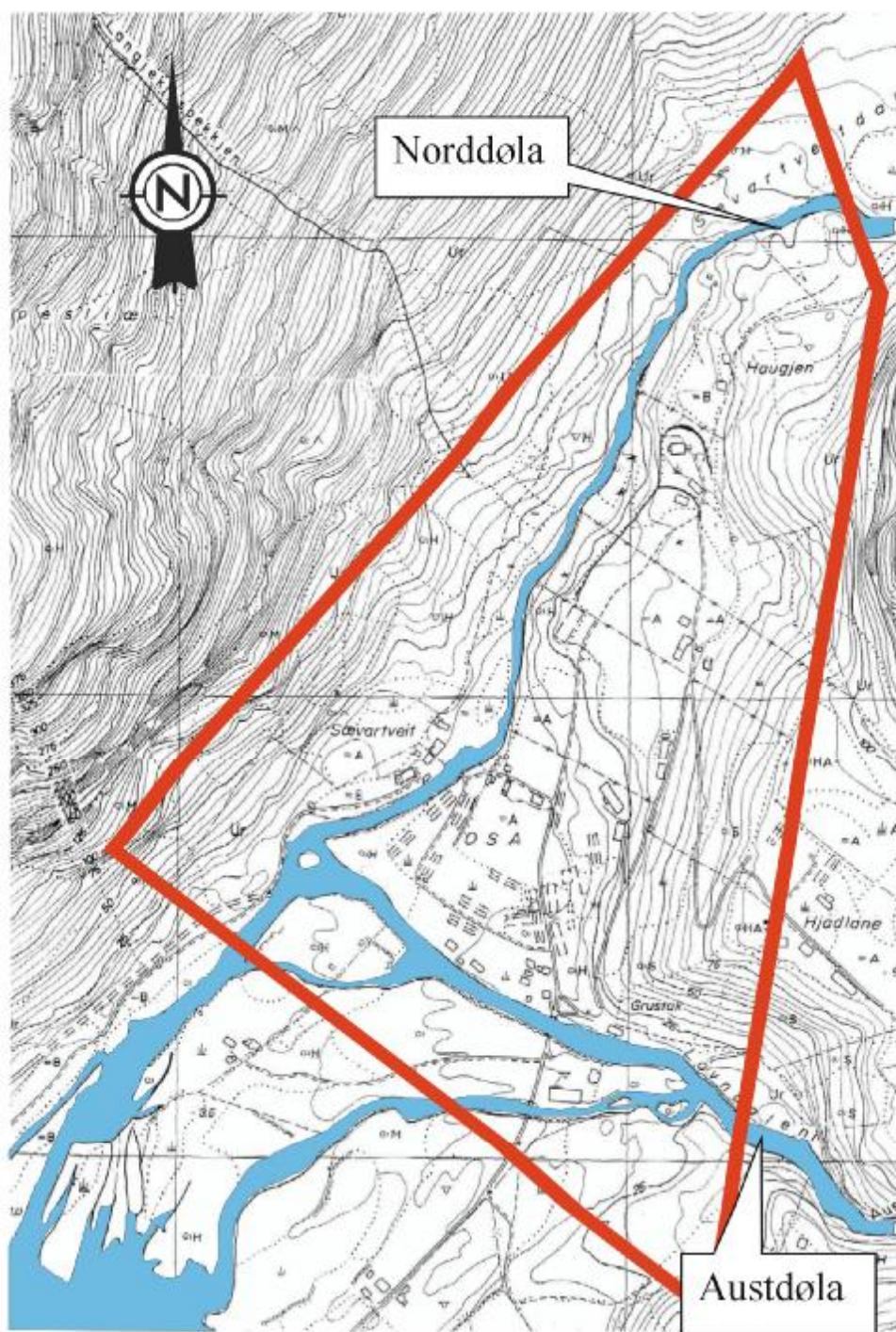
Johnsen, G. og Hellen, B.A., 2000: Vurdering av konsekvenser av planlagt uttak av grunnvann for dyrelivet i Norddøla og Austdøla I Ulvik. Rapport 30/9 2000. Rådgivende Biologer AS.

Sigmond, E.M.O. , 1998: Geologisk kart over Norge. Berggrunnsgeologisk kart ODDA, M 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse.

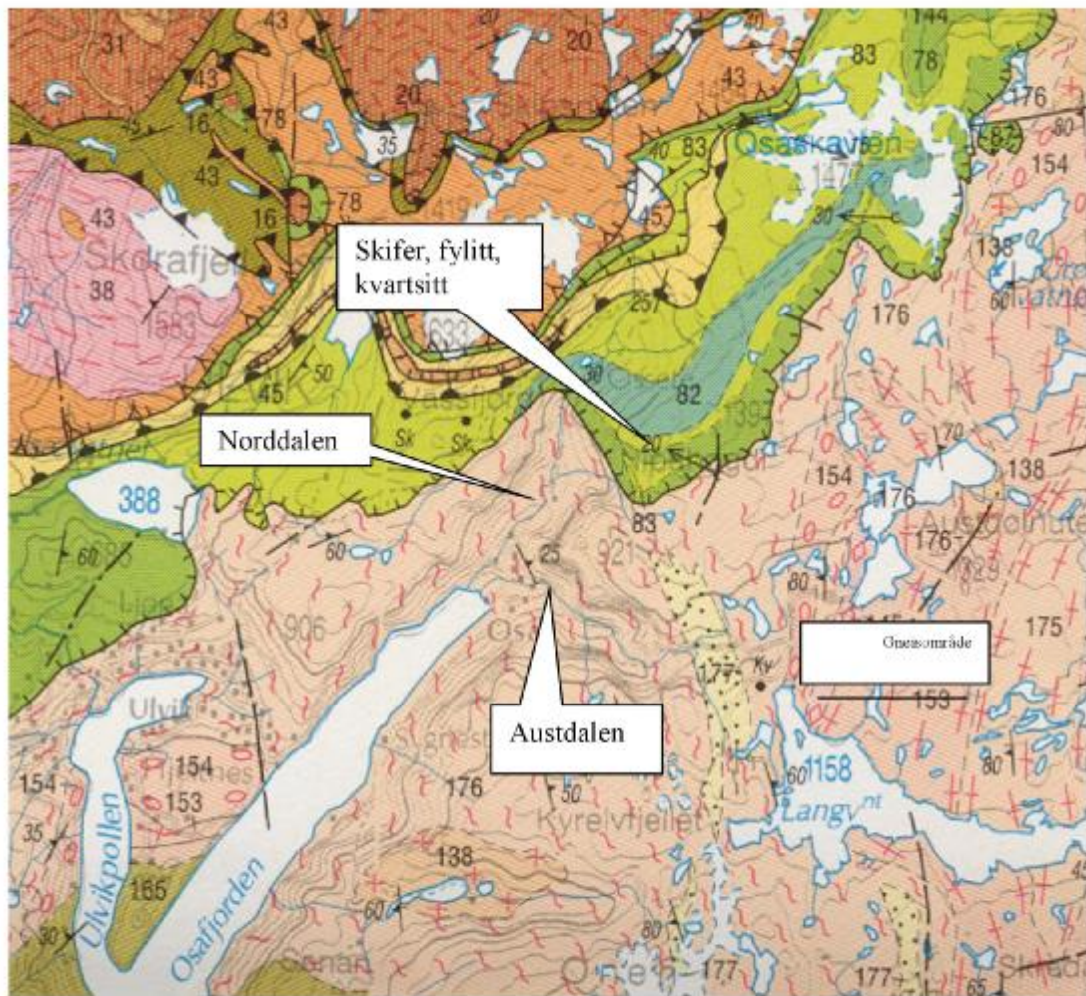
Figurar



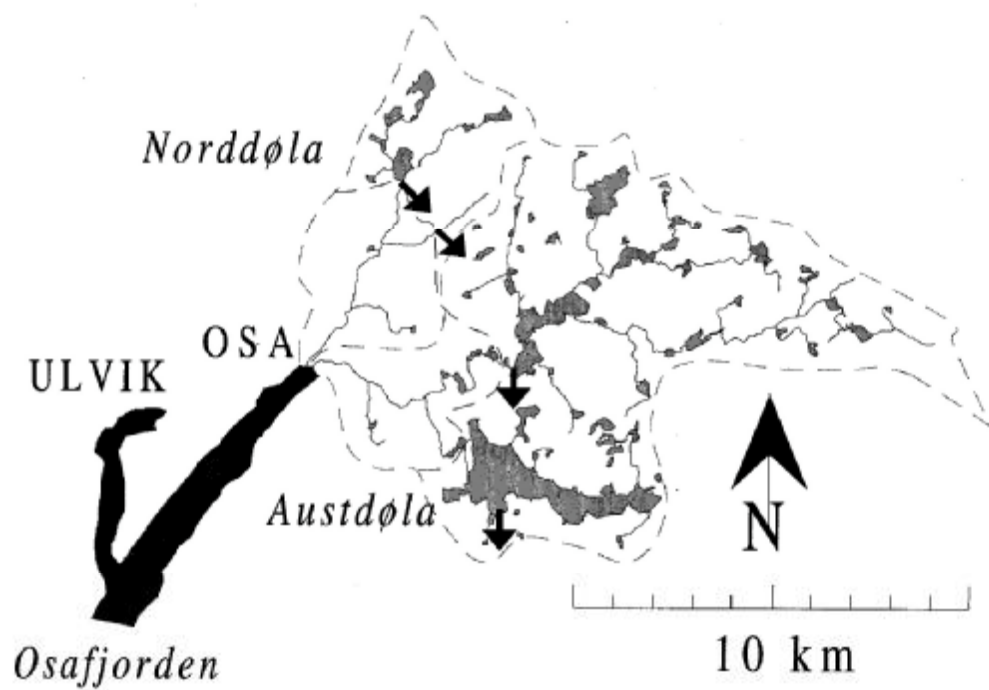
Figur 1. Oversiktskart.



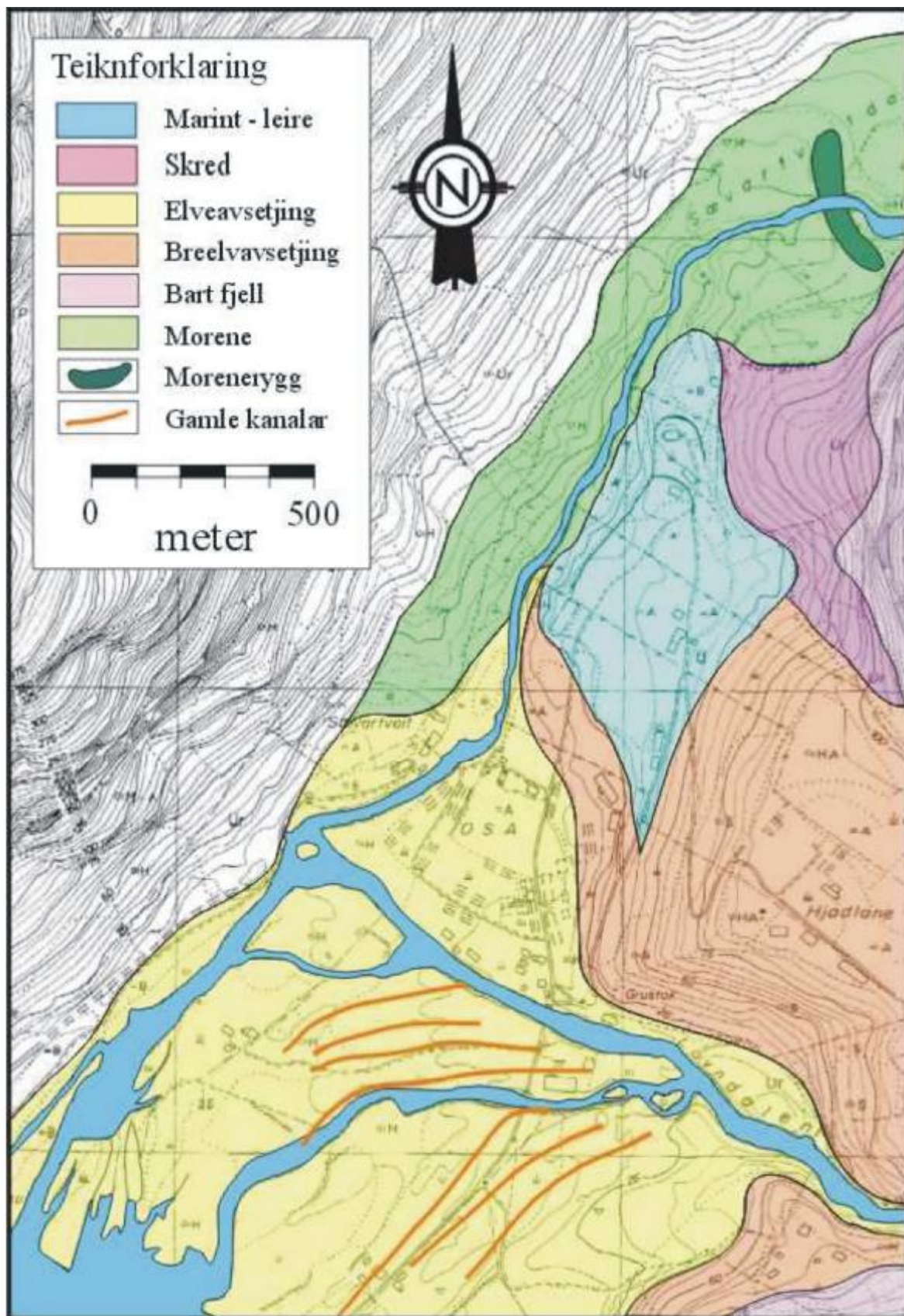
Figur 2. Kart over Osa. Det undersøkte området er innringa med raud strek.



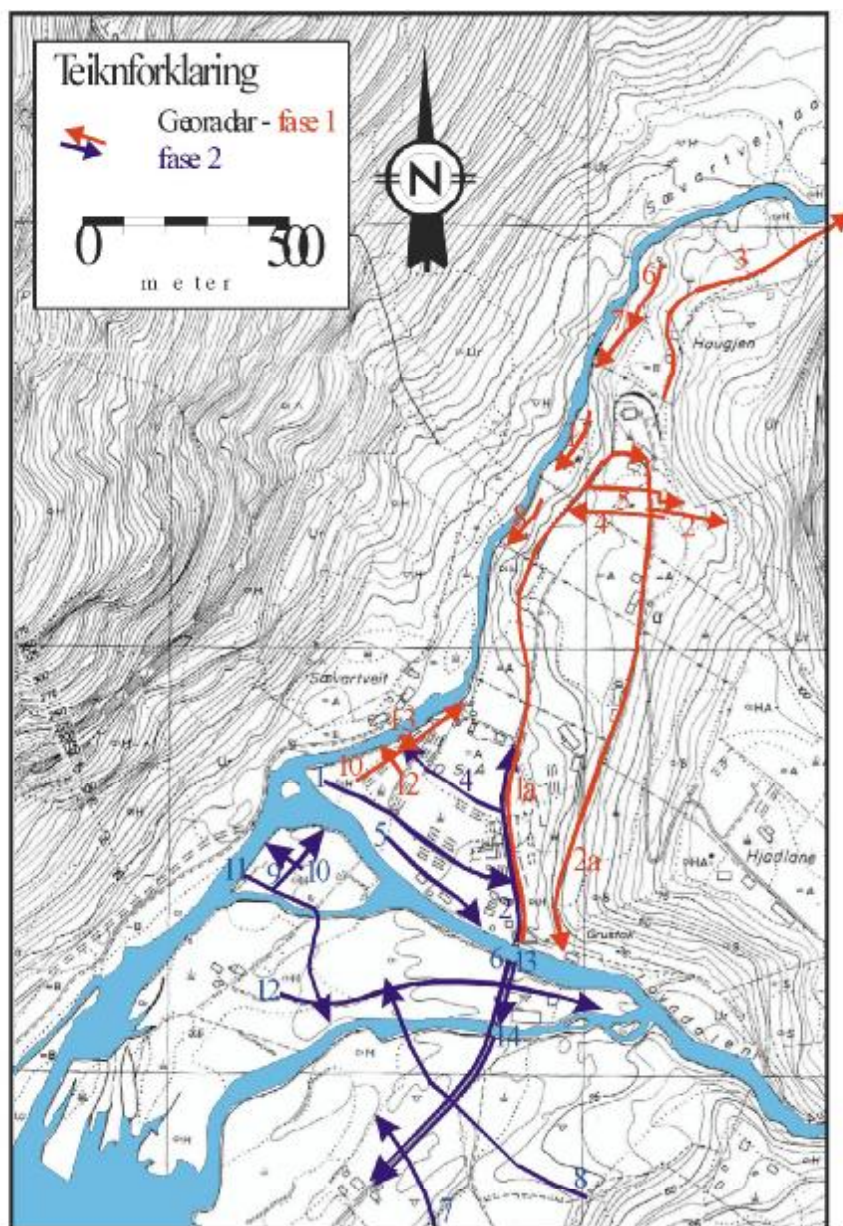
Figur 3. Berggrunnsgeologi i Ulvik (etter Sigmond, 1998).



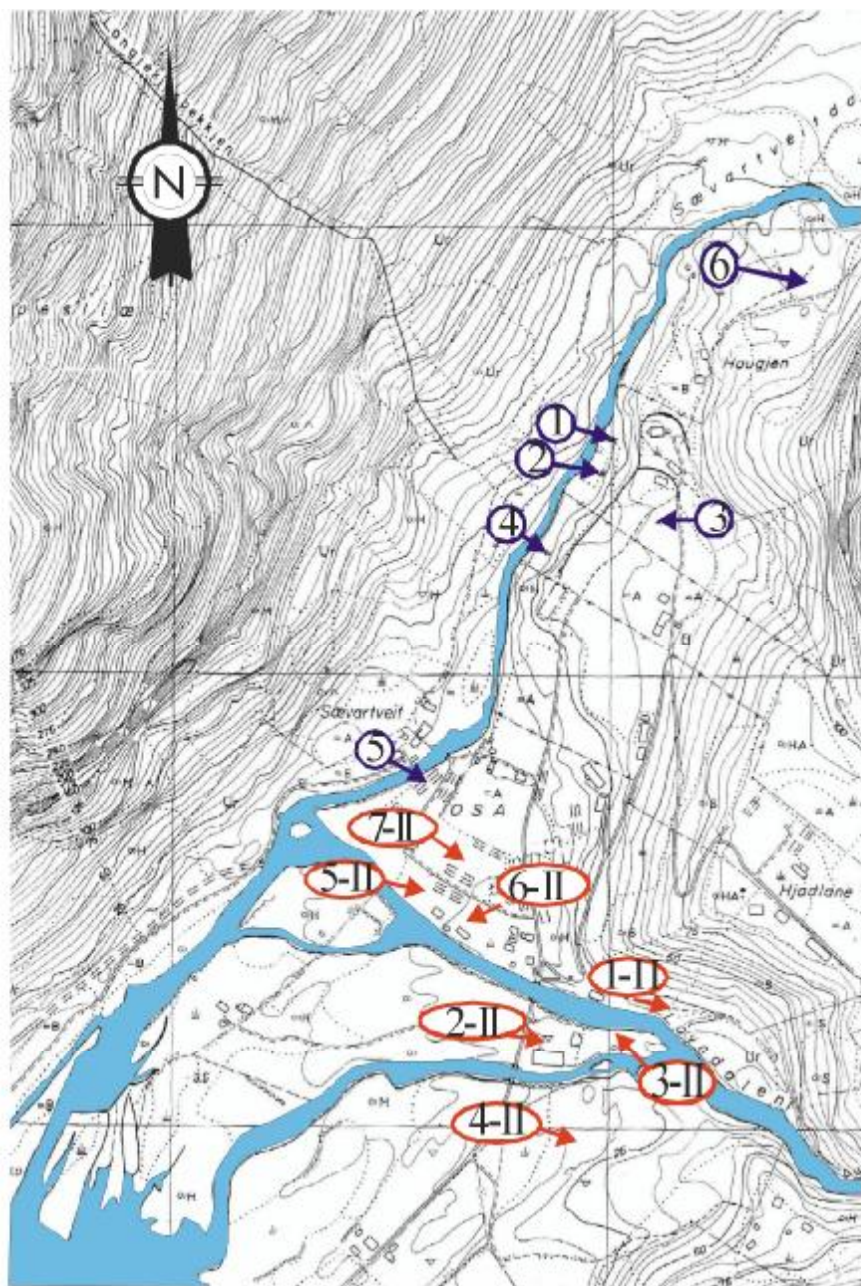
Figur 4. Kart over nedbørsfeltene til Norddøla- og Austdølavassdraga. Den blå linja viser det opphavslege nedbørsfeltet, medan raud linje viser dagens nedbørsfelt. Pilene viser kvar vatnet vert ført til Sima kraftverk.



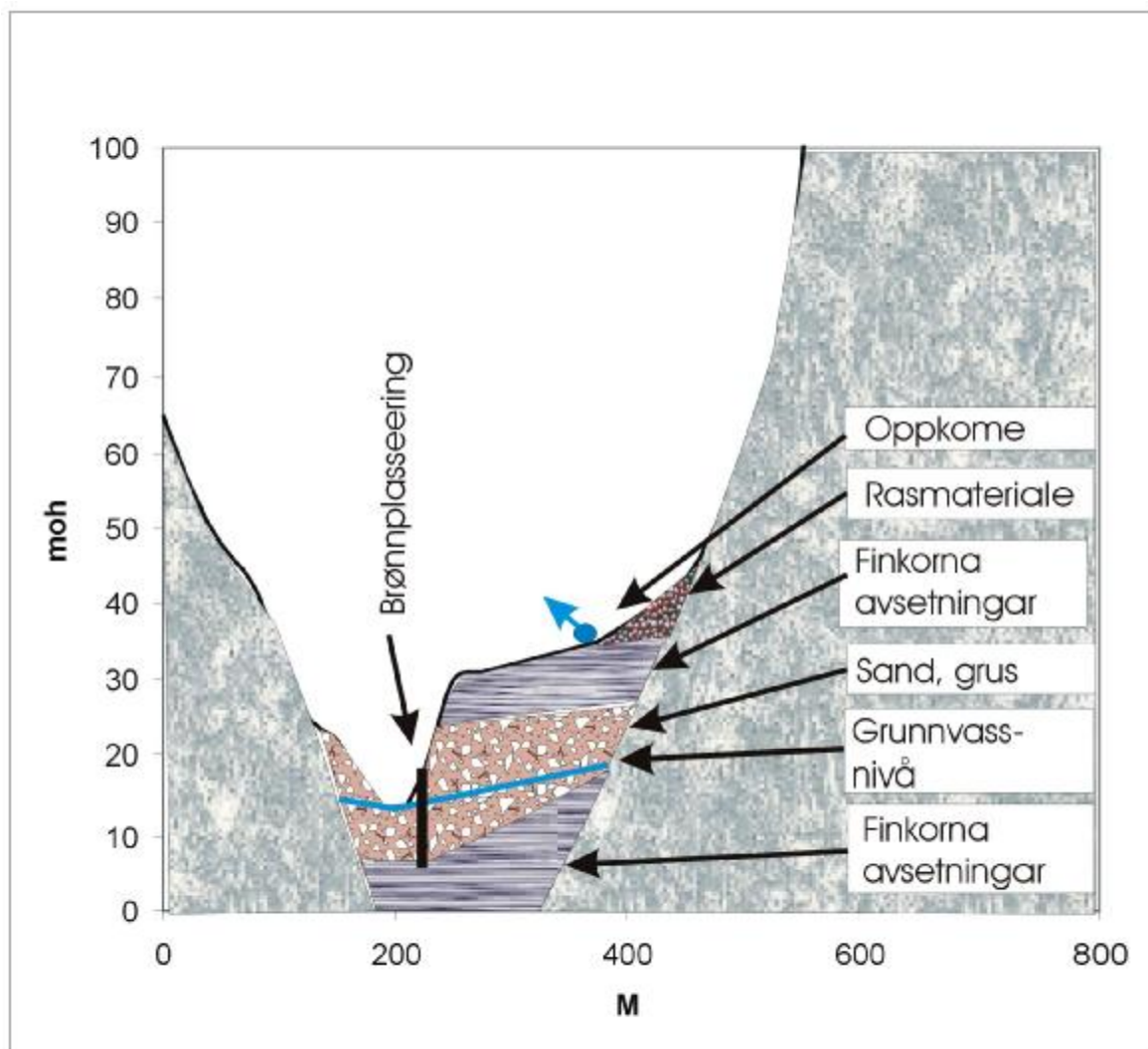
Figur 5. Kvartærgeologisk kart over Osa



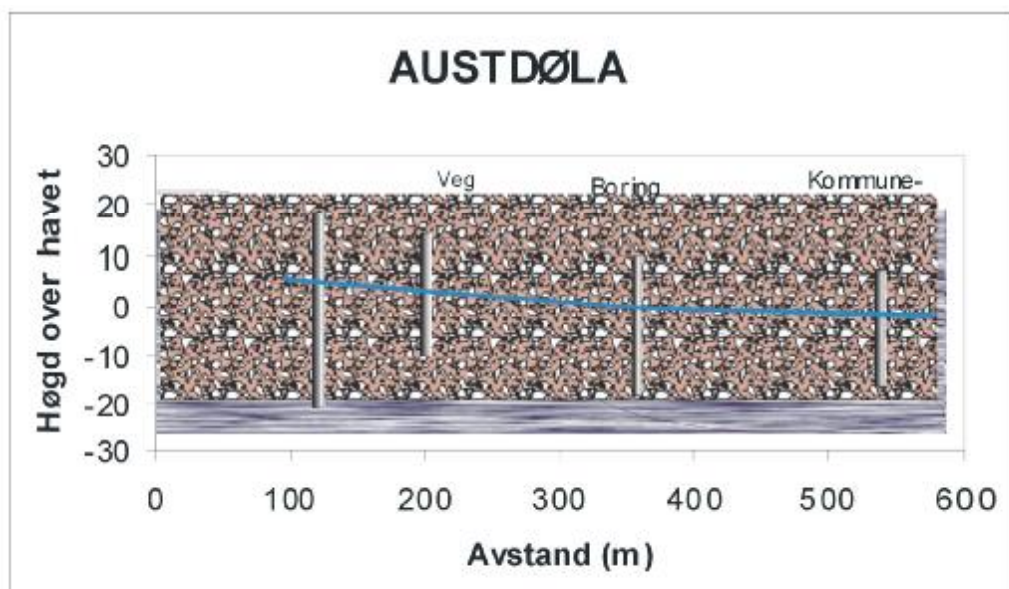
Figur 6. Plassering av georadarprofil i Osa.



Figur 7. Plassering av borpunkt i fase 1 og 2. Fase 1 boringane markert med blå skrift, og fase 2 boringane er markert med raud skrift (t.d. 2-II).



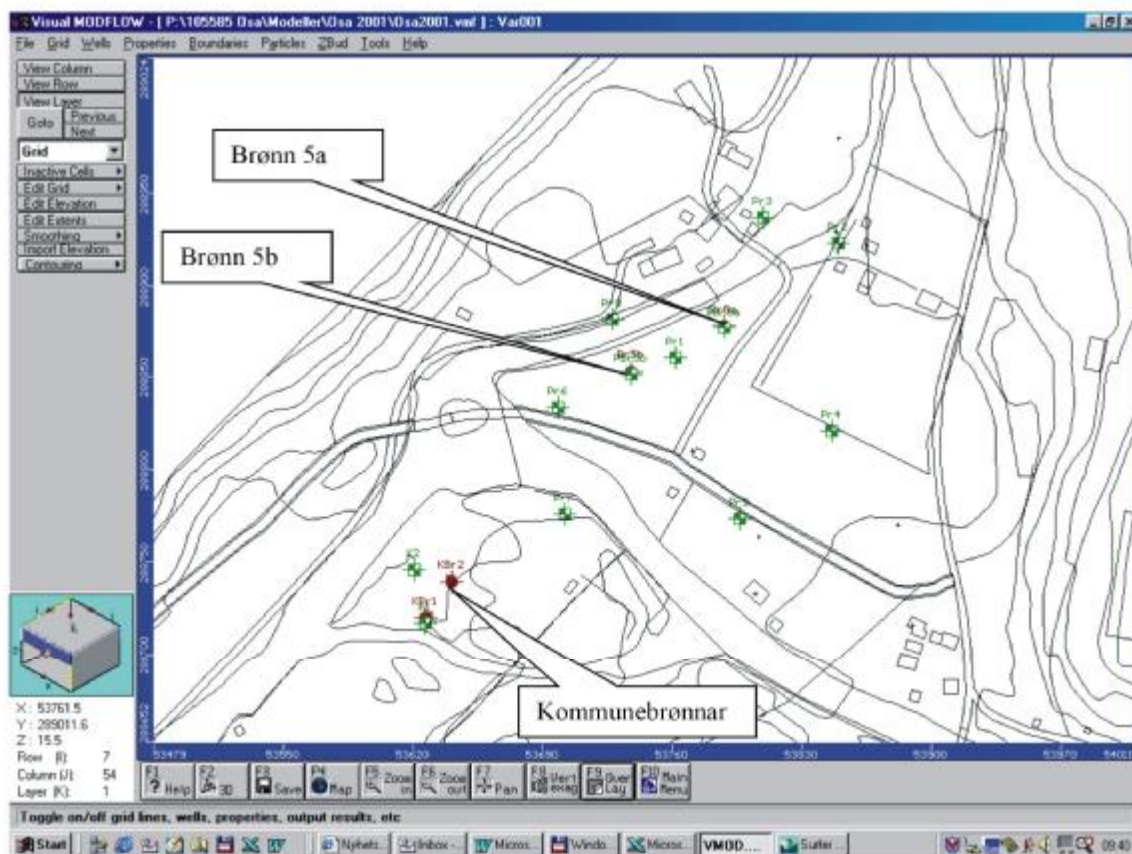
Figur 8. Generell stratigrafi I Sævartveitdalen.



Teiknforklaring

-  Sand og grus, dels med fylitt (fluvialt materiale)
-  Sand/finsand (fluvialt materiale)
-  Sand og grus, gneisbergarter (glasifluvialt materiale)
-  Brønnar/undersøkingaboringar
-  Grunnvassnivå

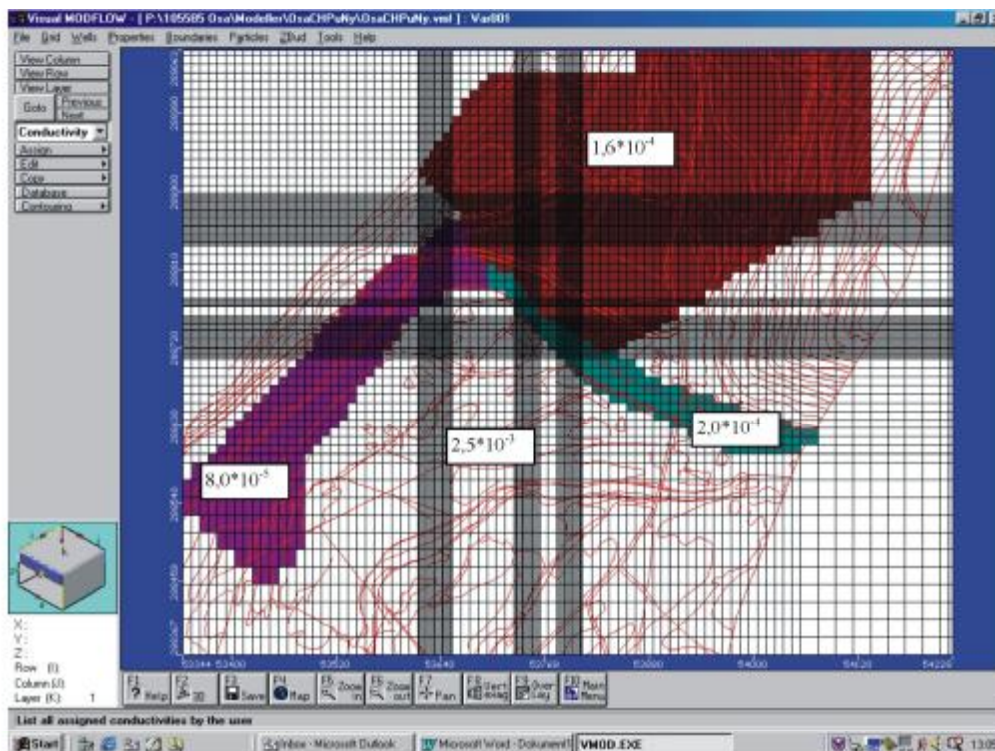
Figur 9. Generell stratigrafi langs Austdøla.



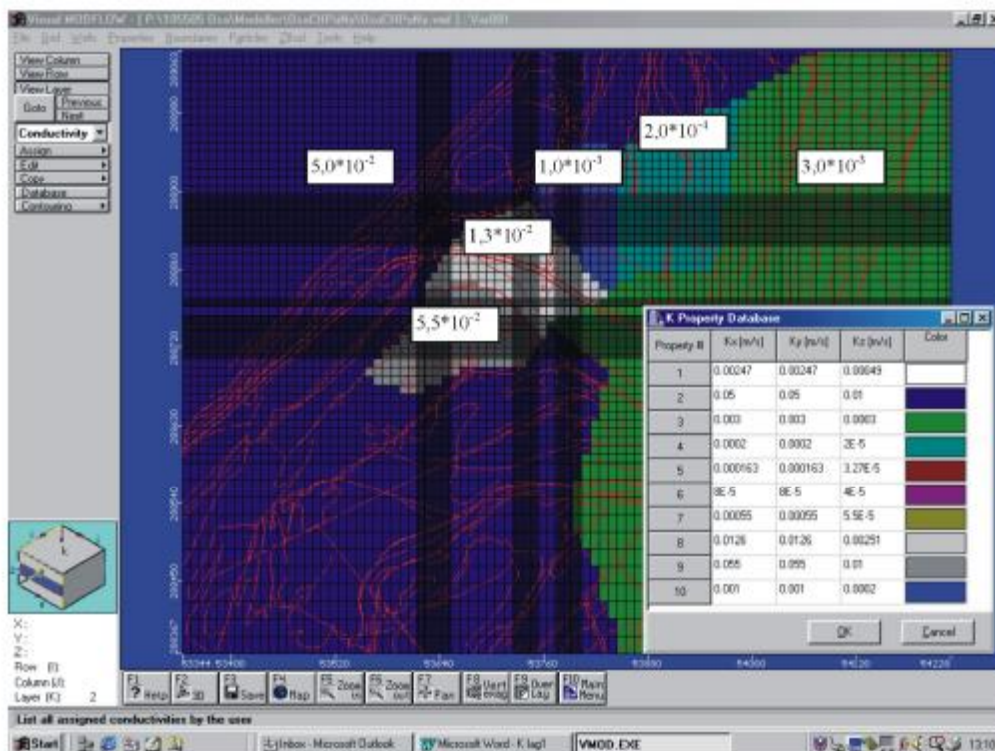
Figur 10. Plassering av peilerøyr og brønnar (fase 1) i Osa. Brønn 4 ligg nord for kartbildet.



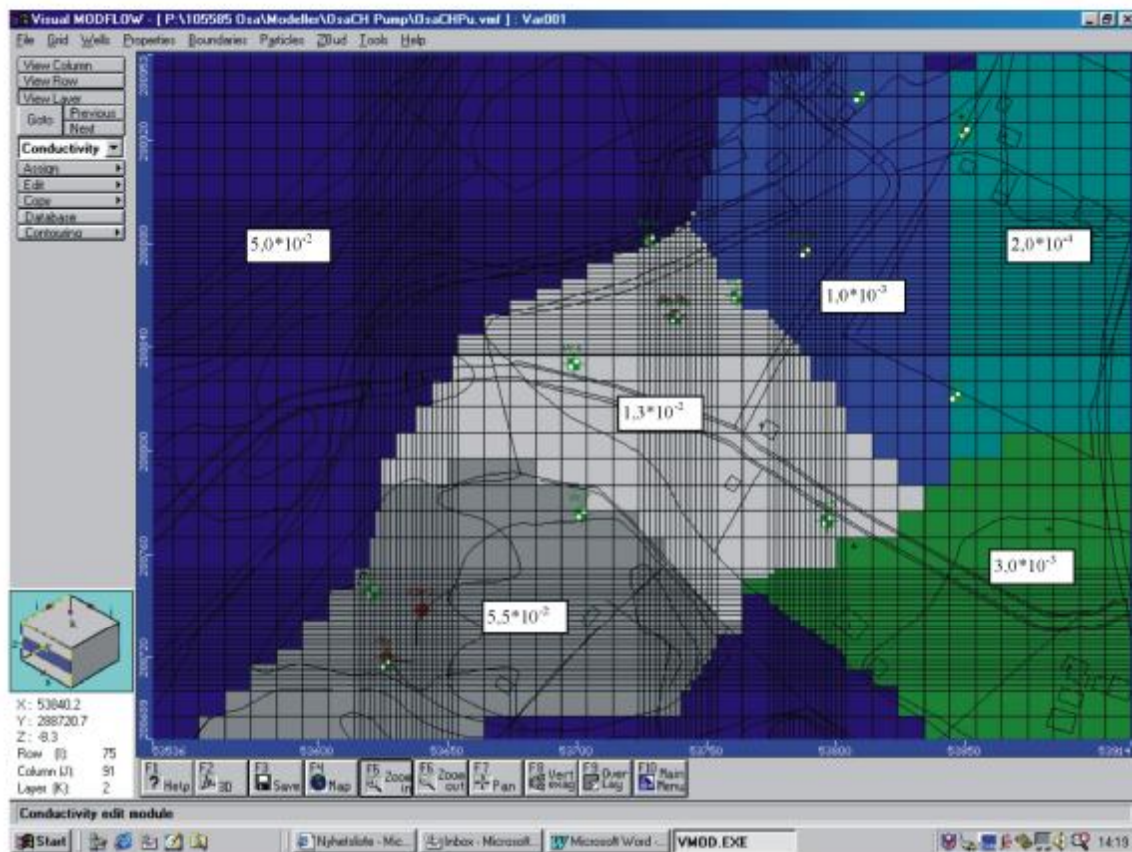
Figur 11. Beregningar av avsenking i vassnivå i brønn 5 a og 5a. Avsenkinga er vist som reduksjon av grunnvasshøgde i brønnane (m o.h.).



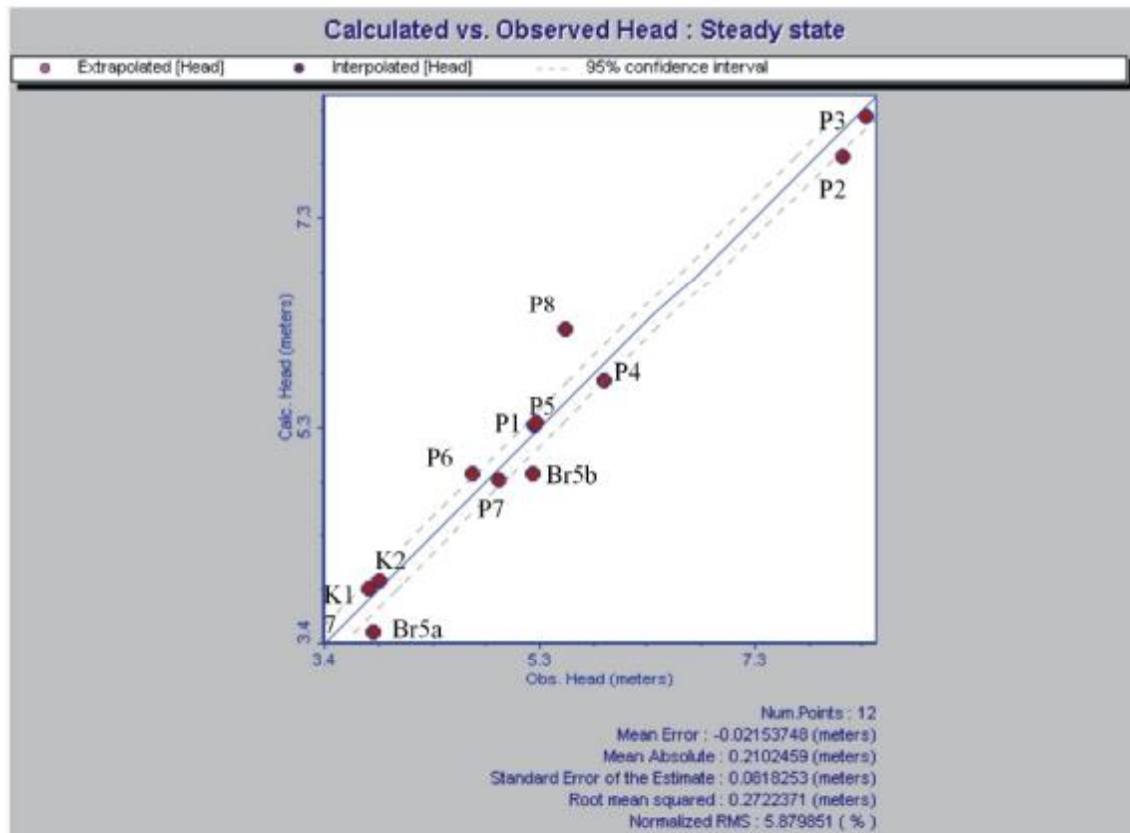
Figur 12: Verdier av hydraulisk konduktivitet i lag 1 i m/s.



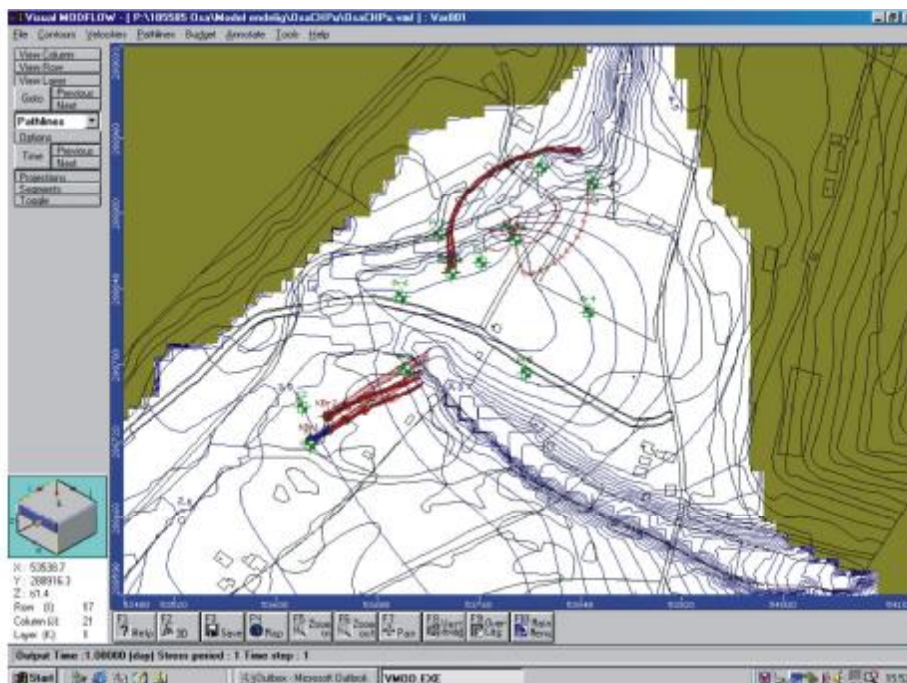
Figur 13: Verdier av hydraulisk konduktivitet i lag 2 i m/s.



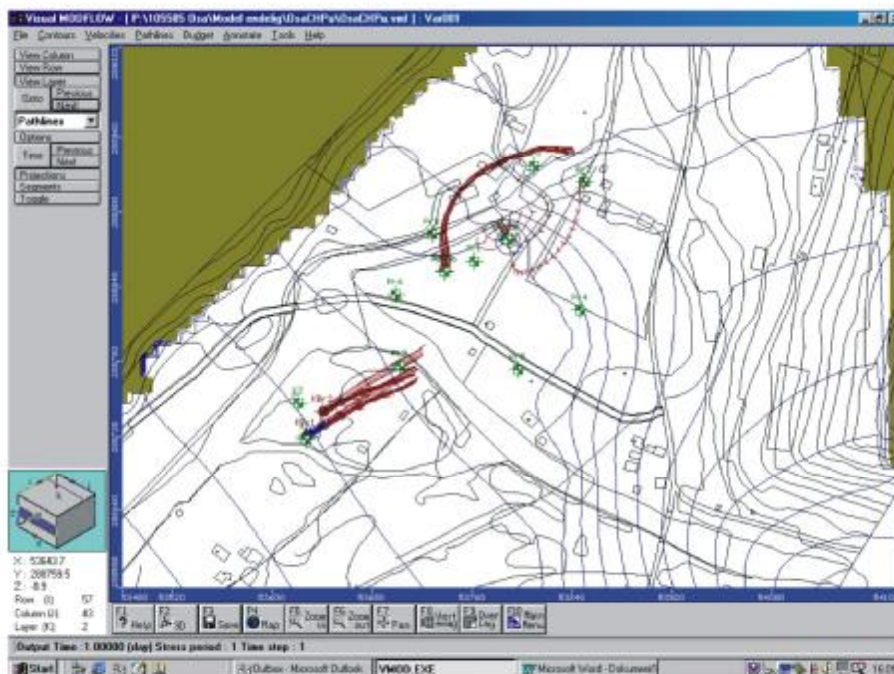
Figur 14: Verdier av hydraulisk konduktivitet vist for utsnitt av brønnområdene. Verdier i m/s.



Figur 15: Kalibrering av simulerte data mot data frå pumpeforsøk etter 16 dagars pumping.

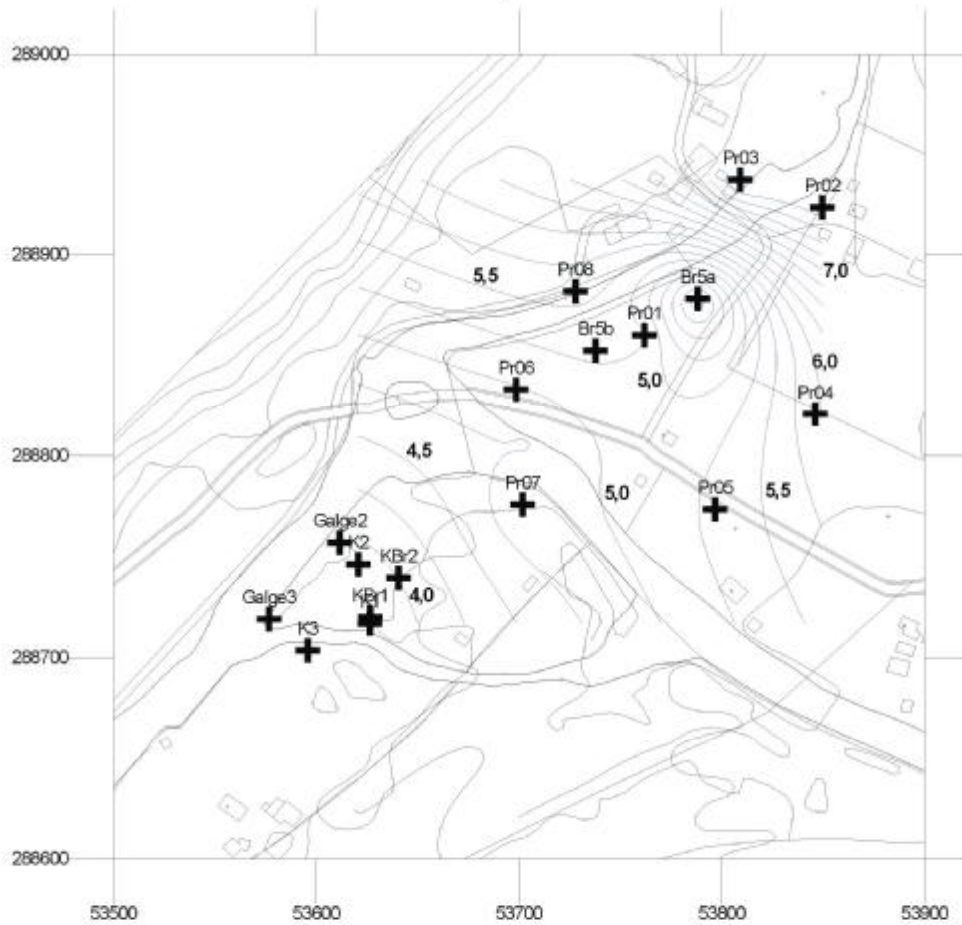


Figur 16: Straumforhold i lag 1 i grunnvassmagasinet ved uttak av 25 l/s i brønnene nord for Austdøla (brønn 5a og 5b) og 12 l/s i brønnen sør for Austdøla (kommunebrønn 1).

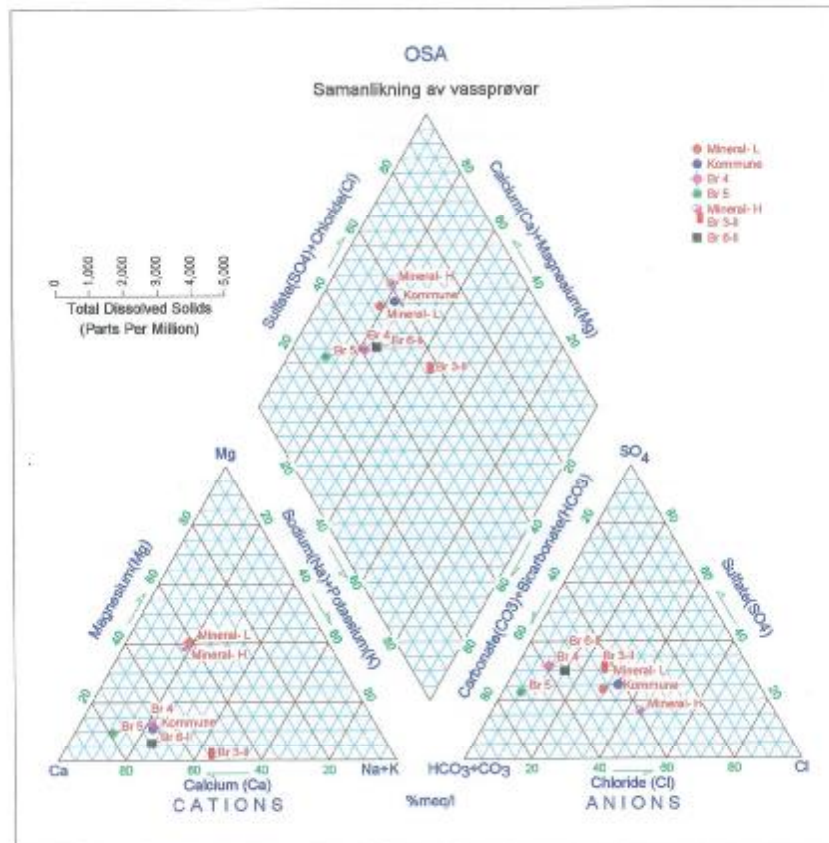


Figur 17: Straumningsforhold i lag 2 i grunnvassmagasinet ved uttak av 25 l/s i brønnene nord for Austdøla (brønn 5a og 5b) og 12 l/s i brønnen sør for Austdøla (kommunebrønn 1).

OSA
Grunnvannsstrømning etter 16 d
Ekvidistanse: 0,25 m



Figur 18: Kotekart som viser modellerte grunnvasshøgder i Osa under pumping. Kotene i blått viser tilstanden etter 16 døgn pumping.



Figur 19. Piperdiagram som viser relativ fordeling av kjemisk hovudelement i nokre typiske vassprøver frå Osa.