

BACHELOROPPGAVE

Poretrykksmålingar i ei skredutsett dalside

av

Geir Magne Tyssebotn
Julie Heggdal Velle

Geologi
2010

Føreord

Denne bacheloroppgåva vart gjeven hausten 2009, og handlar om "Poretrykksmålingar i ei skredutsett dalside". Den utgjer 20 studiepoeng per student, og er ein del av avslutninga av eit 3-årig studium i anvendt geologi med petroliumsrelaterte fag ved Høgskulen i Sogn og Fjordane. Professor Stein Bondevik var rettleiarar.

Ei stor takk går til rettleiaren for særs positiv og god rettleiing gjennom arbeidet med denne oppgåva. Gode råd har me også fått hjå Eivind Sønstegaard som har hjelpt oss med GIS og kartdata, Helge Henriksen for rettleiing ved bruk av diverane og tilhøyrande dataprogram og Rune Aa for hjelp i samband med kartlegging og feltarbeid. Ei spesiell takk går til Ottar Husum for bilete og lokal informasjon om Anestølen og skredhendingane der og Dagfinn Bondevik for rettleiing og hjelp i samband med instrumenteringa.

Sogndal 28.05.2010

Geir Magne Tyssebotn

Julie Heggdal Velle

Innholdsliste

1. Innleiing

1.1 Problemstilling og målsetjing.....	side 1
1.2 Geografi.....	side 2
1.3 Berggrunnsgeologi.....	side 3
1.4 Kvartærgeologi.....	side 4
1.5 Klima.....	side 5

2. Metodar

2.1 Intervju.....	side 6
2.2 Feltarbeid.....	side 6
2.3 Instrumentering.....	side 7
2.4 Poretrykksmålarar.....	side 9
2.5 Labarbeid.....	side 11
2.6 GIS.....	side 12
2.7 IKT.....	side 12

3. Resultat og tolking

3.1 Intervju.....	side 13
3.2 Feltarbeid.....	side 21
3.3 Instrumentering.....	side 27
3.4 Poretrykksmålarar.....	side 29
3.5 Labarbeid.....	side 41

4. Konklusjon og oppsummering

4.1 Feilkjelder.....	side 44
4.2 Konklusjon.....	side 46
4.3 Råd til vidare arbeid.....	side 47

<u>Litteratur- og kjeldeliste.....</u>	side 48
--	---------

Vedlegg

CD med vedlegg

Innholdsliste for figurar

Figur 1: Geografisk plassering av Anestølen.....	side 2
Figur 2: Månadsnedbør på Selseng, gjennomsnitt.....	side 5
Figur 3: Nedbør på Selseng, mai 2004.....	side 14
Figur 4: Nedbør på Selseng, september 2007.....	side 18
Figur 5: Grunnvasstand og temperatur, brønn 1.....	side 32
Figur 6: Grunnvasstand og temperatur, brønn 2.....	side 33
Figur 7: Grunnvasstand og temperatur, brønn 3.....	side 34
Figur 8: Nedbør og temperatur, mars 2010.....	side 37
Figur 9: Nedbør og temperatur, april 2010.....	side 37
Figur 10: Nedbør og temperatur, mai 2010.....	side 38
Figur 11: Snittkurve, kornfordeling på 2004-skredet.....	side 41
Figur 12: Snittkurve, kornfordeling på 2007-skredet.....	side 42

Innholdsliste for bilete

Bilete 1: Anestølsvatnet og skredutsett dalside.....	side 2
Bilete 2: Feltarbeid og prøvetaking.....	side 6
Bilete 3: Ploppar.....	side 7
Bilete 4: Røyr.....	side 8
Bilete 5: Borehammar.....	side 8
Bilete 6: Mini-Diver.....	side 10
Bilete 7: Siktesats.....	side 11
Bilete 8: 2004-skredet, massane på vegen.....	side 15
Bilete 9: 2004-skredet, massane i Anestølsvatnet.....	side 15
Bilete 10: 2004-skredet, sett frå stølsvegen og oppover.....	side 16
Bilete 11: 2007-skredet, skredomfang.....	side 18
Bilete 12: 2007-skredet, rydda stølsveg.....	side 19
Bilete 13: 2007-skredet, massane nedom vegen.....	side 19
Bilete 14: 2007-skredet, massane i sørenden av skredet.....	side 20
Bilete 15: Detalj frå 2004-skredet.....	side 21
Bilete 16: Erosjonsspor i 2004-skredet.....	side 22
Bilete 17: Detalj frå erosjonsspor i 2004-skredet.....	side 23
Bilete 18: 2007-skredet sett ovanfrå.....	side 25
Bilete 19: 2007-skredet sett nedanfrå.....	side 26
Bilete 20: Instrumentering, brønn 1.....	side 27
Bilete 21: Instrumentering, brønn 4.....	side 28

Vedleggsoversikt

Vedlegg 1: Kvartærgeologisk kart over Anestølen

Vedlegg 2: 2007-skredet, kjelder og brønnpunkt

Vedlegg 3: 2007-skredet

Vedlegg 4: Oversiktskart: begge skreda og alle brønnpunkt

Vedlegg 5: 2004-skredet med lokalitetar for masseprøvene

Vedlegg 6: 2004-skredet

Vedlegg 7: Graf som syner grunnvasstand og temperatur i brønn 1,
divernr. B2566 (SWS)

Vedlegg 8: Graf som syner grunnvasstand og temperatur i brønn 2,
divernr. SWSB9573

Vedlegg 9: Graf som syner grunnvasstand og temperatur i brønn 3,
divernr. H2B9602

Vedlegg 10: Kornfordelingskurver frå 2004-skredet

Vedlegg 11: Kornfordelingskurver frå 2007-skredet

Vedlegg 12: CD som inneheld:

Originalt datasett i tekstfiler

Datasett i Excel-filer

Alle kart og kurver

GIS-filene

1. Innleiing

1.1 Problemstilling og målsetjing

Føremålet med denne kandidatoppgåva er å få nærare kjennskap til skred og skredprosessar i høve til poretrykks- og nedbørsmålingar og korleis desse heng saman og verkar inn på kvarandre. Ved målingar og observasjonar, håpar me å kunne finne ut meir om samanhengen mellom desse faktorane og tidspunkt for skredhendingar.

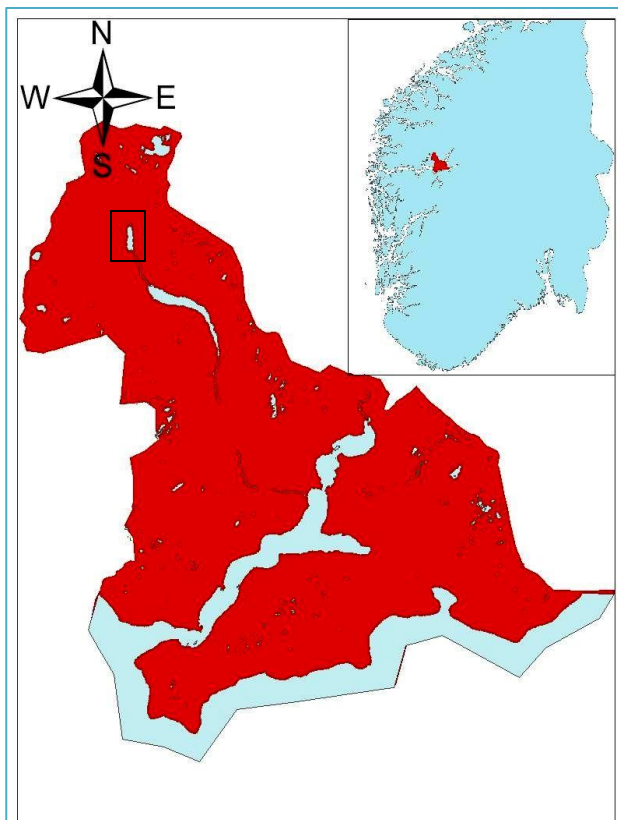
Dette skal vere fyrste steg i eit føregangsprosjekt der målet til slutt vil vere å finna ein terskelverdi for nedbør og poretrykk som igjen kan seie noko om skredfaren i eit bestemt område. Dersom det fins ein samheng mellom desse faktorane, kan utplassering og instrumentering av nedbør- og poretrykksmålarar i skredutsette dalsider vera til hjelp i varsling og eventuell evakuering ved skredhendingar.

I denne oppgåva har me studert ei skredutsett dalside i Anestølsdalen (Figur 1) i Sogndal kommune. Me har kartlagt to lausmasseskred som gjekk i denne dalsida i 2004 og 2007. Vidare har me bora fire peilebrønner i same dalsida som går ned i grunnvatnet, og sett ned tre poretrykksmålarar (diverar) som har målt vasstanden 6 gongar i døgnet frå november 2009 til mai 2010. Me har også sett på kornfordelinga av skredmaterialet i dalsida.

1.2 Geografi

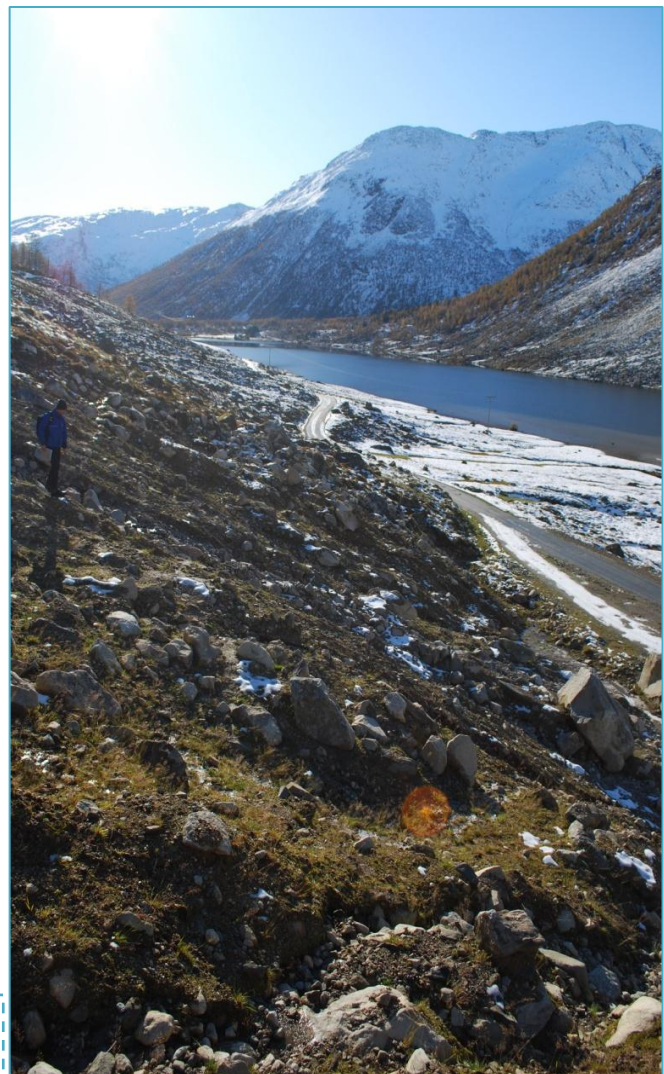
I indre del av Sognefjorden ligg Sogndal kommune og om lag 20 km nordover frå kommunesenteret, ligg Anestølen (Figur 1). Anestølsdalen byrjar der Sogndalsdalen deler seg i to. Vestover går Frudalen med vegen til Fjærland og i retning nord ligg altså Anestølsdalen. Dalen ligg idyllisk til, med bratte fjell på kvar side og vatnet i dalbotnen. Sjølve Anestølen ligg fint til i nordenden av vatnet, før dalen igjen deler seg i to, Langedalen og Tverrdalen.

Anestølen er ein aktiv stad i sommarhalvåret. På stølen er det fem bønder som driv med mjølkeproduksjon, og der er i alt 650 geiter med stort og smått. Stølen består av fem fjøsar og sju hytter. Turistane trivst også godt på Anestølen. I sommarhalvåret kan dei ta turen opp og sjå korleis ein ekte geitestøl vert driven og korleis ein lagar geitost.



Figur 1: Kartutsnitt som syner geografisk plassering av Sogndal kommune og Anestølen.

Bilete 1: Bilete teke frå 2007-skredet som syner den skredutsette dalsida me har jobba i.



1.3 Berggrunnsgeologi

Anestølen ligg i grunnfjellsområdet og bergartane består i hovudsak av granitt og gneis. Berggrunnskartet over området seier at der fins "granittisk ortogneis med band eller striper, nokre stadar migmatittisk, gneis med diorittisk til granittisk samansetjing. Nokre stadar augegneis."

Granitt er ein magmatisk djupbergart, som tyder at den har størkna langt nede i djupet under høg temperatur og stort trykk. Granitt kan dannast ved størkning av ei inntrengjande smeltemasse eller ved delvis oppsmelting av eit bergartsmassiv i djupet og seinare størkning. Granitt er danna av kvarts, kalifeltspat og glimmer, der feltspat ofte utgjer store delar av mineralinnhaldet.

Gneis er ein metamorf eller omdanna bergart som opphavleg kan ha vore ein magmatisk eller sedimentær bergart. Omdanninga av bergarten skjer ved høgt trykk og høge temperaturar samstundes med deformasjon av bergarten langt nede i jordskorpa. Gneis består vanlegvis av minerala feltspat (plagioklas og kalifeltspat), kvarts og glimmer (biotitt og muskovitt). Andre mineral kan vera granat, amfibol og pyroksen.

Minerala i ein bergart har ulik motstand mot forvitring og styrer i stor grad bergarten si motstandsevne mot forvitring. Minerala i gneis og granitt er forholdsvis like og har god motstand mot forvitring. Dette gjer at både granitt og gneis forvittrar nokså lite.

1.4 Kvartærgeologi

Anestølsdalen er ein typisk iserodert U-dal med bratte fjell på kvar side og i dalbotnen ligg Anestølsvatnet. Dalsidene er prega av eit samanhengande dekke av skredmateriale frå både steinsprang, lausmasseskred og snøskred. Mange av skreda har gått heilt ut i vatnet. I nord, der Anestølsdalen deler seg i to, Langedalen og Tverrdalen, finn ein for det meste samanhengande og til dels mektige moreneavsetjingar. Ved sjølve stølen er området prega av elveavsetjingar der elvane frå dei to dalane møtast og går ut i Anestølsvatnet. I sørenden av vatnet, finn ein også elve- og bekkeavsetjingar. Her finn ein også den store Nysete-morenen, som er ei randmorene avsett av dei to møtande bretungene som kom ned Frudalen og Anestølsdalen. Denne morenen er datert til 10 000 år før notid (Aa, A.R. pers. med.) og er truleg avsett under ein klimaforverringsperiode kalla Erdal-eventen. Det fins mange endemorener som er avsett om lag på denne tida på begge sider av Jostedalbreen.

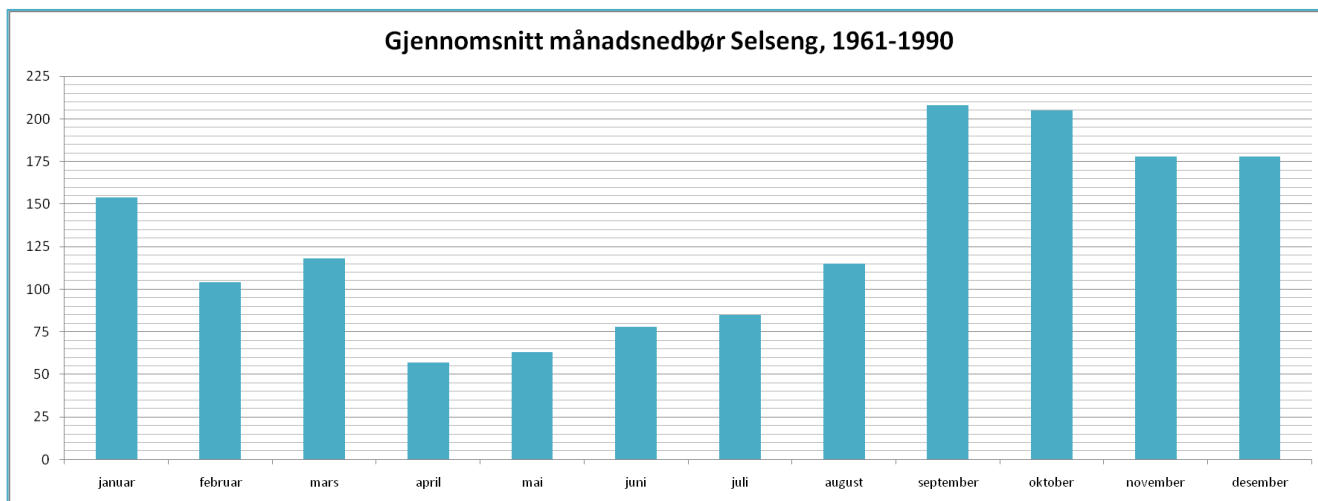
Endemorenen demte i si tid opp Anestølsvatnet 18-20 meter høgare enn dagens nivå. Restar av tidlegare strandlinjer er å finna i dei nordlege delane av dalen (Anundsen, K. 1974). Elva skar seg etter kvart igjennom den mektige randmorenen, og vatnet vart tappa til det nivået me kjenner i dag. Kor tid og kor fort dette skjedde veit ein ikkje.

Sjå kart i vedlegg 1.

1.5 Klima

Den næraste vêrstasjonen til Anestølen ligg på Selseng, berre 3 km aust for Anestølen. Her vert nedbøren målt kvar morgon kl. 07.00. Data frå denne stasjonen er tilgjengeleg på nett, <http://eklima.met.no/>.

Årsnormalen for nedbør på Selseng er 1543 mm, der nesten 50% av nedbøren kjem i perioden frå september til desember. Grunnen til dette er at varme frontar som passerar Norskekysten sender sterke vestlege/sørvestlege vindar innover Vest-Noreg. I januar, februar og mars kjem det også ein del nedbør, medan april og mai er dei månadane med lågast nedbør. September er den våtaste månaden, med 208 mm nedbør.



Figur 2: Figur som syner månadsnedbør på Selseng som eit gjennomsnitt av åra 1961-1990. Kjelde: <http://eklima.met.no/>.

2. Metodar

2.1 Intervju

Når ein skal kartleggje skredområde, er det lurt å prate med og intervjuje lokalfolk. Hjø dei kan ein få tak i viktig informasjon om historie, tidlegare skredhendingar, hyppigheit, tidspunkt og hendingsforløpet. Spesielt eldre lokalfolk har mykje kunnskap om området som ein elles ikkje får tak i. Dette er viktig informasjon som kan hjelpe til med kartlegginga og forståinga av skredprosessane. Me har intervjuva Ottar Husum, som opplevde skreda i 2004 og i 2007.

2.2 Feltarbeid

Feltarbeidet vart utført i perioden frå august til november og innsamling av data frå poretrykksmålalarane i mai. Me starta med synfaringar både med og utan rettleiar, for å verta kjende med området og for å finna ut kva område me ville konsentrera oss om. Me brukte mykje tid på å kartlegge 2004- og 2007-skreda og diskutera skredprosessen slik me oppfatta den. Frå desse skreda og skredavsetjingane, tok me masseprøvar for å sjå nærmare på kornfordelinga. Me nytta kart og GPS for å kartfesta skreda. I tillegg vurderte me området i forhold til instrumentering og utplassering av poretrykksmålalarar. I samband med borepunkta, valde me også å kartleggja kjeldene i nærleiken.



Bilete 2: Prøvetaking nedst i 2004-skredet.

2.3 Instrumentering

For å gjennomføre instrumenteringa av grunnvasstanden i dalsida, hadde me behov for forskjellig utstyr.

- Kompressor (innleigt frå Bautas)
- 140m lett trykkluftsslange
- Borehammar
- Borelodd
- Oljepotte
- Borestenger: 0,6 m, 1,2 m og 2,4 m
- Lause borekroner til stengene
- Røyrtenger
- Gjenga, tjukkvegga 1" steamrøyr (i stål) med slisser (10 cm x 2 mm) og spiss
- Gjenga, tjukkvegga 1" steamrøyr (i stål) til å skøyte med
- Muffer og hetter til røyra
- Gjengeteip
- Plopper med målband
- Høyrsevern og hanskar

Me rigga til utstyret og bar det opp til lokalitetane me hadde valt ut. Det vart bestemt i felt at borekrone med diameter 45 mm skulle nyttast då denne hadde litt større dimensjon enn stålørøyra som skulle settast ned.

Til og begynna med, brukte me lodd på boremaskina. Dette fungerte ikkje så godt fordi det var mykje holrom i massane me bora i. Boret hadde ein tendens til å setje seg fast når loddet vart nytta fordi vekta av borehammaren og loddet vart for tungt. Når me skifta frå 0,6 m stanga, som er den fyrste borestanga som vert nytta, tok me av boreloddet. Dette var ei betre løysing. Den lengste borestanga (2,4 m) vart bora heilt ned, og effektivt djup på brønnane vart om lag 2,2-2,3 m.

Etter at borehola var ferdig bora, sette me ned stålørøyra. Dette vart gjort med borehammaren og ei muffe skrudd fast til stålørøret for å beskytta gjengane. Det nedste røret er 1 m langt med ein tilrettelagd spiss i eine enden, 2 mm slisser langs sida på røret, og gjenger med muffe for skøyt. Skøyterøyra er rette stålørøyr med muffe og gjengar i kvar sin ende. Røyra vart bestilt og laga etter samråding med Dagfinn Bondevik.

Etter at røyra var komne på plass, måtte dei spylast reine med trykkluft. Til dette nytta me kompressoren, luftslangane, og ein stivare plastikkslange som var dimensjonert for å passe ned i røyra. Vasstanden i kvart røyr vart så målt ved hjelp av plopparen for å fastslå at der var vatn i dei.

Bilete 3: Plopparen med målband.
Foto: Eijkelkamp SWS





Bilete 4: Slissa røyr med spiss, skøyterøyr, borestenger og røyr tang.



Bilete 5: Borehammaren og litt av trykkluftsslangen.

2.4 Poretrykksmålarar

Poretrykk refererar til trykket frå væske eller gass i opne eller delvis opne rom (porer) mellom korna i ein jordart eller bergart. I denne oppgåva er det porevasstrykket i jordartar me skal konsentrere oss om. Vatn i poreromma er med på å halde jordarten saman. Dette er kohesjon, eller tiltrekkinga mellom dei like vassmolekyla i porene. Dersom det vert for mykje vatn i poreromma og jordarten vert vassmetta, vil vatnet presse korna frå kvarandre i staden for å halde dei saman. Dette kan gjera jordarten ustabil og meir utsett for utgliding.

Poretrykket, u , vert bestemt ut frå eigenvekta til vatn (γ) og grunnvasshøgda i området.

$$u = \gamma \cdot h \quad \text{der} \quad \gamma = \rho \cdot g$$

ρ er tettleiken til vatn, og varierar med temperaturen. Vanlegvis reknar me med at temperaturen er 0°C og tettleiken er då $1,0 \text{ kg/m}^3$. g er tyngdekraftsakselerasjonen og er sett til $9,81 \text{ m/s}^2$. Eigenvekta til vatn vert då sett til $\gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3$.

Dersom me reknar at γ er konstant, vil det vere grunnvasshøgda som gir variasjonar i poretrykket.

Stabiliteten til ei skråning er avhengig av dei drivande kreftene (skjerspenninga) og brotstyrken (skjerfastheita). Denne brotstyrken vert definert som τ_f .

$$\tau_f = c + \sigma' \tan\Phi$$

der c er kohesjonen, σ' er effektivspenninga og friksjonsvinkelen er Φ .

$$\sigma' = \sigma - u$$

Effektivspenninga, eller kornkontakttrykket, er altså avhengig av totalspenninga (σ) og poretrykket u . Dersom det ikkje er grunnvatn til stades i skråninga, er poretrykket lik 0, og effektivspenninga vert då lik totalspenninga. Dersom grunnvasstanden er høg, aukar poretrykket og effektivspenninga går ned. Dette vil igjen gjere skjerfastheita til skråninga lågare og meir utsett for utgliding.

Diveren (poretrykksmåleren) er levert av Slumberger Water Services Divers og er av typen Mini-Diver. Den vert nytta til å måla og lagra informasjon om høgda på grunnvatnet i peilebrønnane. Diveren består av ein trykksensor som målar det totale trykket over sensoren. Dette trykket er vasstrykket frå vassøyla over diveren og lufttrykket. Diveren har også ein temperaturmålar, eit minne for å lagra data og eit batteri. Når diveren er over vatn, måler den det atmosfæriske trykket, på same måte som eit barometer. Under vassoverflata vert vasstrykket lagt til det atmosfæriske trykket; di høgare vassøyle, di høgare trykk. På denne måten kan trykksensoren bestemma høgda på vassøyla.

For å korrigere trykkmålingane må me også måla lufttrykket. Til dette brukte me ein tilsvarande loggar, kalla barologgar. Denne vart opphengt i eit tre i området.

Diverane er enkle å programmere. Me nytta programmet Logger Data Manager for å programmere diverane. Avlesinga av diverane skjer i det same programmet. Diverane vert koplå på ein docking-stasjon og programmet les automatisk av data som er lagra i loggaren.

Diveren vart senka ned i røyra ved hjelp av ein stålvaier. Vaieren vart festa med små vaierklemmer i toppen av røyret. Me sette ned diverar i tre borepunkt (sjå kart vedlegg 2) og hengde barologgaren i eit tre midt imellom dei to øvste punkta der diverane er sett ned. Alle diverane er programmert til å ta målingar kvar fjerde time; klokka 3, 7, 11, 15, 19 og 23.



Bilete 6: Døme på Mini-Diver.
Foto: Eikkelkamp SWS

2.5 Labarbeid

Me henta inn 9 prøver frå nedst til øvst i kvart skred, alle på mellom 2 og 5 kilo. Me tok såpass mykje for å få eit representativt utval og for å ha meir å ta av dersom noko skulle gå gale. Kvar av prøvene som vart tørka og sikta, var på rundt 1 kg. Massane me prøvetok var matriks, finmaterialet.

Dei forskjellige jordartane har ulikt mengdeforhold mellom korna eller ulik kornfordeling. Denne fordelinga kan vere med på å identifisere jordarten og fortelje noko om dei ulike eigenskapane og bruksområda til jordarten. Ei slik kornfordeling vert bestemt ved sikteprøver, anten ved våt- eller tørrsikting.

Ved sikting av prøver, vert ein siktesats nytta. Dette er eit tårn av sikter med ulik storleik; 19, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.125, 0.063 og <0.063 mm pluss lok og botn. Ei prøve vert tørka i tørkeskap, avkjølt og vegen. Prøva vert så helt opp i siktesatsen og rista anten for hand eller ved hjelp av ei maskin. Når prøva er grundig sikta, vert materialet som ligg att på kvart sikt innvegen, notert og lagra i merka plastposar. Vekta av dei sikta prøvene vert så kontrollert opp mot vekta av heile prøva. Ut frå dei noterte vektala, kan ein rekne ut vektprosent og kumulativ prosent og framstille kornfordelinga grafisk.

Sjå vedlegg 3 (2007-skredet) og vedlegg 5 (2004-skredet) for kart over områda der masseprøvene er tekne.



Bilete 7: Siktesatsen og nokre av posane med ferdigsikta materiale.

2.6 GIS

Programmet ArcGIS 9.3 vart nytta til å leggja inn og behandle dei ulike elementa som vart kartlagde i felt. I dette programmet kan ein henta inn både kart og satellittbilete frå ulike kjelder og endra på desse. Ein kan òg leggja inn alt ein treng av anna informasjon, som til dømes vegar, vatn, elvar og husstandar.

Det me kartla i felt, vart seinare lagt inn i GIS og behandla der. Me la inn skreda våre, lokaliteten til borepunkta og kjeldene. Punkta som vart tekne med GPS, vart også lagt inn i programmet for å lettare kartfesta dei ulike elementa. Ut frå dette fekk me kart som seinare kunne brukast i vurderinga av området. Sjå vedlegg 1-6 for kart laga i GIS.

2.7 IKT

I denne oppgåva har mykje av informasjonen og resultatata vorte behandla i ulike dataprogram. For å skrive denne oppgåva har me nytta Microsoft Office Word 2007, medan grafar har vorte laga i Microsoft Office Excel 2007. Programmet Logger Data Manager har vorte brukt til å programmera og lesa av data frå diverane.

3. Resultat og tolking

3.1 Intervju om 2004- og 2007-skredet

Me var interesserte i fyrstehandsinformasjon frå skredhendingane og ville snakka med nokon som hadde sett skreda og som kunne gi oss meir informasjon om korleis området såg ut og kva som eigentleg hadde hendt. Me fekk høyra om Ottar Husum (33), som har gard på Selseng og driv med geiter på Anestølen. Han kom til staden kort tid etter skreda, både i 2004 og i 2007. Me besøkte Ottar ein dag i februar og let han fortelje oss kva han hadde observert.

I intervjuet har me, så langt det let seg gjera, prøvt å gjengi akkurat det Ottar fortalde. Våre kommentarar er sett inn i klammer.

18. mai 2004, ca kl 00.30-01.00

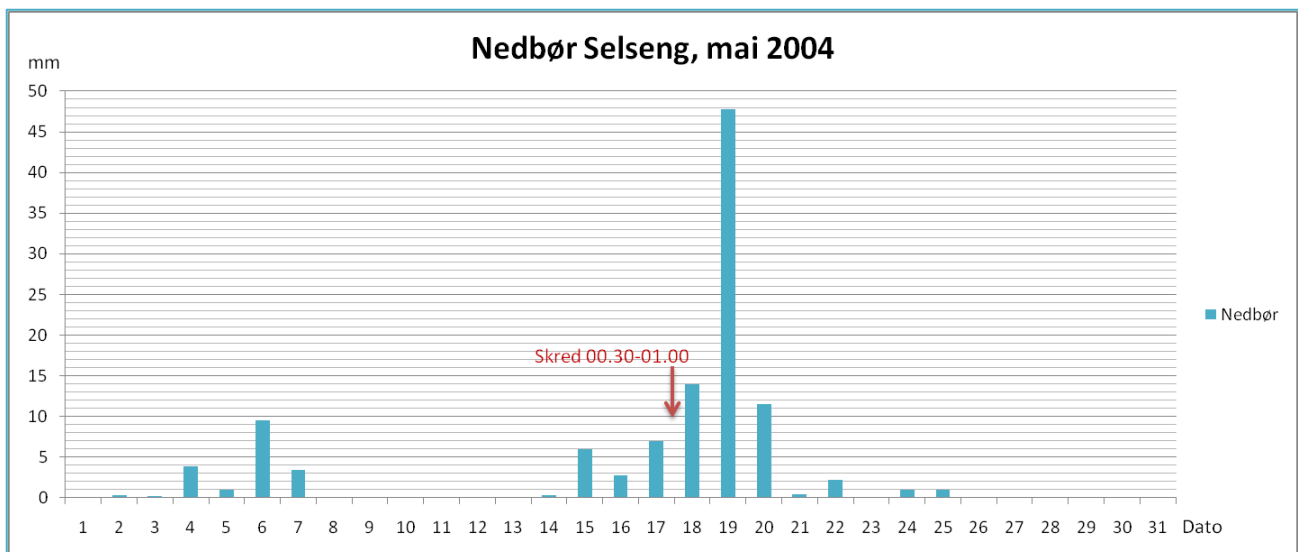
I mai 2004 hadde det vore fint vår lenge og geitene hadde allereie kome på stølen 15. mai. 17. mai vart det kaldare og utover dagen og natta til 18. mai regna det mykje. Dei som bur i den fremste garden på Selseng høyrde buldring og braking rundt 00.30-01.00 denne natta. Då Ottar kom opp til rasstaden kl 07.00, såg han tydeleg at det hadde gått eit skred over vegen. Skredet var 6-7 meter breitt og var framleis i rørsle. Det var stort sett turre massar, og han trakka lett over og gjekk vidare inn til stølen. – Då eg kom tilbake frå fjøsen (08.45), var det eit litt anna syn som møtte meg og eg høyrde buldringa før eg såg sjølv raset, seier Ottar. Husum fortel vidare at skredet no var mykje større og inneheldt ein god del blokker som framleis var i rørsle utover dagen. Dette merka han då han kom attende til staden rundt 11.30 for å ta bilete.

- Det er det same raset som har utvikla seg, seier Ottar om hendingsforløpet.
- Ovanfor vegen er der ein liten haug, og der har raset demt opp medan eg var på stølen og så fortsett vidare nedover. Dette er òg grunnen til at skredet er såpass smalt, fordi det har greve ei grøft ned til vegen. Deretter har det delt seg, utvida seg igjen og fløynd over vegen. Vegen var faktisk ganske intakt under massane, skredet hadde berre fløynd over vegen og ikkje greve så mykje, så det var berre den ytste meteren av vegen som var skada. Difor trur eg at raset har fått roa seg då det vart delt og ikkje hatt så stor fart og deretter gjenteke farten nedanfor vegen og gått om lag 4-5 meter ut i Anestølsvatnet.
- Ei stor blokk/fjellhammar som losna oppe i fjellsida utløyste raset. Denne blokka har blitt knust til mindre blokker på veg nedover, men mange av desse har likevel store dimensjonar. På sørsida av raset ligg ei blokk på størrelse med ein garasje. På

framsida, mot Anestølen, ligg også store blokker, og desse er mest truleg også restar av den store fjellhammaren som rasa ut. Slike blokker har aldri lege der før. Det er klart at denne blokka har gjort arbeid på vegen ned!

– Det har vore eit bekkefar der som skredet gjekk, og der var det ekstra blautt og stor vassføring sidan det regna såpass mykje den kvelden og dette har gjort at skredet har fått fart nedover. Dette er min teori. I 1993 gjekk det eit ganske stort snøskred på akkurat same staden som tok med seg nokså mykje skog. Det var ikkje skog att i rasområdet og difor var det svært lite skog som gjekk med i skredet i 2004. Raset har gått akkurat i skogkanten der som snøskredet gjekk i 93. Ein teori er at friske røter kanskje hadde heldt att på skredet medan skredet har fri ferdsel der det er bart for skog.

Ottar fortel at sjølv om skredet var ganske stort, har ikkje oppryddingsarbeidet vore så omfattande. Massane som låg på vegen vart brukte til å byggje ut ein liten snuplass i nærleiken. Elles hadde skredet greve ut eit naturleg bekkefar som dei valde å ikkje gjere noko med.



Figur 3: Syner den registrerte nedbøren for Selseng, mai 2004. Datoane utan søyler er dagar då det ikkje er registrert noko nedbør. Data henta frå <http://eklima.met.no/>.



Bilete 8:
Massane som
gjekk over
vegen i 2004-
skredet. Foto:
Ottar Husum
18.05.04



Bilete 9: Sett
frå vegen og
ned mot
Anestølsvatnet.
Foto: Ottar
Husum
18.05.04



Bilete 10: 2004-skredet sett frå stølsvegen og oppover i skredet. Foto: Ottar Husum 18.05.04

22. september 2007, ca kl 07.15

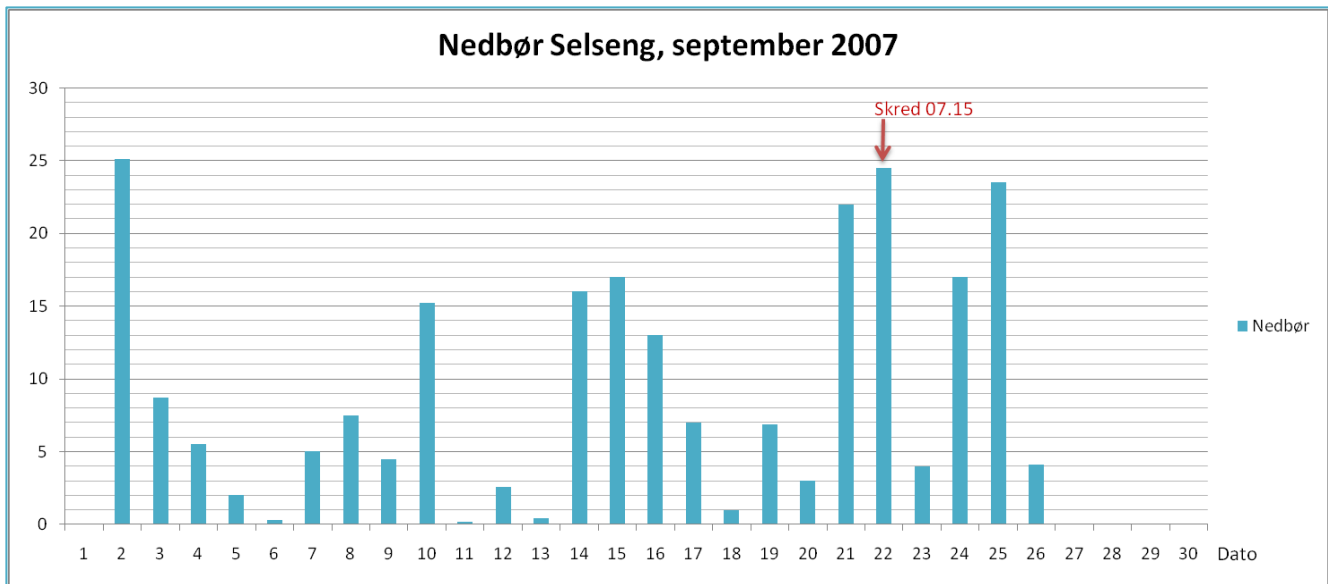
Det var ein særst våt september i 2007. - Regn, regn, regn, i heile september var det ekstremt mykje nedbør, fortel Ottar. I følgje Oddvar Selseng sin målestasjon, hadde det kome om lag 200 mm nedbør fr  byrjinga av månaden og fram til 22. september d  det store skredet gjekk. Husum meiner at det kan vera noko meir nedbør over Anestølen enn på Selseng: - Om det er ein meter med snø her, så er det kanskje ein meter og 30 cm på Anestølen.

- Det var far min, Hjalmar Husum, som skulle i fjøsen den dagen men kom seg ikkje forbi skredet og inn på stølen. Eg var heime og heldt på å byggje hus, og far min kom ned att for å henta meg. Me tok bilen fram att til skredet og tok med oss  rar så vi kunne ro ein båt forbi. Far min rodde forbi og sjekka kor mange geiter som var komne i fjøset på stølen. Vi var på det tidspunktet usikre på om nokon geiter hadde blitt tekne av raset. Eg og mor mi tok geitene på nedsida [sørsida] av raset med heim til garden og mjølka så desse. Seinare på dagen rodde alle tre forbi raset og tok med oss resten av geitene heim att til garden [Selseng] langs den andre sida av vatnet [ved Nysete]. Ingen dyr vart tekne av raset.

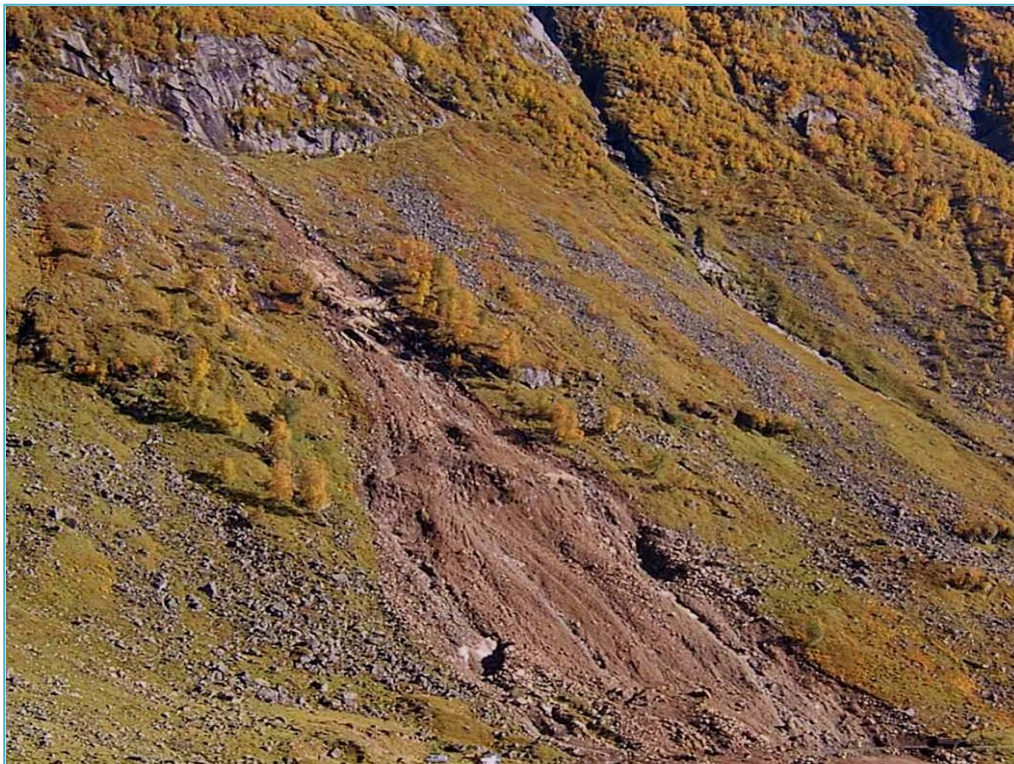
- Eg vil tru at skredet stort sett gjekk i eitt, og at det meste var kome ned i løpet av dei fyrste to minutta. Då eg kom til staden ein time seinare (08.20), var heile området endra og 100 meter av stølsvegen var riven vekk. Det var lite r rsl  i skredet. Det som ikkje låg i ro var slikt som låg ute på kanten og der det var vasstransport, men dette var sv ert lite i forhold til storleiken på heile skredet. Det var umogeleg   gå igjennom skredet i løpet av dei fyrste dagane, det heile var ei blaut suppe; det rann ei blanding av jord og vatn og det kom ned ein og annan stein.

- Det var lenge antatt at dette hadde skjedd berre på grunn av nedbørsmengda og at grova heilt oppunder fjellet hadde demt opp. Men etter kvart såg ein at det hadde rasa ut ei blokk ovanfor der raset byrja. Mest truleg har denne blokka sett fart på massane nedanfor hammaren der ho rasa ut.

I ettertid av skredet, har fleire grep vorte gjort for å rydda opp og for å førebyggje fleire skadar som følgje av skred. Stølsvegen har blitt flytta lenger ut mot vatnet for å hindre at den skal bli teken av skred igjen. Nedom vegen har dei sletta ut landskapet for å få det til å sjå meir naturleg ut. Over vegen har det ikkje vorte gjort så mykje. Dei har fjerna ein del massar fr  loben mot Anestølen då den var sv ert truande og dei har leita etter lause blokker og fjerna dei for å unngå utl ysing av nye skred. Nye grøfter til vatn har  g vorte laga.



Figur 4: Syner den registrerte nedbøren for Selseng, september 2007. Datoane utan søyler er dagar då det ikkje er registrert noko nedbør. Data henta frå <http://eklima.met.no/>.



Bilete 11: Øvste delen av 2007-skredet. Foto: Rune Aa 27.09.07



Bilete 12: Vegen inn mot Anestølen etter at massane har vorte rydda.
Foto: Rune Aa
27.09.07



Bilete 13: Skredmassane nedom stølsvegen. Bruk gravemaskin som referanse.
Foto: Rune Aa
27.09.07



Bilete 14: Blokkrike massar nedom stølsvegen i sør-enden av skredet. Foto: Rune Aa
27.09.07

3.2 Feltarbeid

Me har kartlagt 2004- og 2007-skredet og kjeldene i nærleiken av brønnpunkta. Alt me kartla i felt er digitalisert ved hjelp av GIS og er lagt ved oppgåva som vedlegg (sjå vedleggsliste).

Under feltarbeidet ved dei to utvalde skreda, brukte me mykje tid på diskutere skredprosessane og hendingsforløpet slik me såg det for oss. Dette har me skrive ned.

2004-skredet

Me trur at ei stor blokk har starta skredet. Denne blokka vart truleg løyst ut av nedbøren som kom kvelden før skredet gjekk. Blokka har så drege med seg ei gamal ur som låg rett nedanfor. Mesteparten av massane har heldt fram vidare nedover skråninga, medan noko gjekk ut i ein liten lobe i sørenden av skredet (om lag 130 m ovanfor traktorvegen). Massane som heldt fram vidare nedover, kryssa så traktorvegen. Skredløpet er svært breitt i dette området (om lag 50-60 m) og det ligg at blokkrike levear i sidene. Like nedanfor, flatar terrenget ut, og me ser for oss at skredet har stoppa opp her ei lita stund. Det kan sjå ut som at det vart demt opp før det reiste vidare nedover. Kanskje har skredmassane kome i to pulsar, der den fyrste stoppa opp medan den andre pulsen kom litt seinare og skubba alle massane vidare nedover. Rett nedanfor denne flata vert det bratt igjen, og skredet har greve eit ganske smalt og djupt (~ 3 m) erosjonsspor nesten heilt ned til stølsvegen. Tett ovanfor veggen har skredet delt seg ved ei forhøgning i terrenget, og ein liten lobe er avsett i nordenden mot Anestølen. Resten av skredmassane har heldt fram nedover og gått over veggen og vidare ned til Anestølsvatnet og danna ei lita vifte der. Eit stykke ovanfor traktorvegen, ligg det på begge sider av skredet store blokker som me trur er restar av den utløyssande blokka. Sjå vedlegg 4, 5 og

6.



Bilete 15: Detalj frå 2004-skredet. Bilete er teke rett ovanfor der me meiner at den fyrste skredpulsen har stoppa opp. Biletet er teke våren 2010



Bilete 16: Erosjonsspor frå 2004-skredet. Biletet er teke oppover i skredet. Ved det raude merket er erosjonssporet om lag 3 m djupt. Rett ovanfor merket ligg det flate området der me meiner at skredet demte opp. Biletet er teke hausten 2009.



Bilete 17: Den vidaste delen av erosjonssporet i 2004-skredet.
Djupet varierar frå 2-3 m. Biletet er teke hausten 2009.

2007-skredet

Me trur at også dette skredet vart sett i gang av ei blokk utløyst av nedbør. Dei enorme nedbørsmengdene som hadde kome denne månaden hadde nok gjort massane vassmetta. Blokka som kom ned har teke med seg dei blaute massane og sendt dei vidare nedover. Toppen av skredet er ganske smalt; om lag 20 m. Lengre nede utvidar skredet seg. Me trur at dette kan ha ein samanheng med ei forhøging i terrenget som skredet kan ha delt seg rundt. På denne forhøginga er det avsett ein liten lobe. Her har også eit erosjonsspor delt seg. Me trur at dette sporet er danna av vatn som har runne nedover skredet i dagane etter 22. september. I sørenden av skredet har det danna seg ein blokkrik levè, som me trur har vorte danna ved at blokkene har stoppa på eldre blokker frå eit anna skred som ligg i like ved. Vidare nedover vert skredet enda breiare, opp til 130 m, og held seg i denne breidda. Rett ovanfor stølsvegen fann me fleire små lobar og fleire erosjonsspor. Det er vasseleg å tenkje seg korleis skredet såg ut der det kryssa vegen, då dette området er rydda og massane er fjerna. Nedanfor stølsvegen har det også vorte gjort store oppryddingar, men me ser framleis blokkrike lewear i sidene og i fronten av skredet. Heile den nordre kanten av skredet har også slike lewear. Blokka som løyste ut skredet har me ikkje funne. Sjå vedlegg 2, 3 og 4.



Bilete 18: 2007-skredet sett frå forhøginga i terrenget der skredet byrja å utvide seg. Til høgre for 2007-skredet kan ein sjå restar av eit gammalt fjellskred. Biletet er teke hausten 2009.



Bilete 19: 2007-skredet sett frå sørkanten av skredet nedom vegen. I front kan ein sjå delar av dei blokkrike leveane som omringar store delar av skredet. Legg også merke til dei ulike erosjonsspora i skredet. Den raude pila syner forhøgginga i terrenget der skredet byrja å utvide seg. Biletet er teke hausten 2009.

3.3 Instrumentering

Då me sette ned røyra, noterte me kva type materiale me gjekk igjennom med borestengene og kor mykje vatn som var i røyret etter spyling. Me sette diverane ned i brønn 1, 2 og 3. Brønn 4 er altså utan poretrykksmålingar (sjå vedlegg 2 for kart).

Brønn 1: I sørenden av 2007-skredet

Djup forboring: ca 2,3 meter

Ca 0,6 meter med organisk (gytja)

Ca 0,4 meter med sand og grus

Ca 0.3 meter med solid stein

Ca 0.1 meter med fin sand og grus

Ca 0,3 meter med solid stein

Ca 0,6 meter med fin sand og grus

Driving av røyr: ca 2,6 meter

Vassdjup: ca 1,9 meter frå topp røyr

Lengd på vaier til poretrykksmålar: 1,28 meter



Bilete 20: Boring gjennom blokker

Brønn 2: I deltaet i nordenden av 2007-skredet

Djup forboring: ca 2,4 meter

Ca 0,4 meter organisk (gytja)

Ca 0.2 solid stein

Ca 1,8 meter med sand og grus

Driving av røyr: ca 2,4 meter

Vassdjup: ca 1,9 meter frå topp røyr

Lengd på vaier til poretrykksmålar: 2,41 meter

Brønn 3: Øvst i Mellomskredet

Djup forboring: 2,4 meter

Ca 0,25 meter med grus/blokk

Ca 0,3 meter med solid stein

Ca 1,2 meter med silt/sand/grus

Driving av røyr: 2,9 meter

Vassdjup: ca 1,8 meter frå topp røyr

Lengd på vaier til poretrykksmålar: 2,19 meter

Brønn 4: Midt i Mellomskredet

Djup forboring: 2,4 meter

Ca 0,3 meter med organisk (gytja)

Ca 1,3 meter med til dels grove massar (grus, blokk)

Ca 0,2 meter med solid stein

Ca 0,6 meter med grus og sand

Driving av røyr: 2,9 meter

Vassdjup: ca 1,95 meter frå topp røyr



Bilete 21: Borearbeid i brønn 4. Foto: Rune Aa

3.4 Poretrykksmålarar

Ei veke etter at me sette ned diverane, reiste me opp i dalen for å lesa dei av og kontrollera at dei fungerte slik dei skulle. Me tok med oss docking-stasjonen og ein pc opp i felt, henta diverane opp og kopla dei til. Data frå denne perioden vert ikkje tekne med i våre resultat.

Då me skulle hente ut målingane i mai, tok me med oss diverane ned til skulen. Dette gjorde me for å vere sikre på at datamaskina ikkje skulle gå tom for straum medan me heldt på med avlesinga. Avlesinga av diverane skjer i programmet Logger Data Manager (LDM).

Framgangsmåte:

- Kople docking-stasjonen i com-porten (dersom ein berre har usb-portar, må ein av desse gjerast om til ein com-port) som vart brukt ved programmering av loggarane. Set diveren i docking-stasjonen. Programmet skal no kjenne att diveren frå då den vart programmert, og namn og loggarnummer kjem opp på skjermen.
- Klikk "Read settings from connected logger" og stopp loggaren ved å klikke "Stop" under "Read/program logger". Loggaren treng ikkje å stoppast, men det kan vere lurt å gjere det for å unngå forstyrringar i avlesingsprosessen.
- Klikk "Read settings and measurements from connected logger". Data frå loggaren vert no lest ut og lagra automatisk i programmet, medan data på loggaren vert sletta. Det er viktig å ikkje avbryte avlesingsprosessen, då dette vil slette alle data som allereie er lest ut frå loggaren.

Starte loggaren igjen:

- Klikk "Read settings from connected logger".
- Ein kan no endre innstillingane for t.d. målingsintervall (sample rate) dersom det er ynskjeleg.
- Klikk "Program settings to connected logger ". For å gjere dette må loggaren vere stoppa.
- Klikk "Future start" og vel tidspunkt. Det framtidige starttidspunktet vil dukke opp nede til venstre.
- Ta ut loggaren utan å stoppe den.

Kompensere for barometrisk trykk:

- Klikk "Barometric wizard" og vel den dataserien det skal kompenseres for. Her må det vere samsvar mellom serien sin Barolocation og barologgaren.
- Klikk "Compensate".

Ein kan no gå inn på "Measurements" og sjå på datasettet anten som tekstfil eller i ei grafisk framstilling.

Vår barologgar har ikkje fungert heile perioden. Frå 25.11.09 og til 06.01.10, har den teke målingar slik den skal. Etter dette er målingane særst upålitelege. Loggaren har registrert opp til 192°C i februar, og me valte difor å ikkje bruke målingar frå denne tidsperioden. Sidan våre data ikkje kunne kompenseres for det barometriske trykket, viste grafane i LDM berre ei relativ endring i vassnivået. Me lasta difor inn tekstfilene i Excel, og behandla dei manuelt derifrå.

For å eksportere filer frå LDM:

- Klikk "Measurements" og vel rett lokalitet til rett loggar.
- Klikk "Export selected series" på verktøylinja og vel kvar du vil lagre fila.

For å leggje tekstfilene inn i Excel:

- Opne eit nytt Excel-ark og gå inn på "Data" på verktøylinja.
- Vel "Frå tekst" under "Hent eksterne data".
- Finn mappa der datasetta er lagra og klikk "Alle filer"
- Vel fila som skal importerast.
- Det kjem no opp ein tekstimportvegvisar i tre trinn
 1. Vel "Windows (ANSI)" i menyen under Filopprinnelse. Klikk neste.
 2. Sørg for at både "Tabulator" og "Mellomrom" er haka av i boksen for skiljeteikn. "Behandle påfølgende skilletegn som ett" skal også vere haka av. Klikk neste.
 3. Kolonneformat skal vere "Standard". Gå så inn på Avansert og vel punktum som desimalskiljeteikn. Klikk fullfør.
- Tekstfila er no importert.

I tillegg til våre egne lufttrykksmålingar fekk me målingar frå Sogndal lufthamn Haukåsen. Desse målingane fekk me frå Meteorologisk Institutt ved Jan-Inge Hansen. Han meinte at det skulle vere mogleg å nytte desse målingane til å korrigere våre datasett då det ikkje er meir enn 23 m høgdeforskjell mellom Anestølen og Haukåsen.

Vår barologgar på Anestølen er plassert 475 moh, medan loggaren på Haukåsen ligg 498 moh. Me fann ut at det i snitt er 19,8 hPa i forskjell mellom dei to setta med lufttrykksmålingar, der våre data har dei høgaste verdiane. Det skal ikkje vere høgdeforskjellen som utgjør denne differansen då lufttrykket går ned med 1 hPa per 8 m stigning. Det må vere andre faktorar som gir ulikskapen i trykk, og ein av desse kan vera temperaturen.

Me korrigerer målingane frå Anestølen med snittdifferansen 19,8 hPa for å kunne kombinere dei to datasetta. Me nytta våre egne data fram til 06.01.10 og data frå Meteorologisk Institutt frå denne dato og fram til 11.05.10. Frå 26.02 til 28.02 har me ingen verdiar, då verken vår eller Meteorologisk Institutt sin loggar fungerte i denne perioden. Dette nye settet med lufttrykksmålingar vart så nytta til å kompensere data frå boreholsdiverane ved å trekkje det barometriske trykket frå det totale trykket som diverane hadde målt. Det me sat att med då, er høgda på vassøyla i røyret i cm. Deretter la me dei nye verdiane inn i ein graf saman med dei målte vassstemperaturane for kvar brønn.

Alle originale datasett og Excel-filer nytta for å framstille grafane er lagt ved i vedlegg 12 (CD).

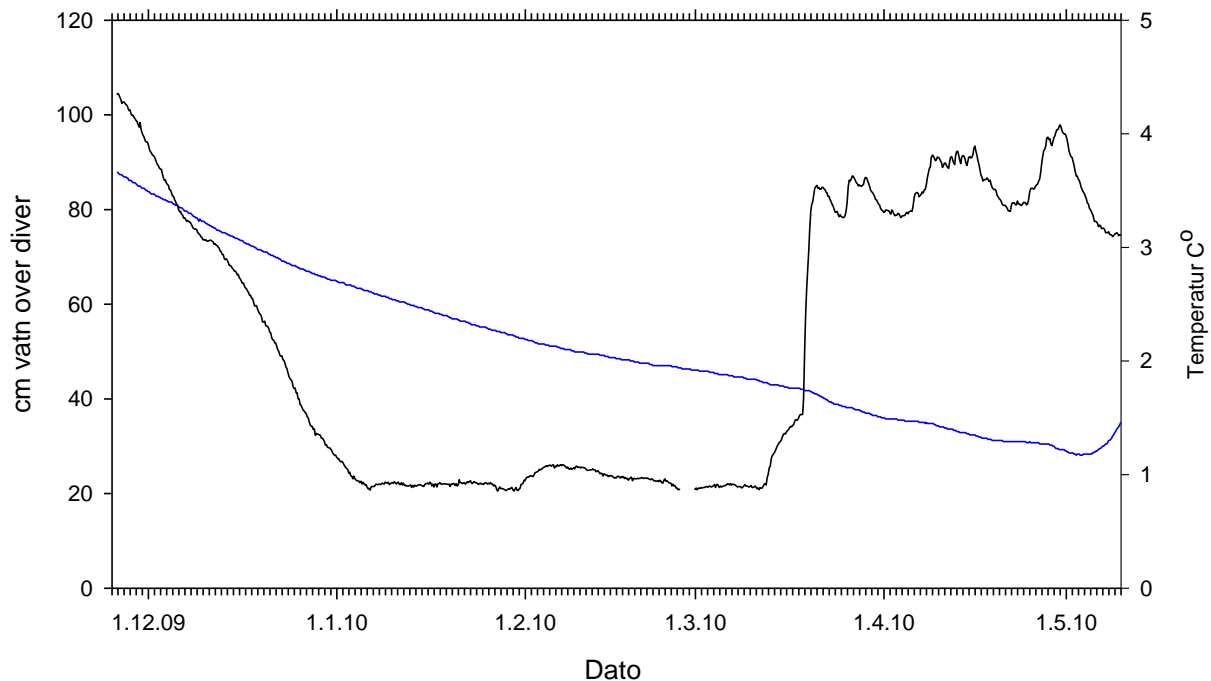
Brønn1: Divernr. B2566 (SWS)

Me ser ein relativ stabil nedgang i grunnvasstanden frå 25.11.09 til 04.01.10. Frå 04.01.10 held vasstanden seg nokså jamn, med verdiar rundt 20-30 cm. Frå 17.03.10 skjer det ei rask stiging i grunnvatnet med 45,2 cm på to døgn, og ut dei neste månadane har me fire store svingingar med toppar mellom datoane 18.03-21.03, 26.03-28.03, 06.04-17.04 og 26.04-01.05. Alle bølgetoppene og botnane har mindre svingingar i grunnvassnivået. I mai går vasstanden noko ned.

Temperaturen på grunnvatnet går gradvis nedover frå november til mai, frå 3,66°C til 1,17°C. Mot slutten av mai (frå 03.05-11.05) stig temperaturen igjen med 0,46°C.

(Sjå vedlegg 7 for større graf)

Brønn 1: Øvst i 2007-skredet. Divernr. B2566 (SWS)



Figur 5: Graf som syner grunnvasstanden i cm (svart) og vasstemperaturen i °C (blå) for brønn 1. Laga i SigmaPlot

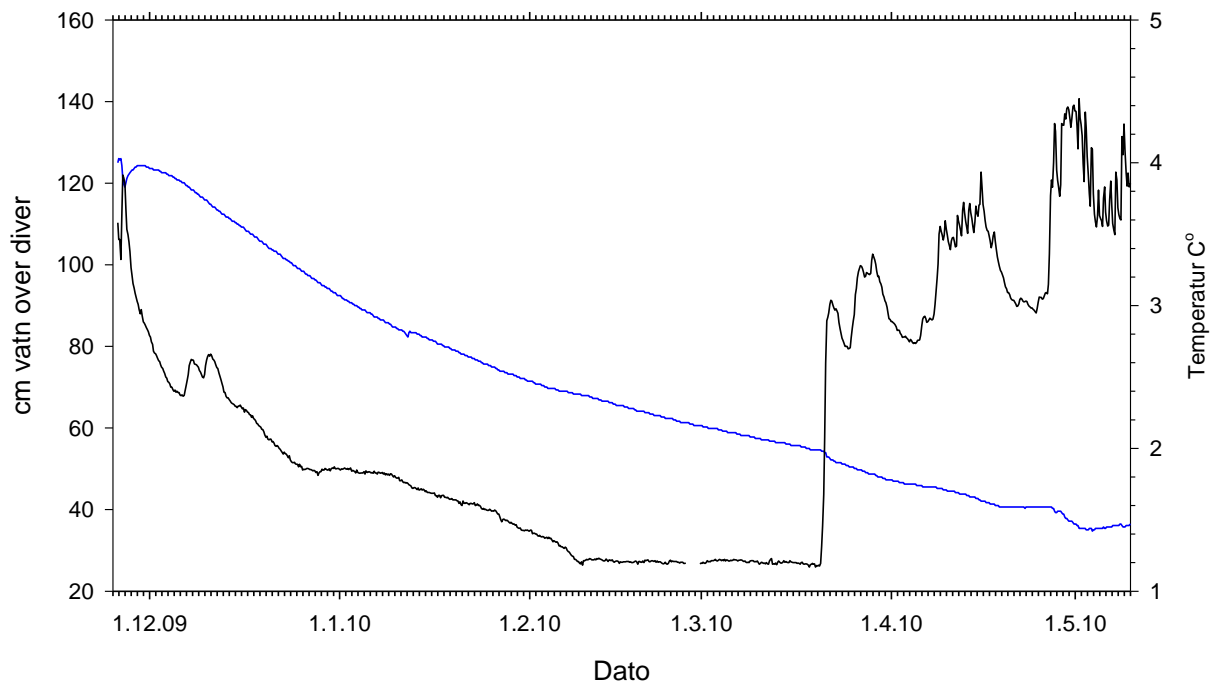
Brønn 2: Divernr. SWSB9573

Grunnvatnet har ein liten topp rundt 26.11.09, då vasstanden stig med 21,2 cm på 6 timar. Så går grunnvatnet gradvis ned mot 09.12.09 då det stig med 9 cm på eit døgn. Etter dette, går vasstanden ned mot 08.02.10 då det stabiliserar seg på 26-27 cm fram til 20.03.10. Denne datoen gjer grunnvasstanden eit raskt hopp på 64,5 cm på to døgn, og fortset å stige i fire store svingingar med toppar mellom datoane 20.03-23.03, 26.03-29.03, 06.04-17.04 og 26.04-07.05. Alle bølgiene har mindre fluktuasjonar i grunnvasstanden. Frå 09.05.10 går vasstanden ned.

Temperaturen går ned med $0,18^{\circ}\text{C}$ mellom 28.11. og 02.12 då den går oppatt og deretter held ein stabil nedgang fram mot 11.05.10. Nedgangen i vasstemperatur i frå 02.12 til 11.05 går frå $3,98^{\circ}\text{C}$ til $1,49^{\circ}\text{C}$, altså ein nedgang på $2,49^{\circ}\text{C}$.

(Sjå vedlegg 8 for større graf)

Brønn 2: Delta. Divernr. SWSB9573



Figur 6: Graf som syner grunnvasstanden i cm (svart) og vasstemperaturen i $^{\circ}\text{C}$ (blå) for brønn 2. Laga i SigmaPlot.

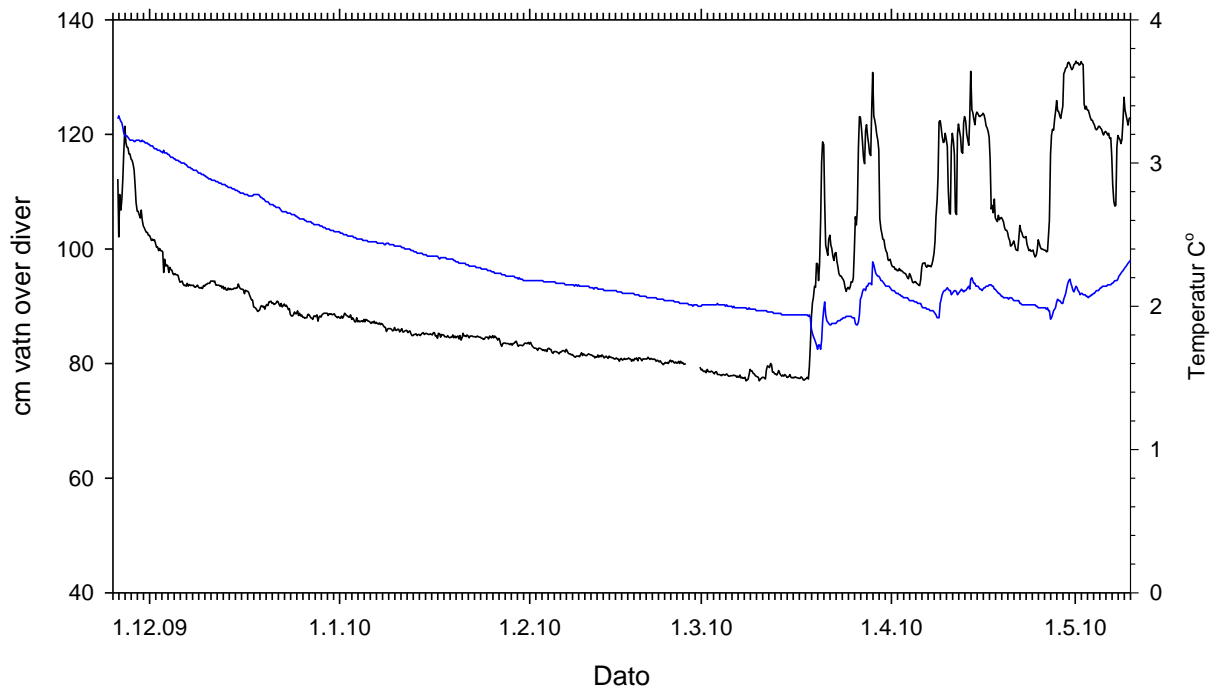
Brønn 3: Divernr. H2B9602

Grunnvatnet går opp 26.11.09 kl. 11 og stig med 12,7 cm på 9 timar. Vasstanden går så ned att til 30.11.09. Deretter går det gradvis nedover mot 18.03.10. Denne datoen byrjar vasstanden å stige raskt; 35,7 cm på to døgn. Grunnvatnet varierar i fire store toppar i løpet av vårmånadane; 18.03-21.03, 26.03-29.03, 08.04-15.04 og 25.04-03.05. Bølgjene har små og større modulasjonar. Grunnvasstanden går nedover mot slutten av måleperioden.

Vasstemperaturen har ein nedgang på 1,41°C frå nedsetjing av diverane og fram til 18.03.10. Etter denne datoen byrjar temperaturen å svinge saman med grunnvasstanden der vasstanden stig fyrst og temperaturauken nokre timar seinare. Temperaturauken i desse svingingane ligg mellom 0,21°C og 0,37°C.

(Sjå vedlegg 9 for større graf)

Brønn 3: Mellomskredet. Divernr: H2B9602



Figur 7: Graf som syner grunnvasstanden i cm (svart) og vasstemperaturen i °C (blå) for brønn 3. Laga i SigmaPlot.

Likskapar og ulikskapar

For å gjere tolkinga lettare og for å få fram dei viktigaste endringane i grunnvasstanden, har me valt å dela måleperioden inn i sju undergrupper.

25.11.09 til 01.01.10 - Nedgang

Brønn 2 og 3 har ei rask stiging i grunnvasstanden 26.11.09, då vasstanden stig med om lag 13 til 21 cm på få timar. Vasstanden i brønn 2 har også ei stiging 09.12.09, då vasstanden stig med 9 cm på eit døgn. Felles for alle tre brønnane, er ein meir eller mindre jamn nedgang i grunnvasstanden frå desember til januar.

02.01.10 til 15.03.10 - Stabilitet

Brønn 1 held eit nokså stabilt grunnvassnivå på om lag 20-30 cm gjennom heile denne perioden. Vassnivået i brønn 2 held fram med nedgangen fram til 08.02 og stabiliserar seg så på rundt 30 cm fram til medio mars. I brønn 3 stabiliserar ikkje grunnvassnivået seg på same måte som i dei andre brønnane, men har ein nedgang på 5,1 cm gjennom denne perioden.

16.03.10 til 23.03.10 - Raske hopp og den fyrste toppen

Vasstanden i alle tre brønnane gjer store og raske hopp rundt 20.03.10. Grunnvatnet i brønn 1 stig med 45,2 cm den 17.03, i brønn 2 stig det med 64,5 cm den 20.03 og i brønn 3 med 35,7 cm den 18.03. Alle desse stigingane i grunnvasstanden skjer på to døgn i alle tre brønnane. Mot slutten av denne perioden går grunnvatnet i alle brønnane ned att med om lag 5 cm i brønn 1, 10 cm i brønn 2 og 30 cm i brønn 3.

24.03.10 til 31.03.10 - Den andre toppen

26.03 stig grunnvasstanden i alle brønnane; brønn 1 med 1,8 cm på tre døgn, før den så går ned att, brønn 2 med 9,9 cm på tre døgn og brønn 3 med 25,2 cm på tre døgn. Vassnivået i alle brønnane går deretter nedover mot slutten av denne perioden.

01.04.10 til 18.04.10 - Den tredje toppen

06.04 stig grunnvassnivået gradvis i brønn 1 og 2; i brønn 1 stig det med 10,1 cm på 9 døgn og i brønn 2 med 36 cm på 9 døgn. I brønn 3 byrjar vasstanden å stige 08.04 og stig då med 29,7 cm på 6 døgn. Grunnvasstanden i alle tre brønnane går ned i slutten av denne perioden.

19.04.10 til 08.05.10 – Den fjerde toppen

Vassnivået i brønn 1 byrjar å stige 26.04 og stig då gradvis med 12,7 cm på 4 døgn. Mot slutten av denne perioden går grunnvassnivået i brønn 1 nedover igjen. I brønn 2 byrjar også stiginga 26.03, men aukar noko meir med 45,6 cm på 4 døgn. 01.05 når grunnvassnivået den høgaste registrerte verdien for denne brønnen; 140,7 cm. Vassnivået i brønn 3 byrjar å stige 25.04 og stig med 30 cm på 4 døgn. Også i denne brønnen vert den høgaste verdien registrert 01.05; 132,7 cm. Både brønn 2 og 3 held nokså høge verdiar ut denne perioden.

09.05.10 til 11.05.10 - Nedgang

Frå 09.05 går vasstanden i alle tre brønnane ned. I brønn 1 går vasstanden ned mot 70 cm, medan brønn 2 går ned mot 110 cm og brønn 3 ned mot 120 cm.

Nedbør i perioden 25.11.09 – 11.05.10

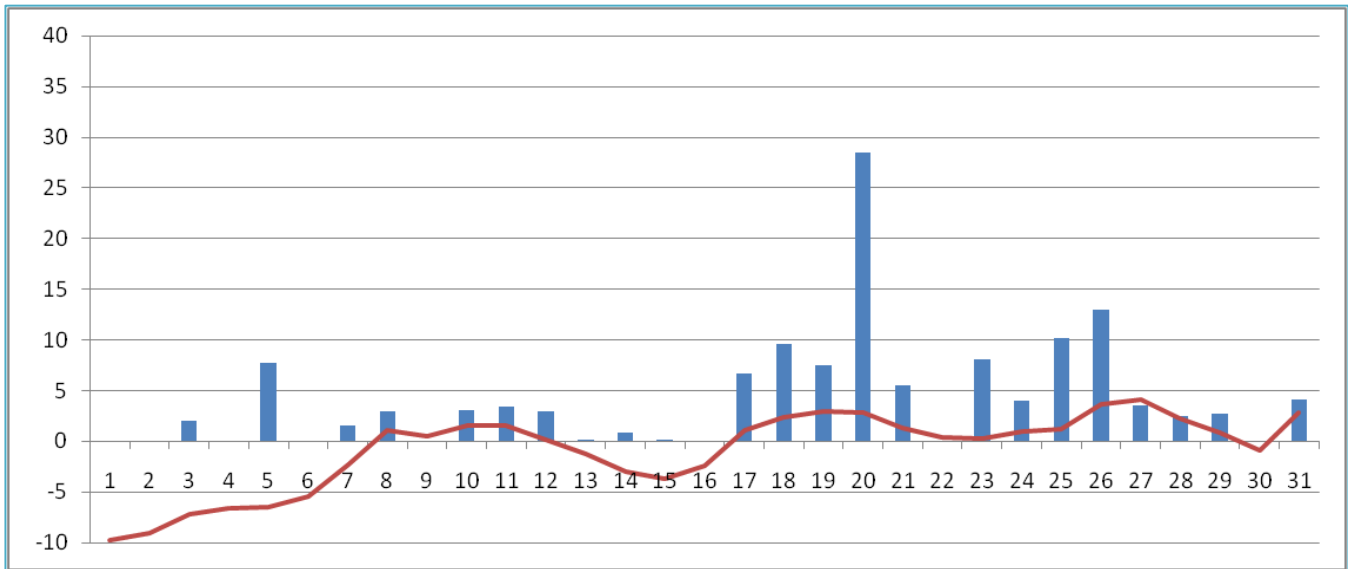
Månad	Nedbør (mm)	Normalnedbør (mm)	Avvik (mm)	%
November	181,8	178	3,8	102,1
Desember	39,3	178	-138,7	22,1
Januar	28,2	154	-125,8	18,3
Februar	16,7	104	-87,3	16,1
Mars	130,6	118	12,6	110,7
April	107,8	57	50,8	189,1
Mai	3,1*	63	-	-

* Nedbør fram til 11.05.10

Kjelde: <http://eklima.met.no/>

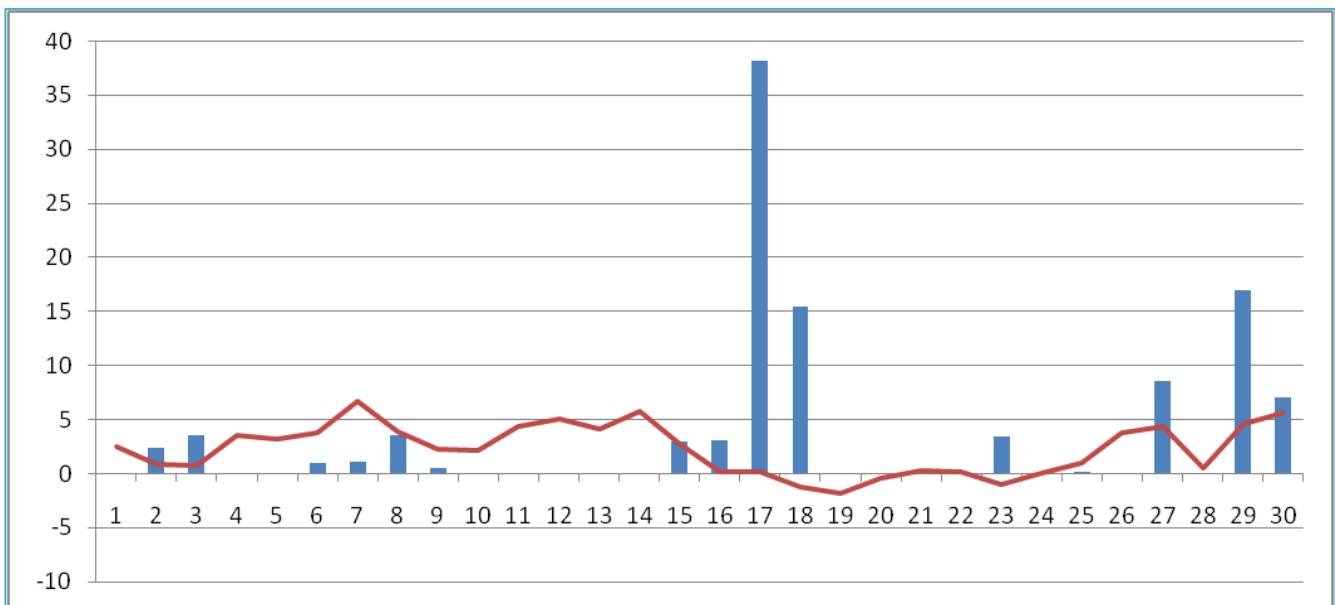
Generelt om vêret: Det var mykje nedbør i dagane før og etter me sette diverane ned (25.11.09). Ei veke seinare var det blitt kaldt og lite nedbør. Det har vore ein særskild kald og tørr vinter med nokså stabilt snødekkje. Dette kan ein sjå av nedbørsavviket i vintermånadane. I mars og april har det vore meir nedbør enn normalt, medan det var lite nedbør fram til me henta diverane 11.05.10.

Mars



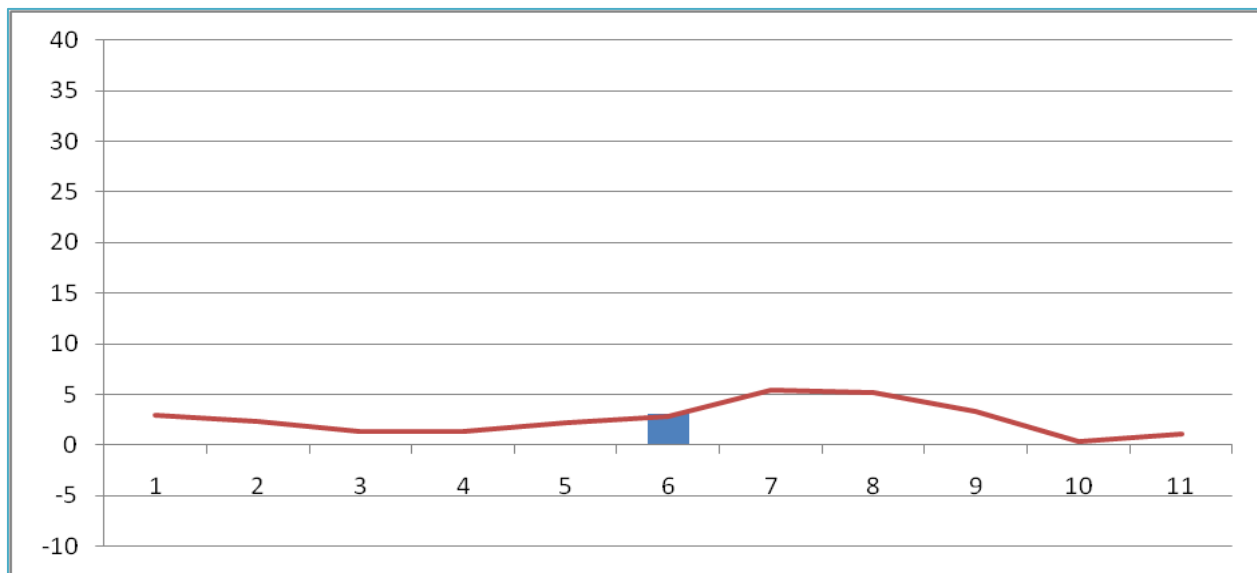
Figur 8: Nedbør og temperatur i mars. Dei blå stolpane syner nedbøren målt på Selseng, medan den raude kurva syner temperaturen målt på Sogndal lufthamn Haukåsen. Kjelde: <http://eklima.met.no/>

April



Figur 9: Nedbør og temperatur i april. Dei blå stolpane syner nedbøren målt på Selseng, medan den raude kurva syner temperaturen målt på Sogndal lufthamn Haukåsen. Kjelde: <http://eklima.met.no/>

Mai



Figur 10: Nedbør og temperatur ram til me henta opp diverane 11. mai. Dei blå stolpane syner nedbøren målt på Selseng, medan den raude kurva syner temperaturen målt på Sogndal lufthamn Haukåsen. Kjelde: <http://eklima.met.no/>

Tolking

Grunnvasstand og nedbør

På nettsida til Meteorologisk Institutt (eklima.met.no) kan ein laste ned nedbørsverdiar for ulike månadar. Her kan ein også sjå i kva form nedbøren har kome, som regn, snø eller sludd. Dette har me nytta oss av i samband med tolkinga av grunnvasstanden i dei ulike brønnane.

25.11.09 til 01.01.10 - Nedgang

Som me kan sjå av grafane, går grunnvasstanden i brønn 2 og 3 opp med 13-21 cm 26.11.09. 25. og 26. november kom det 53 mm nedbør til saman på Selseng. Denne auken i grunnvatn er ikkje registrert i brønn 1. Elles har alle tre brønnane ein jamn nedgang i grunnvasstanden frå desember til januar. Noko som stemmer godt overens med nedbøren kom i form av snø.

02.01.10 til 15.03.10 - Stabilitet

Alle grafane går ned frå desember til januar, og grunnvatnet i brønn 1 og 2 stabiliserar seg på rundt 20-30 cm gjennom desse månadane. Vasstanden i brønn 3 held ein jamn nedgang i denne perioden. Grunnen til denne nedgangen kan vera dei låge nedbørsverdiane frå desember til februar.

16.03.10 til 23.03.10 - Raske hopp og den fyrste toppen

Rundt 18.03.10 stig grunnvasstanden i alle tre brønnane raskt. Frå 17. til 21. denne månaden kom det relativt mykje nedbør; 57,8 mm totalt og 28,5 mm den 19. åleine. Denne nedbøren kom i form av regn og er nok grunnen til den hurtige auken i vassnivået i denne perioden.

24.03.10 til 31.03.10 - Den andre toppen

Rundt 25.03.10 stig grunnvasstanden i alle brønnane med om lag 10 cm. Dagen før (24.03) kom det 10,3 mm og 25.03 kom det 13 mm nedbør i form av regn.

01.04.10 til 18.04.10 - Den tredje toppen

07.04.10 stig grunnvasstanden i brønnane igjen. Denne gongen med 10-20 cm. I denne perioden kom det ikkje særleg mykje nedbør; 3,6 mm den 7. og 0,5 mm den 8. Denne stigninga i vasstanden kan og ha kome av høgare temperaturar og snøsmelting. I tillegg kan det ha kome meir nedbør på Anestølen enn på Selseng.

16.04.10 kom det 38,2 mm nedbør, og dagen etter 15,4 mm. Dette kan sjåast i grafane som små modulasjonstoppar innanfor dei store toppane. Sjølv om det kom mykje nedbør desse dagane, går grunnvasstanden raskt ned att allereie 18.04.10. Grunnen til dette er at nedbøren kom i form av snø og sludd.

19.04.10 til 08.05.10 – Den fjerde toppen

Den siste toppen kjem rundt 25.04.10. I denne perioden var det lite nedbør; det kom 3,4 mm 22.04 og 8,5 mm 26.04. Denne toppen kan skuldast høgare temperaturar ($\sim 4^{\circ}\text{C}$) eller meir nedbør på Anestølen enn det som er registrert på Selseng.

09.05.10 til 11.05.10 – Nedgang

Mot slutten av april og gjennom mai, går grunnvasstanden i brønn 1 ned. Brønn 2 og 3 held eit høgare vassnivå utover i mai før verdiane går ned heilt mot slutten av måleperioden. Brønn 2 og 3 kan ha registrert snøsmelting då det var fint vêr og $5-6^{\circ}\text{C}$.

Vasstemperatur

Temperaturkurvene for brønn 1 og 2 viser ein gradvis nedgang i vasstemperaturane frå nedsetjing av diverane og fram til byrjinga av mai, då dei stig att.

Temperaturkurva for brønn 3 har den same trenden som dei to andre fram til 20.03. Då byrjar kurva å variere i takt med grunnvasstanden, berre med ein liten lag der vasstanden stig fyrst og temperaturen stig nokre timar seinare. Dette kan kome av at nytt, kaldare vatn sig ned i grunnen og vasstanden stig, etter nokre timar har vatnet vorte varmare og temperaturen stig. Kvifor dette berre skjer i brønn 3 kan ha noko med massane å gjere. Massane i brønn 3 er meir opne enn i dei andre brønnane.

Konklusjon

Som me har sett, fyl grunnvasstanden i stor grad nedbørsmengda. Vassnivået har gått ned frå ein våt haust og heldt seg lågt gjennom den turre og kalde vinteren. I vårmånadane har me hatt mykje nedbør, og grunnvasstanden har variert i takt med nedbøren, med ein lag på ca eit til to døgn. I dagane etter høge nedbørsverdiar, har grunnvasstanden heldt seg høg i 8 til 10 dagar før den har gått ned att. Enkelte periodar med mindre nedbør, har gitt store utslag i vasstanden (t.d. 08.04.10). Dette kan tyde på at temperaturen òg har innverknad på grunnvasstanden gjennom snøsmelting.

3.5 Labarbeid

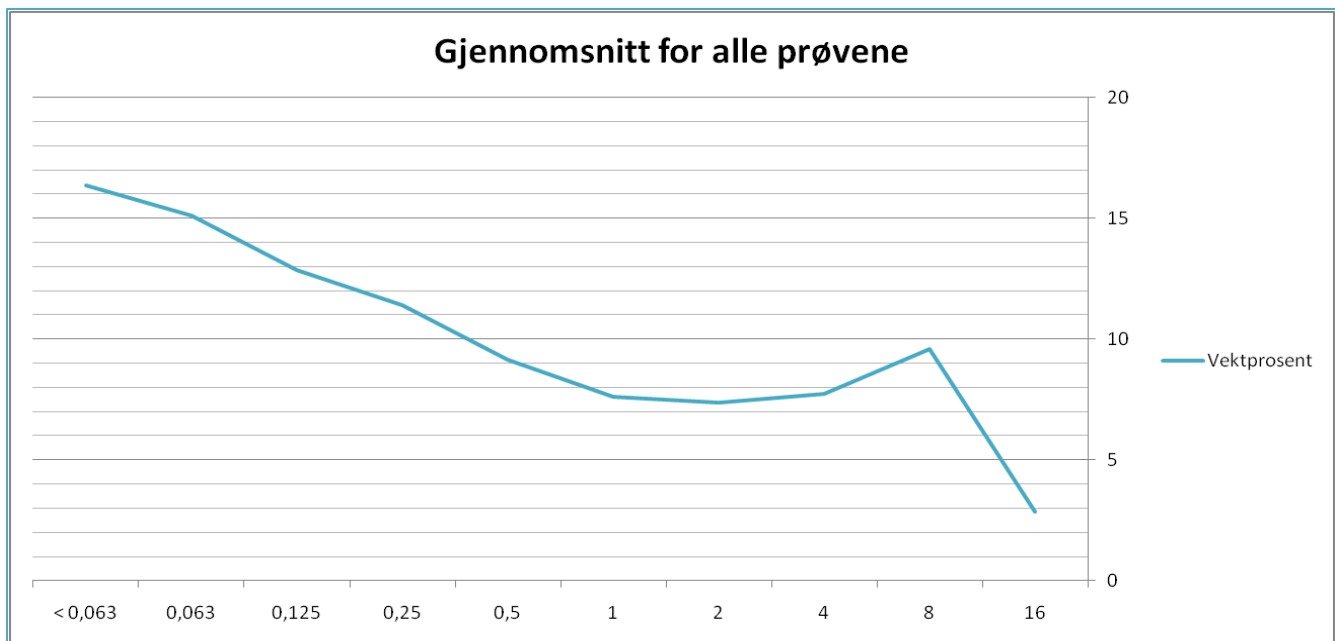
Prøvene er tekne på ulike stadar i skredløpet og er nummererte frå 1 til 9, der 1 er nedst og 9 er øvst i skredet.

2004-skredet

Felles for alle prøvene, er at dei inneheld mykje finstoff, og spesielt silt og leire. Generelt ligg den største delen av prøva i fraksjonar som er mindre enn 0,25 mm. Vektprosenten går nedover ettersom kornstorleiken aukar, og i alle prøvene er det 16 mm-siktet som har lågast vektprosent. Dei fleste prøvene har også ein liten topp på 8 mm, som er fingrus.

Det er dei to fyrste prøvene som skil seg ut blant dei andre. Prøve 04.01 og 04.02 er tekne heilt nede ved vatnet og inneheld ekstra mykje finstoff og svært lite av dei større fraksjonane. Grunnen til dette kan vera at sjølve skredmassane har stoppa lengre oppe, og at det berre er vatn og dei finaste fraksjonane som har gått heilt ut i Anestølsvatnet. Elles er dei fleste prøvene nokså like, og me ser inga framtrèdande utvikling frå nedst til øvst i skredet. Me kan seia at prøvene er usorterte og at matriksen er lik i heile skredet.

Kornfordelingskurvene er lagt ved i vedlegg 10.



Figur 11: Kurve basert på alle masseprøvene frå 2004-skredet. Syner gjennomsnittleg vektprosent for dei ulike kornfraksjonane.

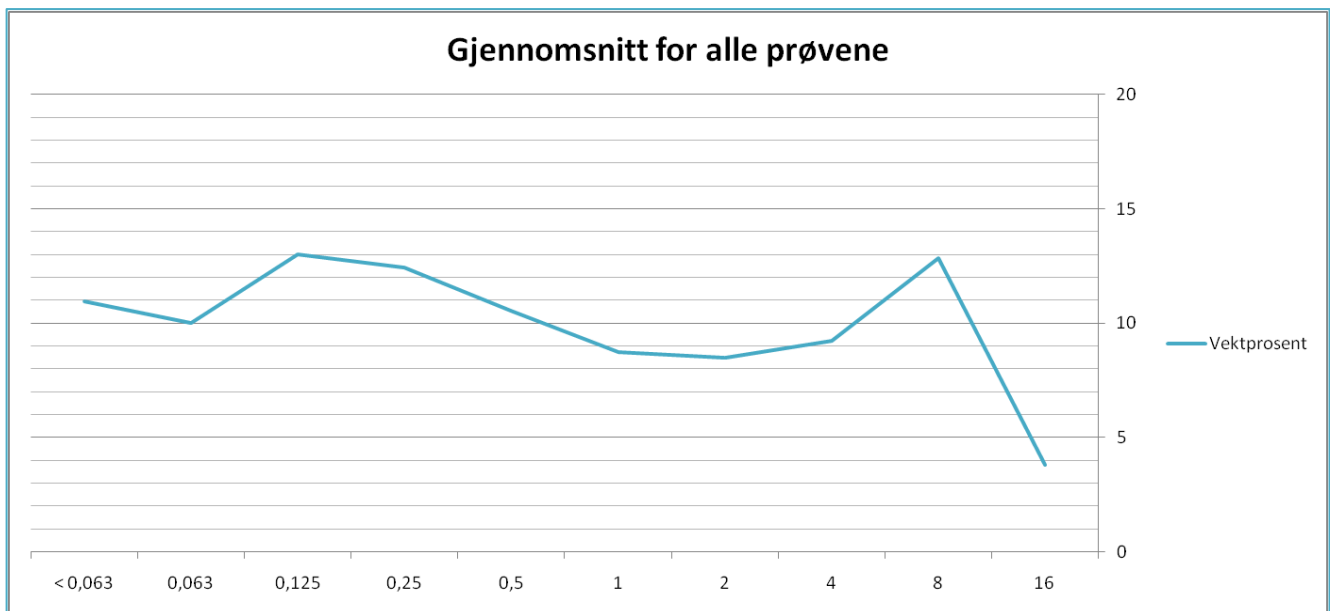
2007-skredet

Generelt er det mykje finsand i prøvene frå dette skredet. Prøvene har nokså sprikande verdiar for dei finaste kornstorleikane (<0,063 mm og 0,063 mm), men dei fleste verdiane stig opp mot finsandfraksjonen. Deretter går verdiane ned mot grovsand og stig til ein liten topp på 8 mm (fingrus). 16 mm-siktet har den lågaste vektprosenten i alle prøvene.

Prøvene frå dette skredet er nokså ulike, men følgjer likevel den same trenden mot dei større kornstorleikane. To prøver skil seg meir ut enn dei andre; 07.01 og 07.02. Begge desse prøvene er tekne nedom stølsvegen, og me har i ettertid fått vite at det har skjedd store oppryddingar her. Massar har vorte flytta på og området har vorte planert.

Det er vanskeleg å sjå noko utvikling frå nedst i skredet til øvst i skredet; det er generelt usorterte massar og nokså lik matriks i heile skredløpet.

Kornfordelingskurvene er lagt ved i vedlegg 11.



Figur 12: Kurve basert på alle masseprøvene frå 2007-skredet. Syner gjennomsnittleg vektprosent for dei ulike kornfraksjonane.

Tolking

Masseprøvene frå begge skreda syner altså ingen endringar i matriks frå nedst til øvst i skredet. Dei prøvene me har som skil seg frå dei andre, har antakeleg vorte forstyrra på ein eller annan måte. Me kan konkludera med at matriksen er lik, men at det er fordelinga av større (>19 mm) materiale som varierar frå stad til stad i skredet.

4. Konklusjon og oppsummering

4.1 Feilkjelder

Feltarbeid

Sjølve feltarbeidet med kartlegging måtte gjerast to gongar. Fyrste gongen nytta me gamle kart, og hadde problem med å lokalisere skreda då karta ikkje synte den topografien som er der i dag. Då me reiste opp for å kartlegge den andre gongen, nytta me GPS og kompass, for å seinare legge desse punkta inn i GIS og dermed kartfesta skreda. I tillegg nytta me ortofoto for å vere sikre på at me hadde plassert skreda og skredomfanget på rett stad.

Instrumentering

Instrumenteringa gjekk veldig bra, men me skulle hatt fleire poretrykksmålarar. Det hadde vore interessant å måle grunnvasstanden i brønn 4 då den ligg nokre meter nedom brønn 3. Me kunne då ha samanlikna fluktuasjonane i grunnvatnet i dette området.

I byrjinga sette me ned eit røyr på deltaet, for å testa sjølve instrumenteringa. Dette røyret ligg i nærleiken av brønn 2, men er ikkje i bruk då me ikkje fekk røyret langt nok ned. Å ha ein poretrykksmålar her hadde også vore ideelt.

Då me hadde sett ned røyra, spylte me dei reine med trykkluft. Det kan vere ei feilkjelde at røyra ikkje vart spylte lenge nok slik at det framleis var sand i botnen på det nedste røyret. I tillegg brukte me ein slange som var litt for tjukk slik at me ikkje fekk den heilt ned i til botnen i røyret. Dette kan ha gjort at poretrykksmålararen har stått høgare i røyret enn nødvendig.

Poretrykksmålarar

Då me programmerte dataloggarane, nytta me ein manual for LDM og fylgde instruksjonane der. Det kan hende at me har programmert barologgaren feil og ikkje kalibrert den.

Ein grunn til at barologgaren slutta å fungere, kan vere at den har blitt våt og frose til. Plasseringa av loggaren skulle difor vore meir gjennomtenkt.

Sidan våre bromålingar ikkje kunne nyttast, fekk me målingar frå Sogndal lufthamn Haukåsen via Meteorologisk Institutt. Det viste seg å vera ein ulikskap på 19,8 hPa på desse to måleseriane. Me trur ikkje det er høgdeforskjellen som utgjer denne differansen då lufttrykket går ned med 1 hPa per 8 m stigning. Me har snakka med Meteorologisk Institutt for å finna ut kva denne ulikskapen kan kome av, men heller

ikkje dei har noko forklaring på det. Me trur likevel at feilen kan ligge i kalibreringa av barologgaren vår.

Lokale variasjonar i nedbør kan vere store. Som Ottar Husum fortalde oss, kjem det ofte meir nedbør over Anestølen enn det som er registrert på Selseng.

Nedbørsdiagramma som me har nytta i denne oppgåva, kan difor vise verdiar som ikkje stemmer for Anestølen.

Lufttemperaturen som me har nytta i grafane saman med nedbørsmålingane, er henta frå Sogndal lufthamn Haukåsen. Dette gjorde me fordi temperatur ikkje vert målt i vêrstasjonen på Selseng. Desse kurvene kan difor avvike frå dei reelle temperaturane som har vore på Anestølen.

Slissene i røyra våre byrjar 10 cm over spissen. Dette gjer at det kan ha stått om lag 10 cm med vatn att i røyret då det i teorien skulle ha vore turt. Dette kan ha ført til at poretrykksmålarane har registrert høgare grunnvasstand enn det i realiteten har vore i turre periodar.

Labarbeid

Ei feilkjelde i denne kategorien, kan vera at lokalitetane for masseprøvetaking ikkje er representative for skredet. Me skulle i tillegg ha teke prøver lenger oppe i skreda enn det me gjorde.

Prøvene inneheldt generelt mykje finstoff, og me mista mykje av dette under siktinga og måtte sikte mange av prøvene oppatt. Her skulle me kanskje heller valt å våtsikte prøvene.

I tillegg kan mykje av finstoffet ha vore organisk materiale, og me skulle nytta glødetap for å finna ut av dette.

Me prøvde ut ulike dataprogram for kornfordelingskurver, men fekk ikkje nokon av dei til å fungere. Prosessen med å framstille grafane og klassifisere prøvene, kunne ha vore lettare dersom me hadde nytta eit slikt program.

4.2 Konklusjon

I denne oppgåva la me stor vekt på dei ulike metodane innanfor feltarbeid. Me kartla to skred (2004- og 2007-skredet) der me brukte mykje tid på å forstå skredhendingane og dei ulike prosessane knytt til desse skreda. Seinare vart alt som vart kartlagd i felt digitalisert ved hjelp av GIS og me fekk ut 5 kart som har vore nyttige i vidare arbeid med oppgåva.

I kvart av dei utvalde skreda, tok me masseprøvar frå nedst til øvst. Desse prøvene vart tørka, sikta og vurdert i lab før me laga ei grafisk framstilling og tolka dei. Me tok desse prøvene for å sjå nærmare på kornfordelinga i dei skredutsette dalsidene og for å sjå om materialet endra seg frå nedst til øvst i skredet. Her kom me fram til at matriksen er lik i heile skredløpet, noko som faktisk var overraskande, då me hadde venta å finne endringar. Det er viktig å hugse på at det er nokre år sidan desse skreda gjekk, og dei originale skredmassane kan ha vorte påverka av pågåande erosjonsprosessar.

I tillegg har me planlagt og gjennomført instrumentering av fire peilebrønner der me har sett ned poretrykksmålarar i tre av dei. Me nytta også ein barologgar. Seinare har me arbeidd med data frå desse loggarane, jobba med å framstille dei grafisk på ein god måte og med å tolka dei. Me har òg sett på nedbørs- og temperaturdata og kopla endringane i grunnvasstanden opp mot desse. Me har sett at nedbøren (i form av regn) gir tydelege og til tider overraskande store utslag på grunnvasstanden og at temperaturen (ved snøsmelting) også gir endringar i vassnivået.

Det har ikkje gått noko skred i dei instrumenterte dalsidene medan me har jobba med denne oppgåva. Det hadde me heller ikkje rekna med, men me har likevel synt at nedbørsmengda har ein innverknad på grunnvassnivået. Og som me synte i 2.4 *Poretrykksmålarar*, er det grunnvassnivået som styrer poretrykket; di høgare grunnvasstand, di høgare poretrykk. Dersom poretrykket stig, vert effektivspenninga mindre og dermed vert skjerfastheita, altså motstanden jordarten har mot å gå i brot, lågare.

Ved vidareføring av dette prosjektet og framhald med liknande nedbørs- og poretrykksmålingar, kan ein kanskje kome fram til terskelverdiar for når ei bestemt skråning vert utsett for brot. Kan ein finne slike verdiar, kan dette vere nyttig i samband med ulike varslingsystem.

4.3 Råd til vidare arbeid

Me håpar på ei vidareføring av dette prosjektet, og har lyst å gi litt råd i samband med vidare arbeid.

- Kartlegginga av området er svært viktig. Som me har lært av dette arbeidet, er det ikkje alltid like lett å orientere seg ved hjelp av gamle kart. Me anbefalar difor flittig bruk av GPS, ortofoto og GIS for å få gjort denne delen så grundig og tidleg i perioden som mogleg.
- Når det gjeld instrumentering av brønningar, kan det vera lurt å ha fleire brønningar eller setje brønnane meir i nærleiken av kvarandre enn det me gjorde. Då kan ein studere fluktuasjonen i grunnvatnet over den skredutsette skråninga og samanlikne grunnvasstanden i dei ulike brønnane. Dette vil gi ei betre forståing av korleis grunnvasspegelen varierar. I samband med instrumenteringa, er det også viktig å spyle brønnane skikkeleg.
- Røyra bør lagast slik at slissene byrjar så langt nede på røyret som mogleg for å unngå at vatn vert ståande att i turre periodar. I tillegg bør røyra slipast på innsida for å unngå skade på diverane og for å gjere det lettare å henta dei opp og setja dei ned att.
- For montering av barologgaren, kan det vere lurt å hengje den i ei kasse eller liknande for å unngå at den vert våt og frys til. Dersom barologgaren fungerer skikkeleg, har ein temperaturmålingar ein kan nytte i tillegg til lufttrykksmålingane.
- I tillegg kan det vera nyttig å setje opp sin eigen nedbørsmålar i det området ein arbeider i. Då får ein reelle verdiar for dei lokale nedbørsvariasjonane.
- Ved programmering av poretrykksmålarane, er det viktig å setje seg inn i korleis desse fungerer og korleis dei skal programmerast for å gi best mogleg resultat. Det er også lurt å lære seg dei ulike funksjonane i programmet som skal nyttast til programmering og avlesing.

Litteratur- og kjeldeliste

Anundsen, K. (1974) *Geologien i Sogndal kommune*. Sogndal Sogelags Årbok XI

Blikra, L.H., Hole, P.A. , Rye, N. (1989) *Hurtige massebevegelser og avsetningstyper i alpine områder, Indre Nordfjord*. NGU Skrifter 92

Carstens, H. *Nasjonalbergart – gneis* [online] Tilgjengeleg frå:
<http://www.geoportalen.no/nasjonalbergart/gneis> [Lasta ned 18.03.2010]

Eik, S., Kvalsvik, S. (1997) *Skred i Anestølsdalen*. Kandidatoppgåve ved AIN, HSF Sogndal

Gundersen, N. *Poretrykk- geologi* [online] Tilgjengeleg frå: <http://www.snl.no/poretrykk/geologi>
[Lasta ned 14.03.2010]

Meteorologisk Institutt [online] Tilgjengeleg frå: <http://eklima.met.no/> [Lasta ned frå 02.04.2010 til 26.05.2010]

NGU Kart og data [online] Tilgjengeleg frå: <http://www.ngu.no/kart/bg250/> [Lasta ned 17.03.2010]

NGU Kart og Data [online] Tilgjengeleg frå: <http://www.ngu.no/kart/losmasse/> [Lasta ned 19.03.2010]

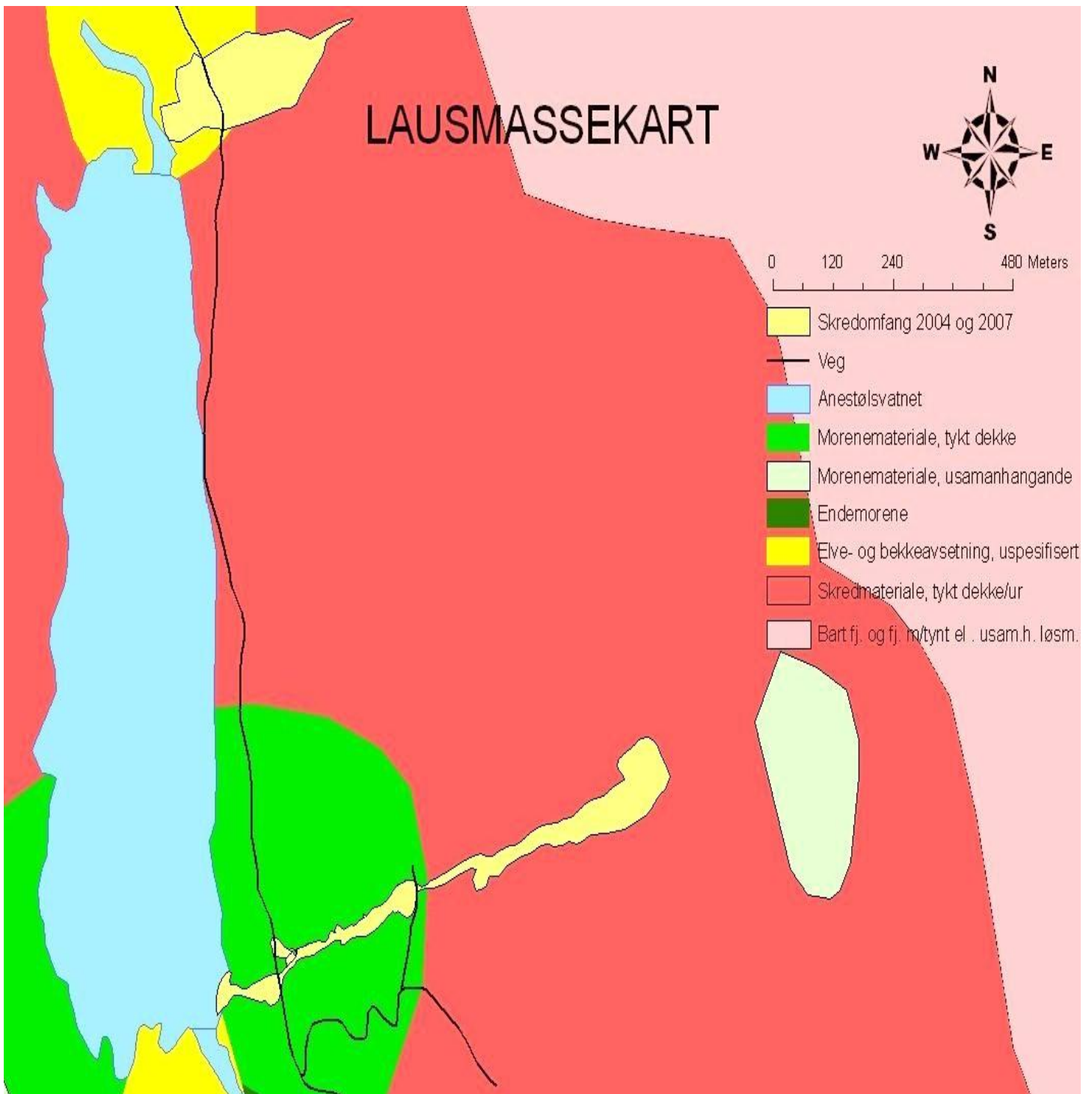
Raade, G. *Granitt* [online] Tilgjengeleg frå: <http://www.snl.no/granitt> [Lasta ned 18.03.2010]

Schlumberger Water Services *Diver Product Manual* [online] Tilgjengeleg frå:
http://www.swstechnology.com/pdfs/Quick_Reference_Guides/Diver_Product_Manual_2010_EN.pdf [Lasta ned 02.09.2009]

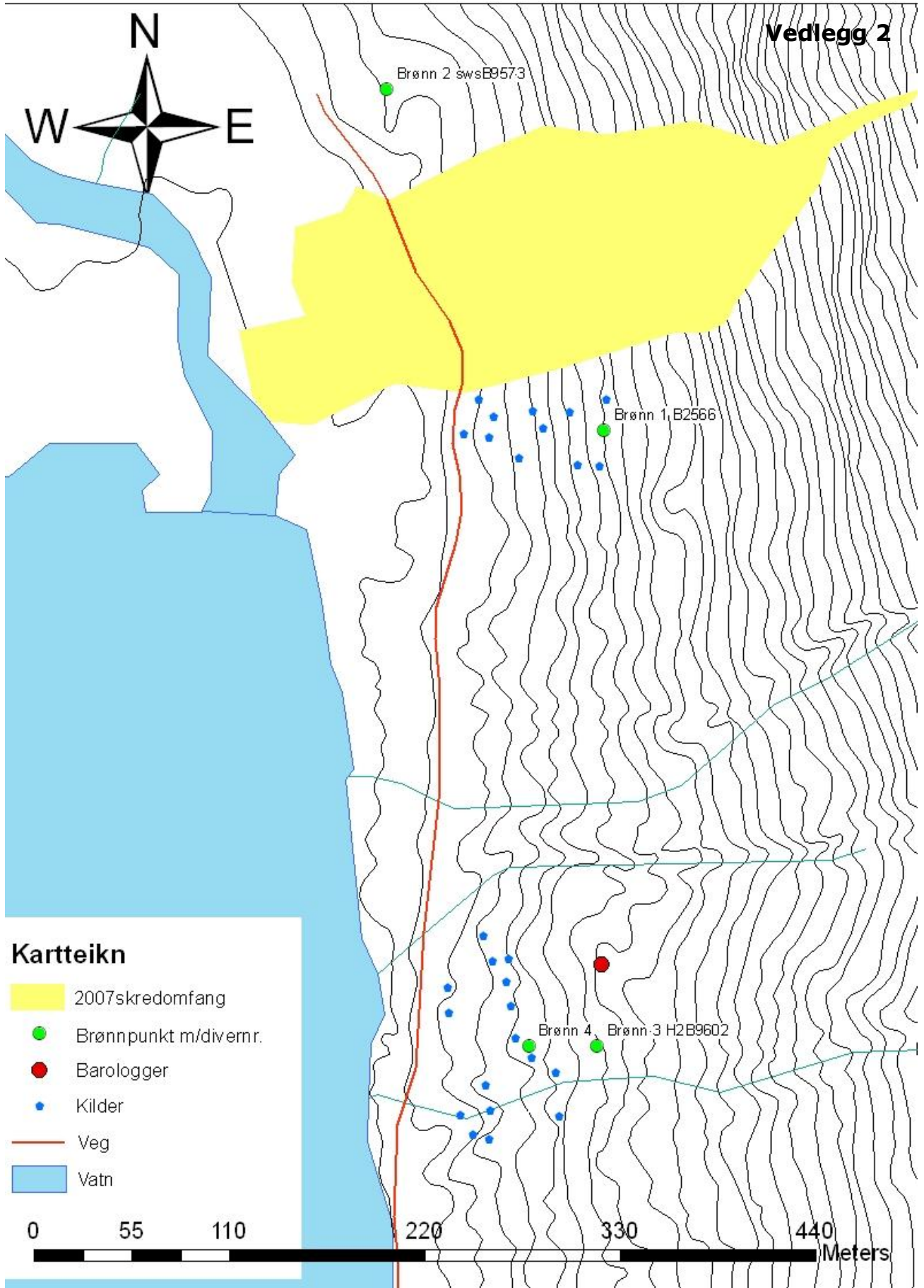
Aa, A.R. (2007) *Geologi grunnkurs – kurshefte*. Undervisningskompendium AIN, HSF Sogndal

Aarhaug, O.R, (1992) *Geoteknikk*. (1. utgåve) Bekkestua: NKI Forlaget

Vedlegg 1



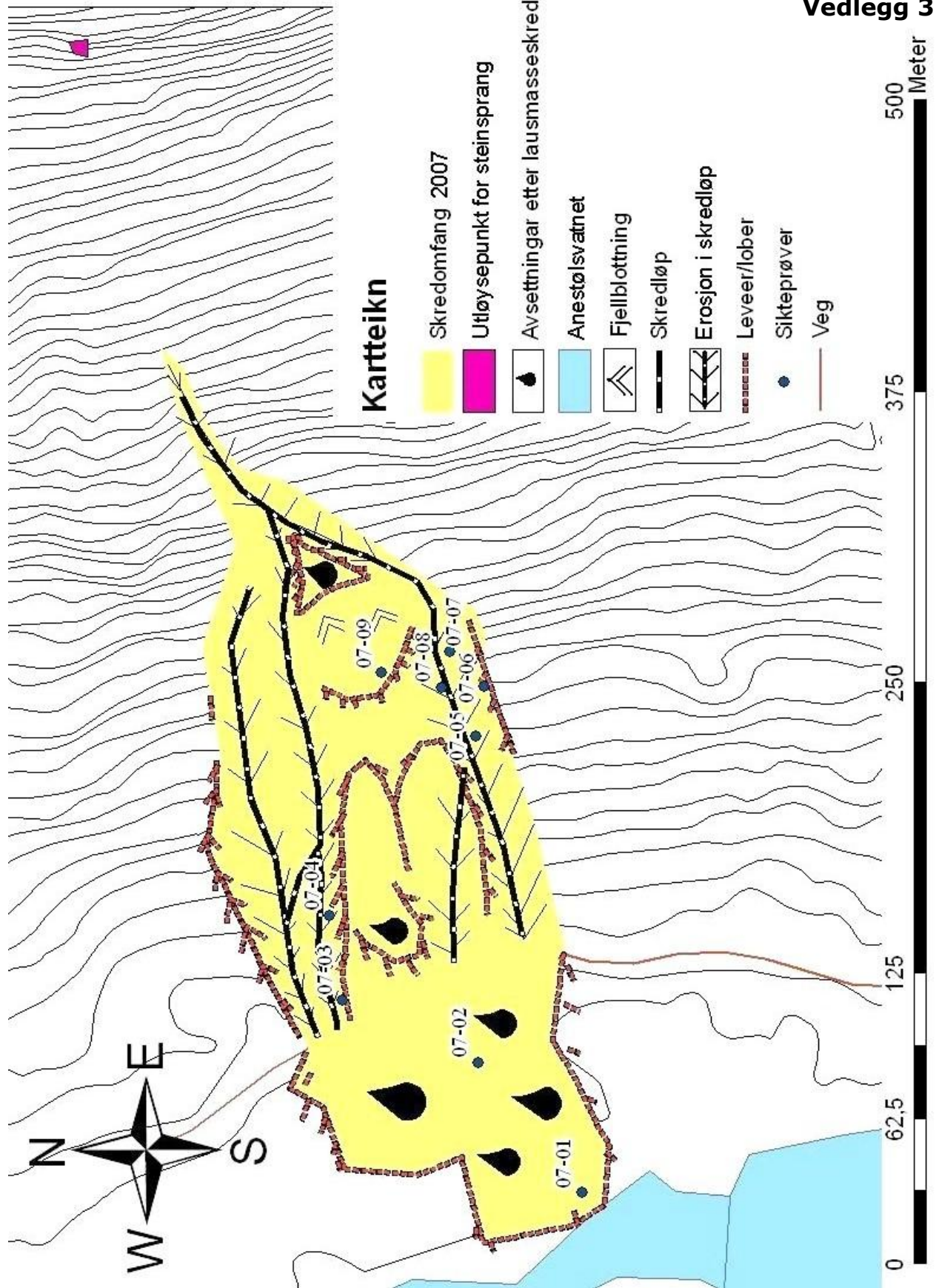
Vedlegg 2



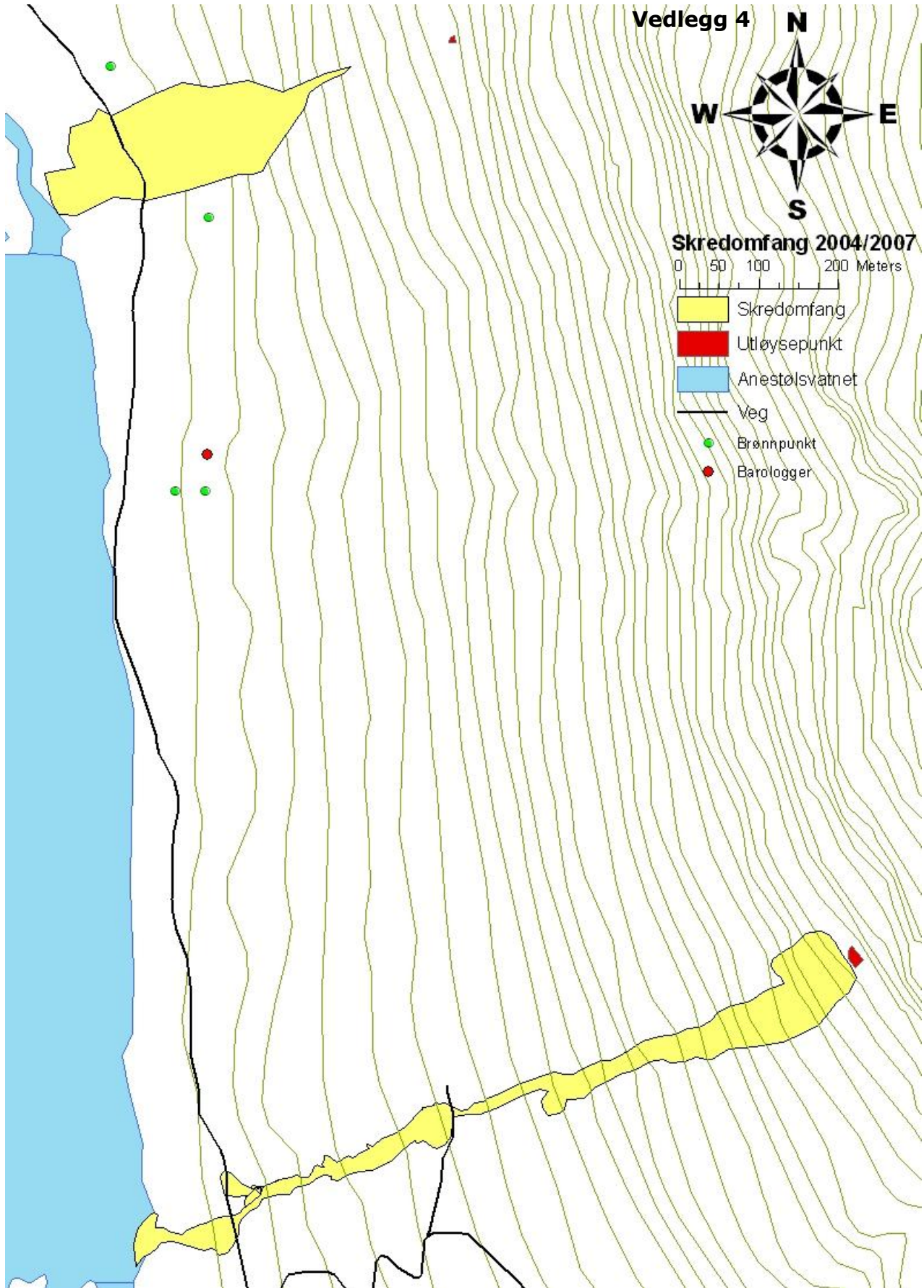
Karteikn

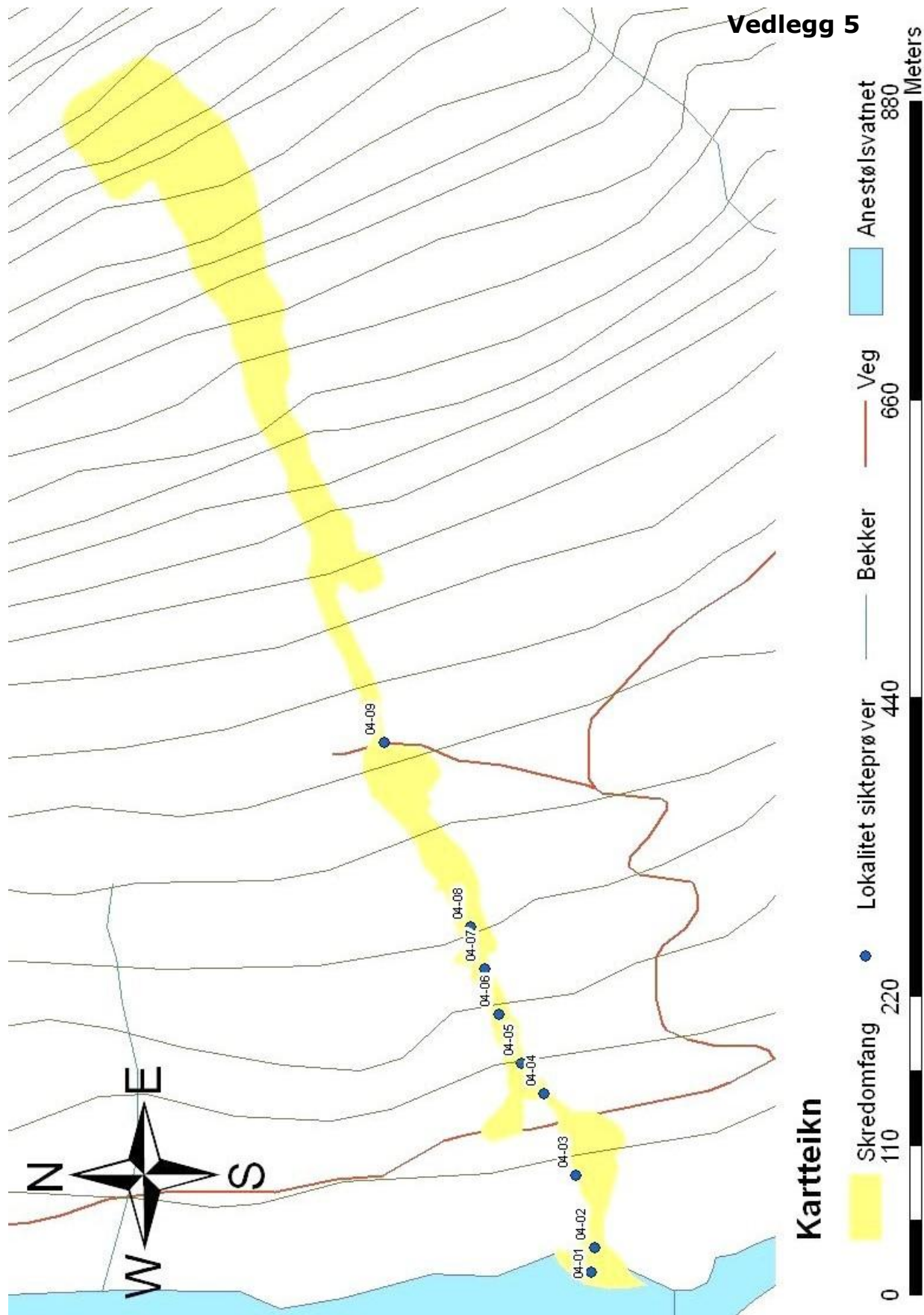
- 2007skredomfang
- Brønnpunkt m/divemr.
- Barologger
- Kilder
- Veg
- Vatn





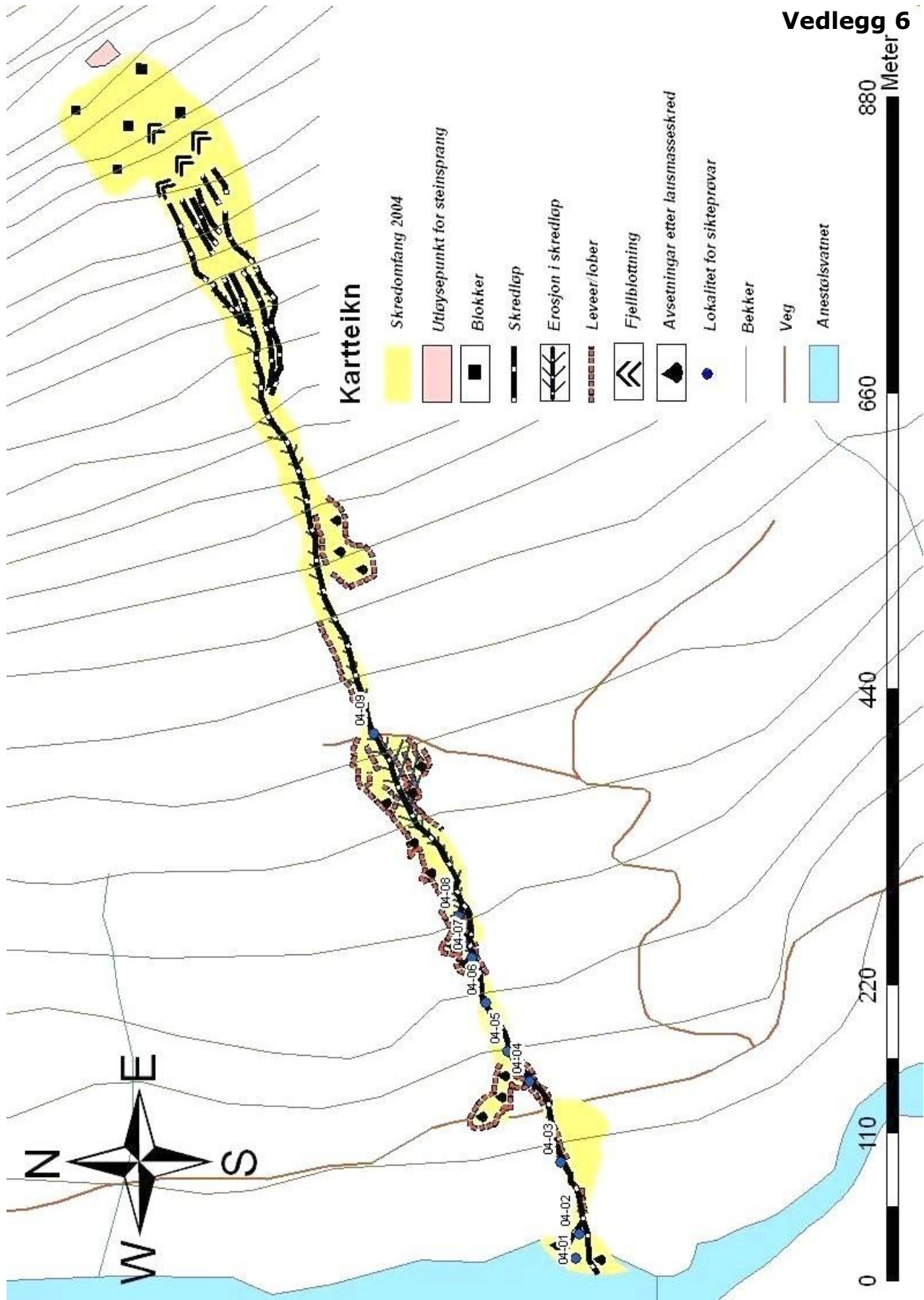
Vedlegg 4





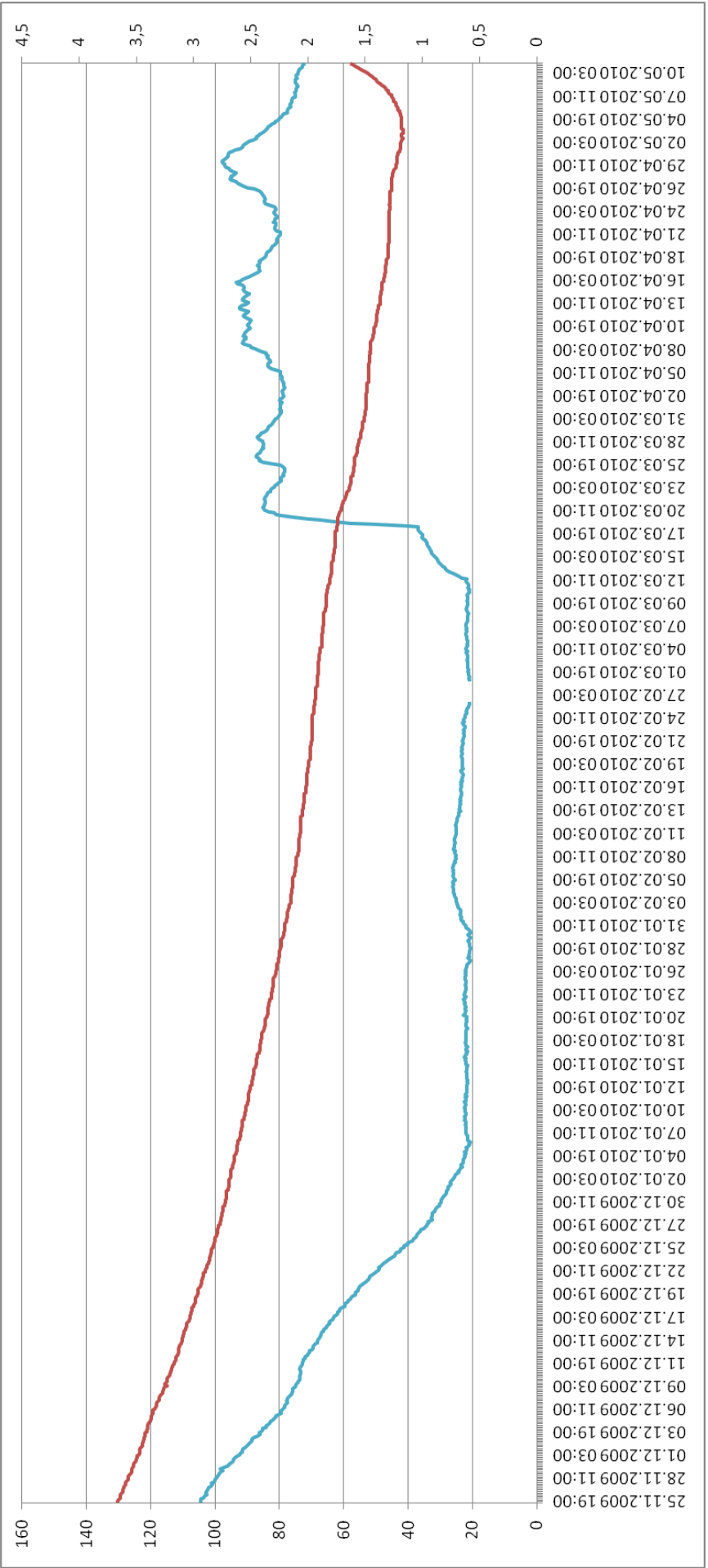
Karteikn

Vedlegg 6

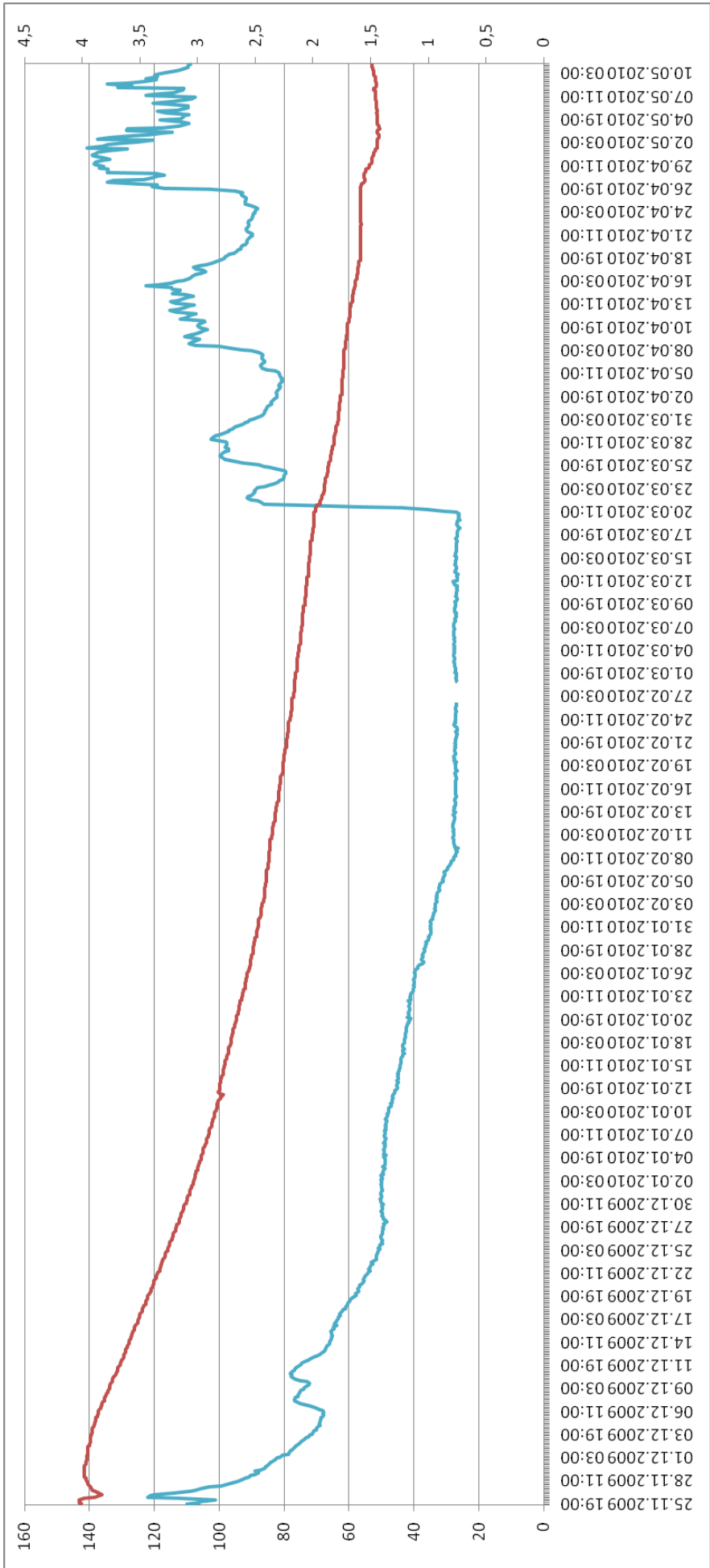


Vedlegg 7

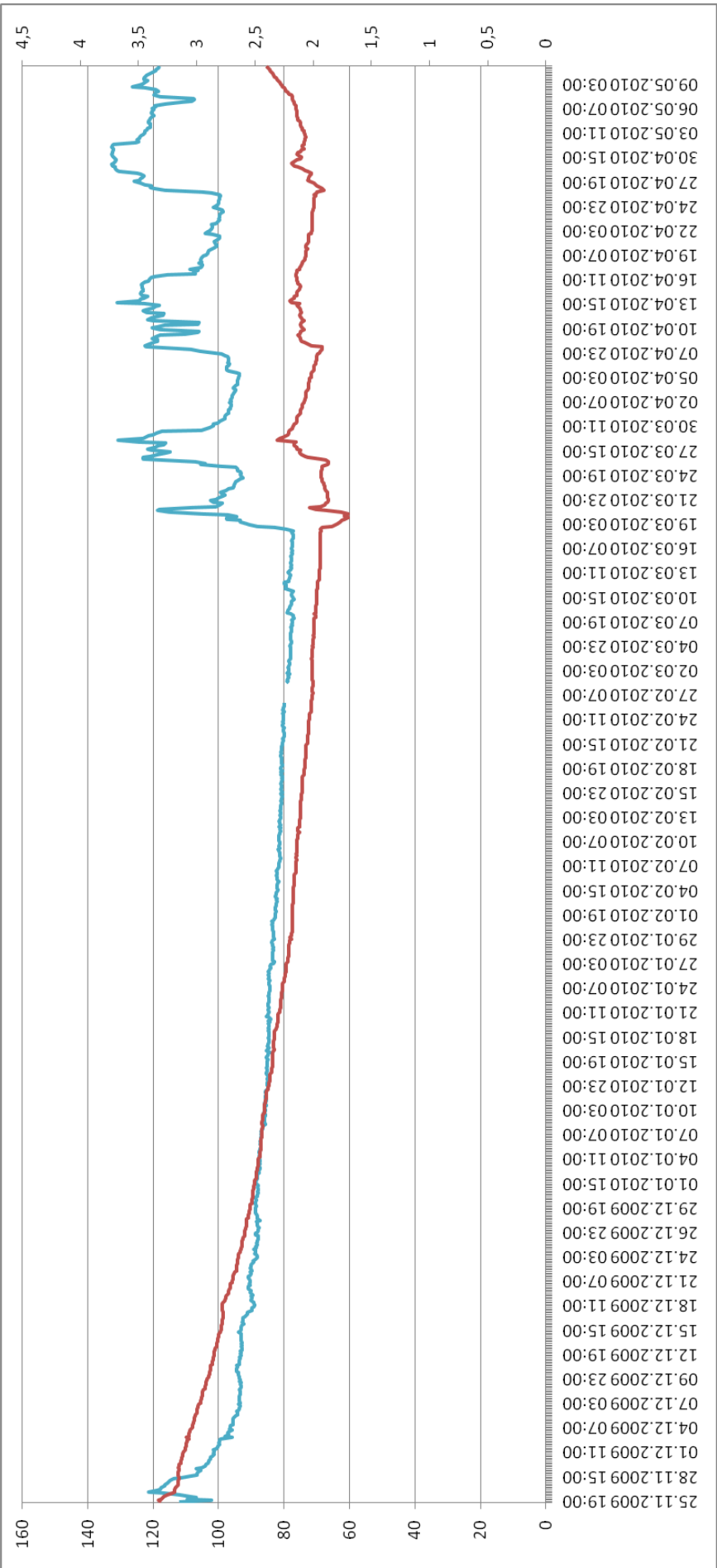
Brønn 1



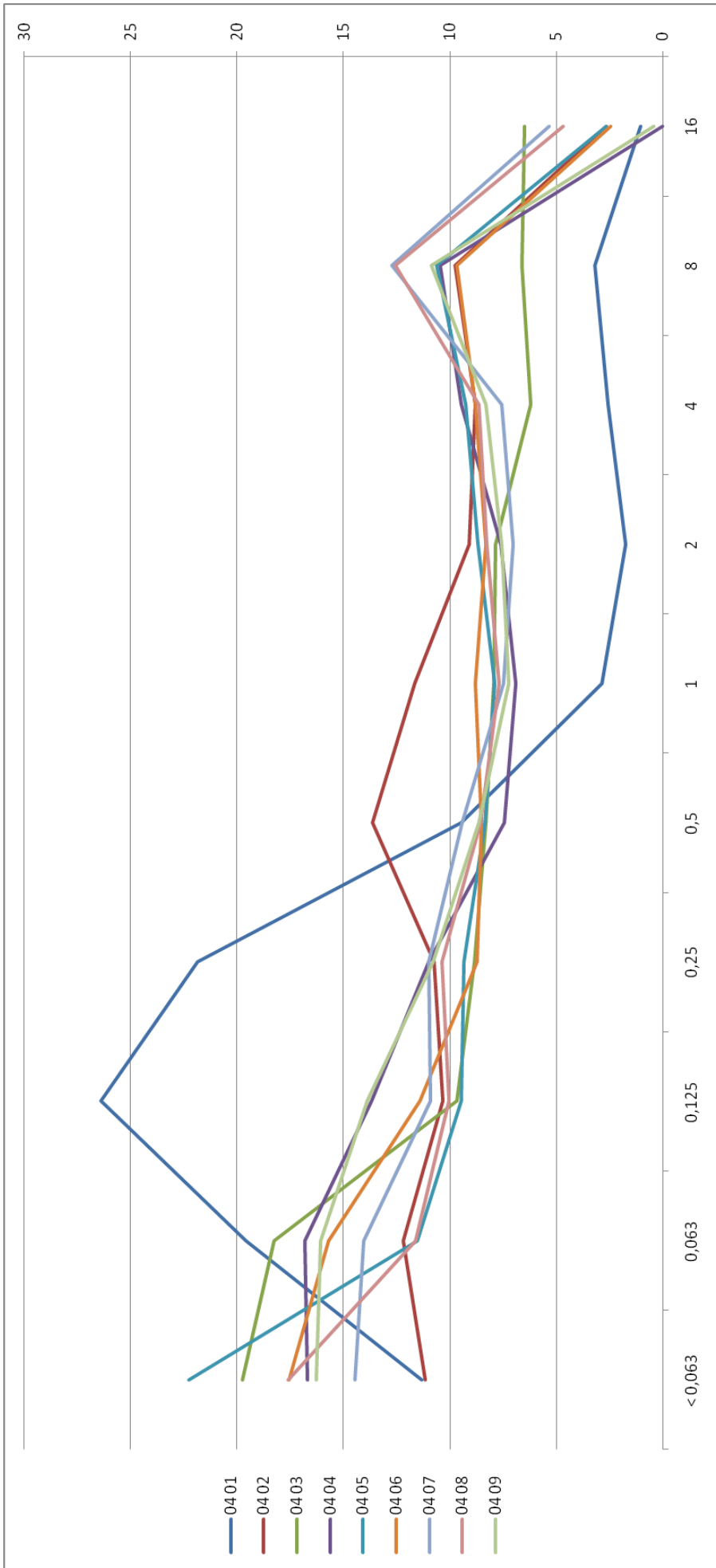
Vedlegg 8 Brønn 2



Vedlegg 9 Brønn 3



Vedlegg 10



Vedlegg 11

