

Holocene forvittringsrater på fjelloverflater i Hereiane, Hardanger

**Masteroppgave i geologi
Studieretning kvartærgeologi og paleoklima**

av

Helle Malene Bendiksen



**Institutt for geovitenskap
Universitetet i Bergen**

Juni 2016

Abstract

The Schmidt hammer has been used for relative dating for several decades. In the recent years scientists have approached the study field from a different angle, trying to set up a calibrated dating curve by using the relationship between the age of rock surfaces and R-values. The specific aim of this Master thesis is to find out more about the alleged linear relationship between hardness and the age of a rock surface, and if there can be established a dating curve. This is being done by comparing 5500 Schmidt hammer readings taken in Hardanger, Western Norway to previous studies. By measuring weathering rates from an exposed rock sequence of Holocene age, there have been found a clear difference in hardness between young (1 ka) and older exposed surfaces (11 ka).

In this Master study, alternative calculations are set up to original results for comparison, in order to see how the Schmidhammer method can be utilized to its potential. The alternative results include exclusion of lower R-values that most likely can be considered as false, and therefore unnecessary for further statistical analysis. The study reinforces the theory that a relationship between R-values and the age of a rock surface can be described as linear. It concludes that lower R-values preferably can be excluded for improvement of mean values and standard deviations. Regarding the establishment of a reliable calibrated dating curve, it is found that conditions such as selection of study area, the lithology of the rock and sources of error must be taken into close consideration before carrying out Schmidt hammer readings.

Forord

Takk til veileder Atle Nesje for hjelp til å finne relevante artikler, for råd og veiledning i masterprosjektet, og for gjennomgang av oppgaven.

Takk til Geovitenskapelig Fakultet ved Universitetet i Bergen for finansiell støtte til feltarbeidet for masterprosjektet.

Takk til Sondre Straume Storemark og Kjersti Norland Vistnes for hjelp under feltarbeidet. Vil også gi en ekstra takk til Sondre for at han har hjulpet meg titt og ofte gjennom alle årene på studiet med hva enn det måtte være.

Takk til min kjæreste Asbjørn Hetland for all glede, støtte og motivasjon du har gitt meg gjennom bachelor- og mastergraden.

Takk til Inger Bringedal og Asbjørn Hetland for korrekturlesing.

Takk til Universitetet i Bergen og forelesere ved Geovitenskapelig Fakultet for et spennende og lærerikt bachelor- og masterstudie.

Til slutt vil jeg gi en spesiell takk til alle mine fantastiske medstudenter som jeg har blitt kjent med, og som jeg har delt en innholdsrik og ikke minst morsom studietid sammen med.

Helle Malene Bendiksen

Innholdsfortegnelse

1.0 Introduksjon	9
1.1 Schmidthammer og datering.....	12
1.1.1 <i>Relevant forskning</i>	14
1.1.2 <i>Tidsintervall for aldersdatering med Schmidthammer</i>	16
1.1.3 <i>Schmidthammerens nytteverdi innenfor datering</i>	17
2.0 Bakgrunn.....	18
2.1 Teori og begreper innenfor havnivåendringer.....	18
2.2 Rekonstruksjon av det relative havnivået etter siste istid.....	21
2.3 Strandlinjediagram for Hordaland	24
2.4 Strandforskyvningskurve for Hereiane	25
3.0 Områdebeskrivelse	26
3.1 Berggrunn.....	28
3.2 Lokalitetskart.....	30
3.3 Terreng	31
4.0 Teori	32
4.1 Oppsummering av teori for oppgaven	32
4.2 Schmidthammer.....	33
4.2.1 <i>Instrumentet</i>	33
4.2.2 <i>Modell "N-type"</i>	34
4.2.3 <i>R-verdier</i>	35
4.2.4 <i>Teori for utførelse av målinger</i>	36
4.2.5 <i>Fordeler</i>	36
4.2.6 <i>Begrensninger</i>	37
4.3 Statistikk	38
4.3.1 <i>Minimum og maksimum</i>	38
4.3.2 <i>Gjennomsnitt</i>	38
4.3.3 <i>Median</i>	39
4.3.4 <i>Varians</i>	39
4.3.5 <i>Normalfordeling og standardavvik</i>	40
4.3.6 <i>Skjevhet</i>	42
4.3.7 <i>Kurtose</i>	42

5.0 Metode	43
5.1 Utførelse i felt.....	43
5.2 Høydemåler	44
5.3 Schmidthammer i felt	45
5.4 Bilder fra feltarbeidet.....	46
5.5 Bearbeiding av data.....	49
5.5.1 Dataprogrammer.....	49
6.A Resultater	50
6.1 Statistikk	50
6.2 Frekvensdiagrammer	54
6.3 Spredningskurver	57
6.B Alternative resultater	61
6.4 Ny statistikk.....	61
6.5 Nye frekvensdiagrammer	64
6.6 Nye spredningskurver.....	67
6.7 Oppsummering og sammenligning av spredningskurver	71
7.0 Diskusjon	73
7.1 Diskusjon av resultater	73
7.1.1 Opprinnelige resultater	73
7.1.2 Alternative resultater.....	75
7.2 Sammenligning av resultater med tidligere forskning	78
7.3 Feilkilder	81
7.4 Forslag til forbedringer av metoden og videre forskning.....	82
8.0 Konklusjon	84
Referanser	85
Vedlegg 1	91
Vedlegg 2	117
Vedlegg 3	121

1.0 Introduksjon

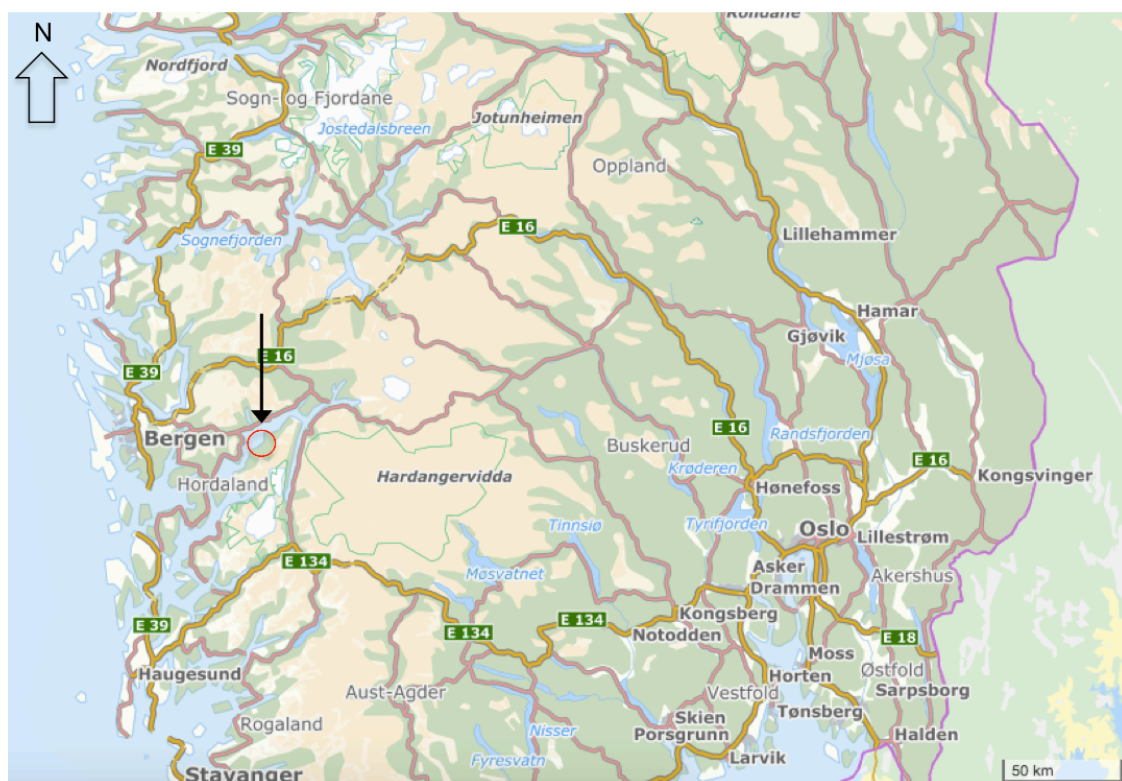
Schmidthammeren ble oppfunnet på 1950-tallet av Ernst Schmidt og var opprinnelig designet for å teste hardheten på betong uten å påføre materialet skade. Senere ble instrumentet adoptert av geologer og geomorfologer for vitenskapelige formål, hvor Schmidthammeren nå i over 30 år har vært brukt for å finne relativ alder på bergoverflater. Instrumentet har gjennomgått svært få endringer siden det ble oppfunnet. Det er både enkelt å håndtere, lett å bære med seg i felt og har lave kostnader med tanke på innkjøp og reparasjon. Av den grunn mener enkelte forskere at Schmidthammeren har et stort potensiale og nytteverdi innenfor aldersdatering, spesielt i forholdt til andre etablerte dateringsmetoder som medfører høyere kostnader (for eksempel karbondatering og nuklidedatering).

De siste tiårene har mulighetene for å utvide Schmidthammerens bruksområde blitt utforsket, ved å se om det kan etableres en regional kalibrert dateringskurve som vil kunne gi faktisk alder for et objekt. Når det kommer til denne problemstillingen, er det store uenigheter innen forskningsmiljøet, hvor enkelte mener at Schmidthammeren ikke er et pålitelig instrument for fastsetting av absolutt alder. Andre forskere er derimot fast bestemt på at det kan etableres en kalibrert dateringskurve for Schmidthammer, og at metoden bør anses i like høy grad som blant annet terrestrisk nuklidedatering.

Dette masterprosjektet er satt opp for å se nærmere på tidligere teorier når det kommer til datering med Schmidthammer. R. A. Shakesby og J. A. Matthews er to sentrale navn når det kommer til studier innenfor fagområdet, hvor begge mener at det finnes et lineært forhold mellom alderen til en bergoverflate og R-verdier. Dette lineære forholdet legger grunnlaget for etablering av en kalibrert dateringskurve for Schmidthammer, og av den grunn er hensikten med prosjektet å se videre på hvordan forholdet mellom hardheten (som en funksjon av forvitningsgrad) til en bergart og alder kan beskrives.

Studiet for dette masterprosjektet baserer seg i hovedsak på et høyt antall Schmidthammermålinger og statistiske analyser av innsamlet data. Fokuset ligger på 5500 målinger samlet inn fra en jevnt stigende og eksponert bergoverflate av granittisk gneis på Hereiane i Jondal Kommune på Vestlandet (se figur 1.1). Ved å bruke tallmaterialet fra 11 ulike lokaliteter med etablerte aldre stigende fra 1 ka til 11 ka er de spesifikke målene for oppgaven som følger:

- 1) Å bestemme om det finnes et aldersforhold når det kommer til R-verdier, og eventuelt underbygge tidligere teorier om at det er lineært.
- 2) Diskutere fordeler og ulemper med Schmidthammeren, dagens status og dens fremtidige rolle innenfor eksponeringsdatering.
- 3) Forslag til forbedringer av metoden.



Figur 1.1: Oversiktskart som viser hvor studieområdet i Hereiane i Jondal Kommune ligger. Området er markert med pil og rød ring. Kart hentet fra atlas.no og modifisert i Power Point.

I denne oppgaven vil leseren først få en innføring i relevant forskningsarbeid som inkluderer Schmidhammer. I de neste delkapitlene blir det beskrevet nåværende status innenfor området, hvorfor det er ønskelig å finne mer ut av bruksområdene for Schmidhammer, og hvordan instrumentet kan ha en nytteverdi innenfor aldersdatering. Etter introduksjonen følger et bakgrunnskapittel som forklarer hva dette prosjektet er bygget videre på. I kapittel 3 er det en beskrivelse av feltområdet i Hereiane og de anvendte lokalitetene. For å få en bedre forståelse for oppgaven, og spesielt med tanke på resultatkapittelet, blir Schmidhammeren og de relevante statistiske variablene beskrevet i en teoridel, i tillegg til en kort forklaring av prosjektet. Deretter følger metodekapittelet, som beskriver hvordan arbeidet i studieområdet ble utført, og hvilke metoder som er benyttet både under og etter feltarbeidet. I kapittel 6 blir resultatene presentert i form av figurer og statistiske tabeller, og en videre beskrivelse av disse. Etter resultatene tar diskusjonsdelen for seg faktorer som må tas i betraktning i forhold til studiet. Dette inkluderer diskusjon av resultatene, eventuelle feilkilder og ting som kunne vært gjort på en bedre måte, i tillegg til en sammenligning med tidligere forskning og forslag til forbedring av metoden. Til slutt kommer en punktvis konklusjonsdel, i tillegg til anvendte referanser og vedlegg som inneholder rådata og resten av figurene/tabellene som ikke er brukt i resultatdelen.

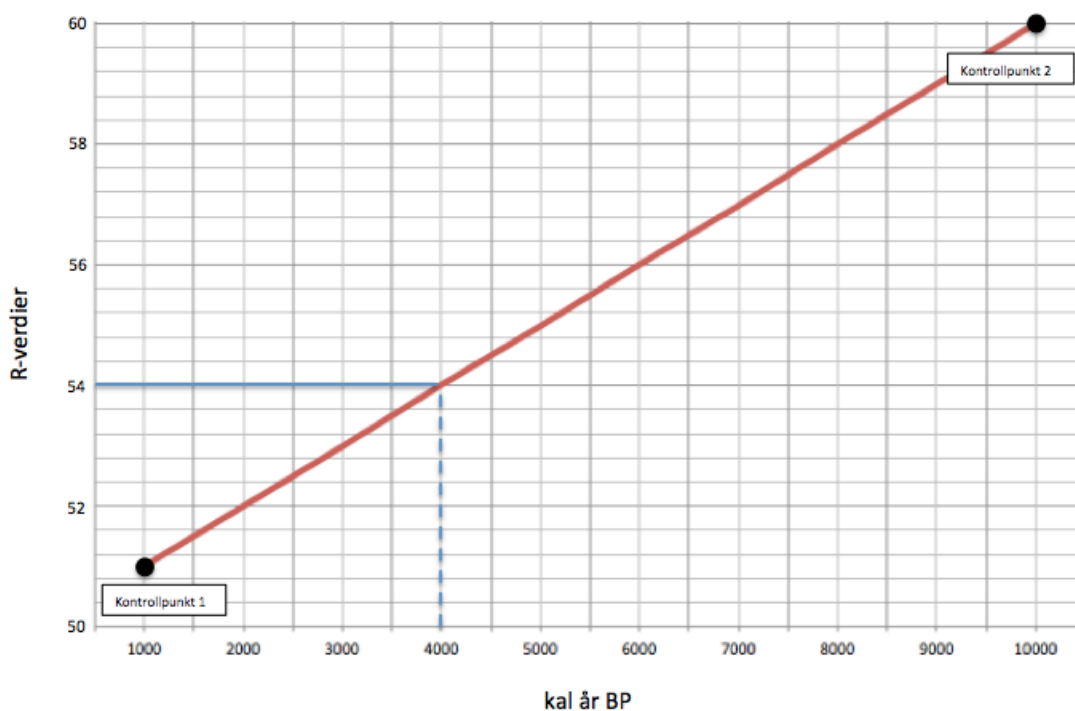
1.1 Schmidthammer og datering

Til tross for at Schmidthammeren har vært brukt i flere tiår i geomorfologisk sammenheng, er det fortsatt usikkerheter rundt instrumentets bruksområder, pålitelighet og hvilket tidsintervall det kan brukes innenfor når det kommer til datering. Forskere har siden 1980-tallet ansett Schmidthammeren som et pålitelig instrument for relativ datering, som innebærer at en kan bestemme om en blokk eller bergoverflate er yngre eller eldre enn en annen. Matthews og Shakesby (1984) brukte Schmidthammeren sammen med lichenometri til relativ datering for å skille morenerygger fra tidlig holocen (ca. 10 ka BP) og morenerygger fra 'Den lille istid' (ca. 1600-1750) i Sør-Norge fra hverandre. Andre studier omhandler relativ aldersdatering på overflater av ulik opprinnelse, litologi og aldersgrupper i mange land. Eksempler på steder hvor Schmidthammerstudier er utført er blant annet Norge, Island, Spania, Alpene, Frankrike, New Zealand og Antarktis (Shakesby et al. 2011).

McCarroll (1987, 1989a, 1989b) har forsket på Schmidthammerens potensiale, blant annet for etablering av en kalibrert dateringskurve, hvor han hevder at mulighetene utenfor relativ datering er begrenset. Likevel har mange forskere gått videre i forsøket med å etablere en dateringskurve ved å knytte et forhold mellom R-verdier og bergoverflater med *kjente* aldre.

Shakesby et al. (2006) etablerte en slik kurve ved å bruke instrumentet på eksponerte bergoverflater og morenerygger av holocen alder. Kurven ble satt opp ved å benytte to kontrollpunkter med etablerte aldre funnet ved hjelp av andre sikre dateringsmetoder (for eksempel C14). Han tok så utgangspunkt i at det finnes et *lineært forhold* mellom hardhet og alder til en bergart. Disse to kontrollpunktene kan eksempelvis bestå av en relativt nylig eksponert overflate med alder 1000 år og en eldre eksponert overflate med alder 10,000 år. Teorien er at hvis det finnes et lineært forhold, kan det trekkes en rett linje mellom kontrollpunktene, for så å plote inn målte R-verdier på grafen og få omtrentlig alder på bergoverflaten som blir målt.

I figur 1.2 presenteres et eksempel for en slik dateringskurve. Kontrollpunkt 1 har en R-verdi på 51 og en bestemt alder på 1000 år. Kontrollpunkt 2 har en R-verdi på 60 og en bestemt alder på 10,000 år. Mellom punktene er det trukket en lineær linje, hvor det er gått ut i fra at bergarten har en jevn forvittringsrate over tid. I figuren er det så illustrert et eksempel hvor det er foretatt en måling med R-verdi 54. Ved å plote målingen inn i kurven, ser en at forventet alder for målt overflate vil være ca 4000 år.



Figur 1.2: Illustrasjonsfigur for hvordan en kan fastsette alder for en bestemt bergart ut i fra en etablert dateringskurve med to kontrollpunkt med gitt alder og en lineær linje trukket mellom disse. Eksempelfigur er laget selv.

Shakesby et al. (2006) konkluderte med at det var flere forbehold som måtte tas for å benytte Schmidhammermetoden for datering. Først og fremst konstaterte han med at det må samles inn R-verdier fra minst 15 lokaliteter, med et høyt antall målinger på hver. I tillegg mente han at studiet må utføres i et område som er godt egnet, med samme type litologi for alle lokalitetene, og gode aldersdateringer fra andre relevante dateringsmetoder som resultatene kunne korreleres med.

1.1.1 Relevant forskning

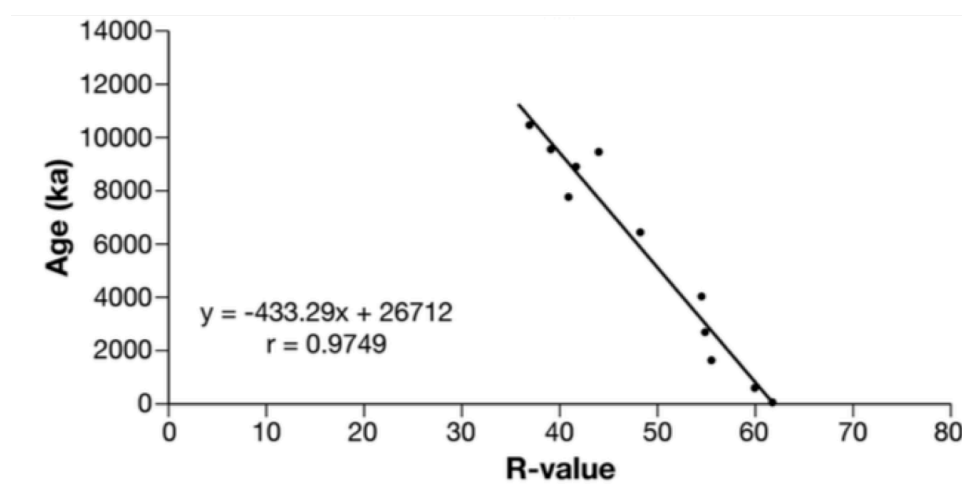
Shakesby et al. (2011) har forsket på hardhet- og aldersforholdet til granittblokker fra glasi-isostatisk hevede strender av holocen alder i Skuleskogen Nasjonalpark i Sverige. I studiet brukte de Schmidhammermålinger fra de hevede sekvensene av blokkstreder med intervaller på henholdsvis 1 ka. Formålet med studiet var i hovedsak å finne ut om forholdet mellom alder og hardhet (R-verdier) kunne beskrives som lineært eller kurvelineært. De så i tillegg på Schmidhammerens daværende status og fremtidige rolle for datering. Videre følger en oppsummering av deres studie og resultater.

De 16 utvalgte lokalitetene ble utgjort av 14 fra strender og 2 lokaliteter fra eksponerte bergoverflater. Hver lokalitet ble deretter delt opp i 30 dellokaliteter med 30 målinger på hver, derav 900 målinger til sammen for hver lokalitet. I tabell 1.1 er lokalitetene beskrevet med tilhørende høyde, alder og samlet gjennomsnittlig R-verdi.

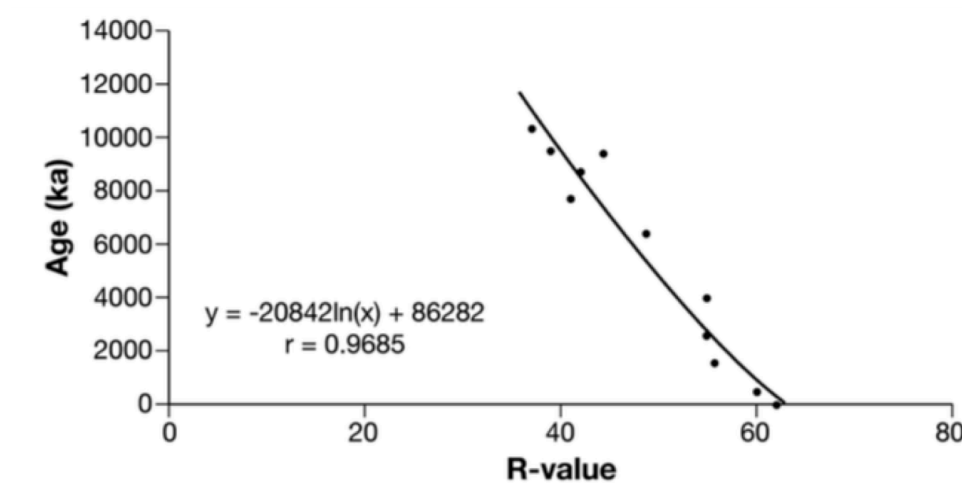
Tabell 1.1: Modifisert oversiktstabell fra studiet av Shakesby et al. (2011) som beskriver høyde, alder og gjennomsnittlig R-verdi for hver av de 16 lokalitetene.

Lokalitet	Høyde (m o.h.)	Alder (ka) (Fredén et al. 2005)	Alder (ka) (Berglund, 2004)	Gjennomsnitt R-verdi
Strand				
Ytternäsan 6	0,5	0	0	61,70
Ytternäsan 1	5,6	0,5	0,5	60,03
Ytternäsan 2	16	1,5	1,55	55,45
Ytternäsan 3	27	2,5	2,6	54,81
Ytternäsan 4	43	3,5	4,0	54,66
Fosberget 1*	60	4,5	5,1	40,90
Fosberget 2*	79	5,5	6,3	30,26
Trollarviksberget	82,5	5,75	6,4	48,32
Fosberget 3*	102	6,8	7,3	36,14
Slåttaldalsberget 1	118	7,5	7,7	41,05
Slåttaldalsberget 2	144	8,5	8,8	41,59
Slåttaldalsberget 3	168	9,2	9,4	44,03
Högklinten 1	188	9,5	9,5	39,12
Högklinten 2	253	10,3	10,4	36,95
Berggrunn				
Ytternäsan 5	1	0	0	63,65
Långtjärnshällorna	282	10,5	10,5	32,26

Etter videre analyser av innsamlet data valgte Shakesby et al. (2011) å fjerne 5 av lokalitetene. Disse var Fosberget 1, 2 og 3 som følge av at blokkene på disse lokalitetene var veldig grovkornede i forhold til resterende lokaliteter. I tillegg ble Ytternäsan 5 og Långtjärnshällorna ekskludert fordi det var et større intervall i R-verdi fra yngste til eldste alder enn for strandlokalitetene med samme alder. Dette resulterte i 11 lokaliteter, hvor gjennomsnittlig R-verdi for hver av disse ble plottet inn i en graf og testet med en lineær og en kurvelineær regresjonslinje. I figur 1.3 ser en at regresjonslinjen har en høyere bestemmelseskoeffisient ($r = 0.9749$) enn for figur 1.4 ($r = 0.9685$), og Shakesby et al. (2011) anslo dermed at forholdet mellom alder og hardhet for bergarten best kunne beskrives som *lineært*.



Figur 1.3: Figur av Shakesby et al. (2011) hvor gjennomsnittlig R-verdi for de 11 lokalitetene er plottet opp mot alder, hvor forholdet blir beskrevet med en lineær regresjonslinje.



Figur 1.4: Figur av Shakesby et al. (2011) hvor gjennomsnittlig R-verdi for de 11 lokalitetene er plottet opp mot alder, hvor forholdet blir beskrevet med en kurvelineær regresjonslinje.

Forvitring av en bergart produserer residualer (forvitret materiale) som begrenser transporten av vann og vanskeliggjør kjemisk transport vekk fra den. Forvittringsraten og produksjonen av residualer synker i takt med at tykkelsen av restmateriale øker (Colman, 1981). På grunn av dette forventes det at alder- og forvittringsforholdet til en bergart vil bli kurvelineært over et betydelig tidsintervall (Shakesby et al., 2011). Fjerning av residualer som kommer fra forvitrede bergoverflater skjer også, noe som har en tendens til å redusere denne effekten (Matthews og Owen, 2010). I fraværet av denne informasjonen, har tidligere forsøk på å etablere dateringskurver ut i fra to kontrollpunkt, som tidligere beskrevet, antatt et lineært forhold for holocen (Shakesby et al., 2006). Denne antakelsen ble i Shakesbys studie (2006) begrunnet med at varigheten av forvitring er relativt kort, og at forvittringsraten i nordisk klima er henholdsvis lav. Dette ble testet i studiet av Shakesby et al. (2011) ved å sette opp den logaritmiske ligningen (figur 1.4) i tillegg til den lineære (figur 1.3) for målingene fra Nord-Sverige.

Kort oppsummert er resultatene fra studiet av Shakesby (2006) og Shakesby et al. (2011) at det finnes et lineært forhold mellom hardhet (R-verdi) og alder for bergarter av holocen alder. Dette begrunnes med at forvittringsraten enda ikke har nådd en metningsgrad/likevekt. De anslår derimot at forholdet mest sannsynlig må beskrives som kurvelineært om tidsintervallet strekker seg over et lengre tidsintervall enn holocen.

Studiet av Shakesby et al. (2011) kan minne mye om studiet for denne masteroppgaven. Forskjellen er at i stedet for å teste om alder- og hardhetsforholdet er lineært eller kurvelineært, går dette studiet ut på å se videre på det lineære forholdet, og eventuelt underbygge teorien om at det finnes.

1.1.2 Tidsintervall for aldersdatering med Schmidhammer

Det er omdiskutert hvilket tidsintervall en kan bruke Schmidhammeren for datering, både når det kommer til relativ og kalibrert datering. McCarroll og Nesje (1993) utførte et studie for granittisk gneis i Nordfjord på Vestlandet, hvor de kom fram til at R-verdier nådde en likevekt ved 9000 år. Betts og Latta (2002) presenterte et

kurvelineært forhold fra målinger av granittblokker på strandlinjeterrasser ved Lake Superior i Canada. Studiet viste at det var store forskjeller i R-verdi mellom en relativt ny terrasse av ung alder ($R = > 60$) og en eldre på ca. 2 ka ($R = < 30$), men at det var liten forskjell i verdiene for terrasser som var av eldre alder enn dette. Det er likevel funnet flere kurvelineære forhold som går flere titalls ka tilbake før holocen, hvor blant annet Sánchez et al. (2009) fant ut at målte R-verdier på granittiske bergoverflater fortsatte å synke helt tilbake til 80 – 100 ka. Det er med andre ord uenighet blant forskere når det gjelder hvor langt en kan gå tilbake etter holocen alder for datering med Schmidhammerens, noe som viser at dette er et forskningsområde som bør utvides.

1.1.3 Schmidhammerens nytteverdi innenfor datering

Hvis det finnes et lineært forhold mellom hardhet og alder for en bergart, og at det derav kan settes opp en kalibrert regional dateringskurve, vil Schmidhammeren kunne brukes til mange nyttige formål. Som tidligere nevnt har instrumentet lenge vært brukt til å bestemme relativ alder, men med en pålitelig dateringskurve vil mulighetene være mange. Dette kan eksempelvis være å datere hvor lenge det er siden en rasblokk har falt ned, eller hvor lenge en bergoverflate har vært eksponert. Den største nytteverdien for Schmidhammer vil gjerne være å kunne bestemme alder for holocene landformer. Da mer spesifikt morenerygger som ligger høyt over havet eller ved høye breddegrader, hvor det finnes lite organisk materiale som fører til at andre etablerte dateringsmetoder (eks. karbondatering eller lichenometri) ikke kan benyttes.

Shakesby et al. (2011) diskuterer i slutten av forskningsartikkelen Schmidhammerens pålitelighet og muligheter innenfor datering. I studiet fra 2011 testet de metoden opp mot terrestrisk nuklidedatering, som viste at feilkilder i aldre for undersøkte lokaliteter lå på omtrent det samme for begge metodene. Forfatterne argumenterer med at til tross for at instrumentets bruksområde tidligere har vært begrenset til relativ datering, viser flere studier fra det siste tiåret at Schmidhammeren en gang for alle bør anerkjennes som et pålitelig dateringsverktøy, og at den med sikkerhet kan brukes innenfor kalibrert aldersdatering. Forfatterne føyer til at dette forutsetter velegnede lokaliteter og en passende bergartstype for det eventuelle studieområdet.

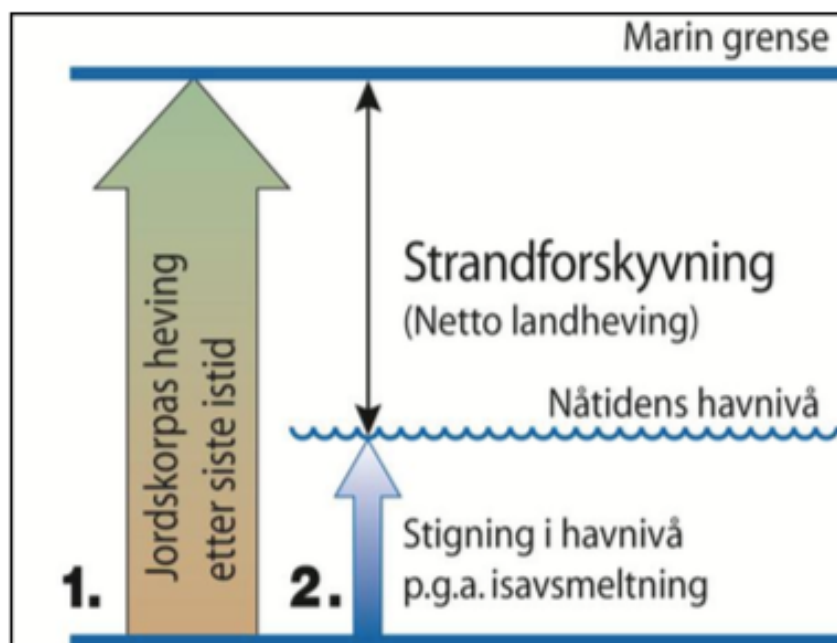
2.0 Bakgrunn

Idéen for denne masteroppgaven er utarbeidet av veileder Atle Nesje etter ønske fra medveileder John A. Matthews, professor emeritus ved University of Wales i Swansea, UK. Matthews. Han ønsket å utføre et forskningsprosjekt i Norge innenfor fagområdet som han selv har jobbet mye med, nemlig å aldersbestemme bergoverflater ved hjelp av Schmidthammer. Hereiane i Hardanger er en ideell lokalitet for å forsøke å etablere en dateringskurve ved hjelp av Schmidthammer, med en åpen og jevnt stigende overflate av samme bergart som strekker seg fra 0 til 79 m o.h. Høydene og alderen på de 11 lokalitetene som er brukt i Hereiane er hentet ut fra tidligere forskning, med hovedfokus på en forskningsartikkel av Lohne et al. (2007) ved navn "Sea-level fluctuations imply that the Younger Dryas ice-sheet expansion in western Norway commenced during the Allerød". Ut i fra dette forskningsarbeidet er det etablert et strandlinjediagram som beskriver hvilken høyde det relative havnivået på Vestlandet har ligget på fra 11 ka og fram til i dag. Videre i dette kapittelet følger en forklaring på hvordan det relative havnivået har blitt rekonstruert, hvordan strandlinjediagrammet har blitt etablert og hvordan lokalitetene er hentet ut fra dette.

2.1 Teori og begreper innenfor havnivåendringer

Endringer i havnivå er så å si konstante, både med globale og lokale variasjoner. Det er flere faktorer som spiller inn, men for Norge er det i hovedsak to prosesser som har vært gjeldende etter istiden; eustasi og isostasi. *Eustasi* er et begrep som beskriver globale havnivåendringer. Selv om endringene defineres som globale, vil havnivået observeres ulikt avhengig av geografisk ståsted. *Glacial eustasi* skyldes endringer i havvannets volum på grunn av at isbreer dannes eller smelter, eller på grunn av termisk ekspansjon, som vil si at havets volum endrer seg på grunn av temperaturendringer. *Isostasi* er landheving eller senkning som følge av endringer i trykk på landmasser. *Glasi-isostasi* beskriver senkning av landmasser som følge av nedpressing fra isbreer, eller heving etter at isen har smeltet vekk. I Norge har den isostatiske hevingen etter forrige istid stort sett vært dominerende over den eustatiske havnivåstigningen, og derfor har det vært et fall i det relative havnivået siden forrige istid, til tross for at vannmassene i havene har økt (Høgaas et al., 2012).

Forholdet mellom isostatisk landheving og (glasial) eustatisk havnivåstigning fører til en endring i relativt havnivå. *Strandforyskyvning* og *relativt havnivå* er begge uttrykk som beskriver hvordan landmassene og havet beveger seg over tid i forhold til hverandre (Høgaas et al., 2012). Figur 2.1 av Sveian (1995) illustrerer forholdet mellom isostasi og eustasi som fører til endringer i relativt havnivå.

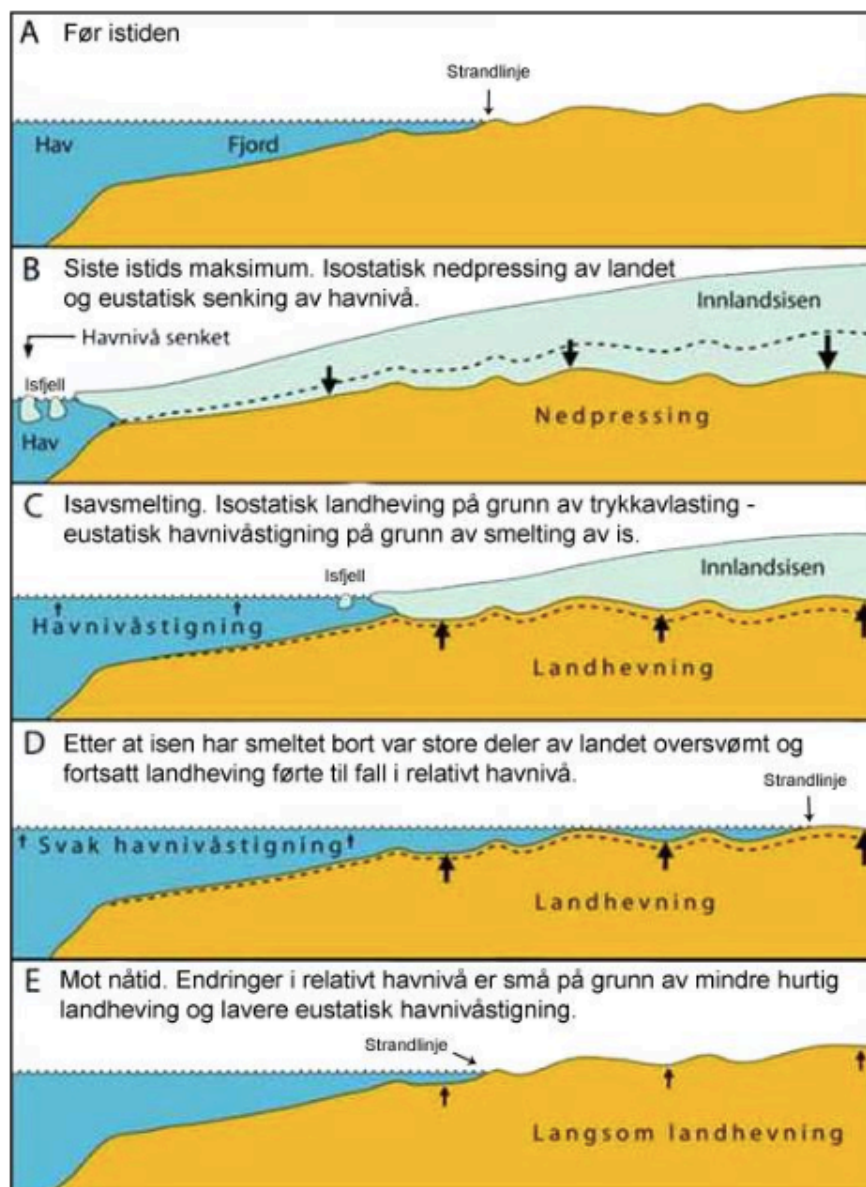


Figur 2.1: Relative havnivåendring fremstilt som et resultat av isostasi (1.) og eustasi (2.). Figur hentet fra Sveian (1995).

Marin grense beskriver det høyeste nivået som havet nådde under siste istid, avhengig av geografisk område. Ved å kartlegge og datere avsetninger etter marin grense og lavereliggende strandlinjer kan en finne ut hvordan strandforyskyvningen har utviklet seg siden forrige istid og fram til i dag (ngu.no/landheving-og-havniva). *Strandlinjer* er en skjæringslinje mellom land og hav (se figur 2.2). På grunn av erosjon fra bølger (abrasjon), og frostsprengning i kaldt klima, dannes det innhakk i landoverflaten som kan brukes som indikatorer på tidligere havnivå (snl.no/strandlinje).

Isobaser defineres som linjer på et kart som er trukket gjennom punkter som viser samme heving eller senkning av jordskorpen i løpet av et gitt tidsrom, som for eksempel tiden etter forrige istid (snl.no/isobaser).

Figur 2.2 er en forenklet illustrasjon av Bargel (2005) som viser hvordan det relative havnivået har endret seg siden *før* siste istid og fram mot i dag. Etter isavsmelting skjedde det først en eustatisk havnivåstigning som førte til at marin grense enkelte steder på innlandet lå opp til 200 - 220 meter høyere enn dagens havnivå. Senere skjøt landhevingen fart, som følge av trykkavlastning på landmassene, og ”tok igjen” den eustatiske havnivåstigningen. Etter overgangen fra yngre dryas til holocen har landhevingen vært kontinuerlig, hvor den hadde størst hastighet i begynnelsen, før den mot nåtid har bremsset opp – i likhet med at eustatiske endringer også er små.



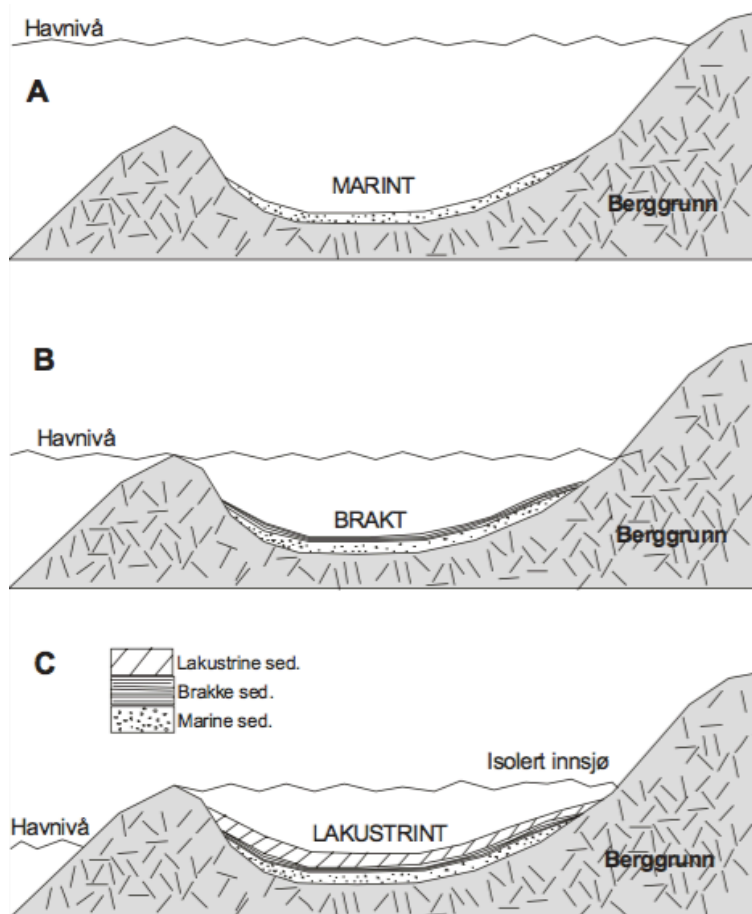
Figur 2.2: Figur modifisert av Bargel (2005) viser hvordan det relative havnivået har endret seg siden *før* siste istid og fram mot i dag.

2.2 Rekonstruksjon av det relative havnivået etter siste istid

For å rekonstruere det tidligere havnivået på Vestlandet er det i hovedsak brukt det som er kalt for ”isolasjonsbassengmetoden” (Hafsten, 1960; Svendsen og Mangerud, 1987). Denne metoden går ut på at en ser på den stratigrafiske grensen mellom marine (hav-) og lakustrine (innsjø-) sedimenter i innsjøer, og hvordan disse korresponderer med isolasjonen av en innsjø fra havet. Dette kan for eksempel inntreffe ved at havnivået faller under nivået til utløpsterskelen for innsjøbassenget. En sedimentær grense hvor marine sedimenter er *begravet* av lakustrine sedimenter kalles for en isolasjonskontakt. Når det relative havnivået stiger og oversvømmer en innsjø, vil marine sedimenter avsettes *over* lakustrine sedimenter og danne en såkalt inntrengningskontakt. Det er disse to kontaktene som indikerer perioden for når høyden for utløpsterskelen korresponderer med det lokale nivået for høyvann, og det er dermed avsetninger fra disse grensene som blir analysert for å datere hvor havnivået har ligget til hvilken tid (Lohne et al., 2007). Da hvert basseng har hver sin utløpsterskel i en bestemt høyde, blir det brukt flere isolasjonsbassenger i ulike høyder for å kartlegge tidligere havnivå.

På 1970-tallet ble en rekke isolasjonsbassenger på Sotra studert for å konstruere en relativ havnivåkurve. Sedimentkjerner fra bassengene ble analysert ved hjelp av blant annet pollen og diatoméer (Lohne et al., 2007). Kurven har i de senere år stadig blitt revidert ved å korrigere høydene til bassengene med landheving, og ved å bruke andre former for tolkning av stratigrafien til noen av bassengene (Anundsen, 1985; Svendsen og Mangerud, 1987).

Figur 2.3 av Hafsten (1983) viser hvordan sedimenter blir avsatt i bassenger under ulike høyder av relativt havnivå. Når den marine grensen ligger over utløpsterskelen til isolasjonsbassenget, blir det avsatt marine sedimenter. Når havnivået ligger i tilnærmet lik høyde med terskelhøyden, vil det bli dannet et brakkmiljø i innsjøen, hvor både marine og lakustrine sedimenter blir avsatt, avhengig om det er høyvann eller lavvann. Når havnivået ligger under terskelen blir det avsatt lakustrine sedimenter. Det er grensen mellom disse avsetningsmiljøene som blir analysert og datert for å etablere tidligere relativt havnivå.



Figur 2.3: Figur av Hafsten (1983) som viser hvordan sedimenter blir avsatt i bassenger etter hvert som havnivået endrer seg.

Lohne et al. (2007) rekonstruerte den relative havnivåendringen fra slutten av siste istid ved å studere avsetninger fra tre ulike isolasjonsbassenger på Sotra. I studiet forbedret de den sennglasiale delen av havnivåkurven (først etablert av Krzywinski og Stabell, 1984) ved å samle inn nye kjerner fra to av de tidligere studerte isolasjonsbassengene (Hamravatn og Sekkinstad tjønn), i tillegg til et nytt basseng (Gardatjønn). Bassengene ligger alle i en høyde mellom 24 og 40 m o.h. Lohne et al. (2007) daterte mange prøver av terrestriske makrofossiler fra planter, og laget en solid kronologi i kalenderår for havnivåendringene for den sennglasiale perioden. Den holocene delen av kurven ble også kalibrert og revidert (Krzywinski og Stabell 1978; Stabell og Krzywinski, 1979). De oppdaterte kurvene fra sennglasial og holocen ble så slått sammen til en komplett havnivåkurve fra Sotra med en skala i kalenderår. Tilstedeværelse av Veddeaske (Mangerud et al. 1984) i sedimentkjernene ble brukt

som en markør for å både korrelering i felt og som en indikasjon på datering, med en estimert alder på 12121 +/- 57 iskjeerne år BP (Rasmussen et al., 2006). Det har i tillegg blitt vist at det finnes en distinkt økning i *Betula* (pollen) ved grensen fra YD til holocen (Kristiansen et al. 1988; Paus, 1989; Berglund et al. 1994; Bondevik og Mangerud, 2002), og dette ble også brukt som en markør.

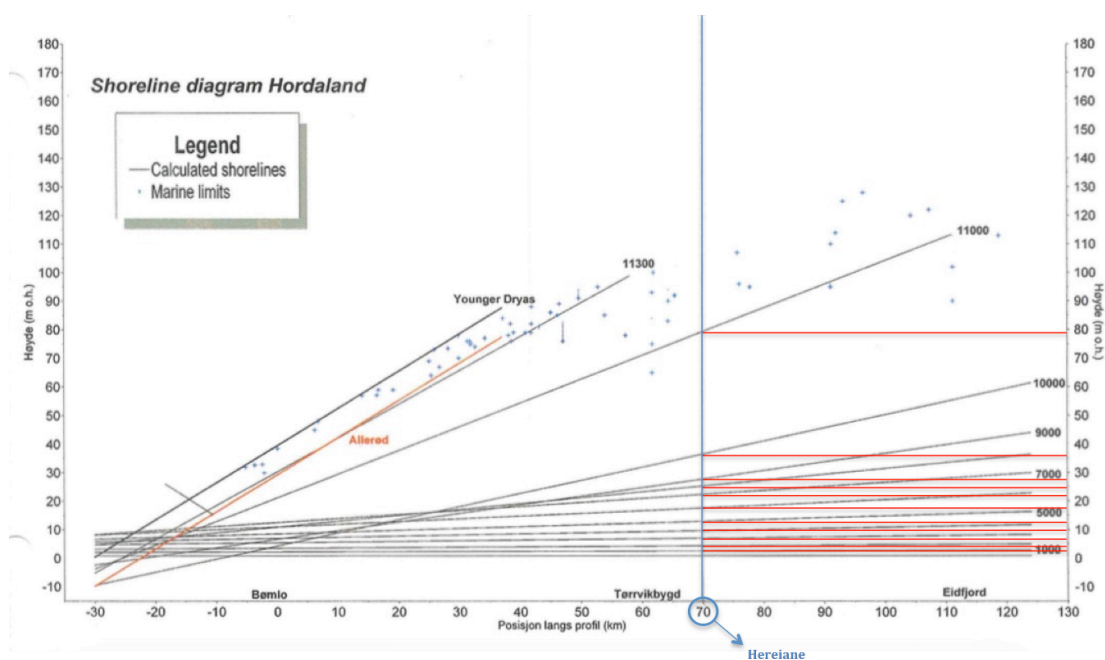
Bassengene på Sotra er lokalisert på ulike isobaser. For å kunne kombinere disse tre bassengene, måtte derfor høyden på bassengene justeres med tanke på hvordan landhevingen har vært. Strandlinjene for transgresjonsmaksimumet i YD ble rekonstruert vinkelrett på isobasen til yngre dryas. Dette ble gjort for å etablere maksimum helning. Rekonstruksjonen ble gjort på grunnlag av tre studier: studie fra isolasjonsbassenger på Sotra (Lohne et al. 2007), studier fra Os (Lohne et al. 2004) og analyser fra marine terrasser forbundet med morener fra YD (Aarseth og Mangerud, 1974; Bondevik og Mangerud, 2002; Lohne, 2005), som anslås å ha blitt dannet samtidig som klimakset i YD.

Faktorer som isostasi, eustasi og gravitasjon er med på å påvirke det relative havnivået, og også helningen til strandlinjer. På grunn av at landet har hevet seg mer i indre strøk enn ute ved kysten, har strandlinjene i dag et fall mot kysten. Lohne et al. (2007) anslår at gradienten på strandlinjene til yngre dryas varierer mellom 1,25 og 1,44 m/km, og bestemte etter videre analyser at en gjennomsnittlig gradient på strandlinjene kan settes til 1,3 m/km.

Avsetningene fra studiet av isolasjonsbassengene på Sotra viser at det var et regresjonsminimum mellom 13,600 og 13,000 kal år BP, og et transgresjonsmaksimum i det relative havnivået mellom 11,800 og 11,500 kal år BP etter en økning på ca. 10 meter. Denne transgresjonen anses å være et resultat av reverseringen av det Skandinaviske isdekket som skjedde på Vestlandet i slutten av istiden. Isdekket førte til en bremsing av landhevingen og at vannmasser ble trukket mot landmassene på grunn av gravitasjon (Fjeldskaar og Kanestrøm, 1980; Anundsen og Fjeldskaar, 1983). Rett etter overgangen fra klimakset i sen yngre dryas til holocen falt havnivået raskt med ca. 37 meter. Dette fallet gjenspeiles også for feltområdet i Hereiane (se strandforskyvningskurve, figur 2.5).

2.3 Strandlinjediagram for Hordaland

Lohne et al. (2007) etablert et strandlinjediagram for Hordaland ut i fra den komplette havnivåkurven for Sotra fra tidligere studier, strandlinjer og isobasen til yngre dryas, samt deres egne resultater. Strandlinjediagrammet ble ikke publisert i selve artikkelen, men det hører likevel med til arbeidet. Diagrammet er gitt av Øystein Lohne til veileder Atle Nesje, som har gitt det videre til meg i forbindelse med prosjektet.

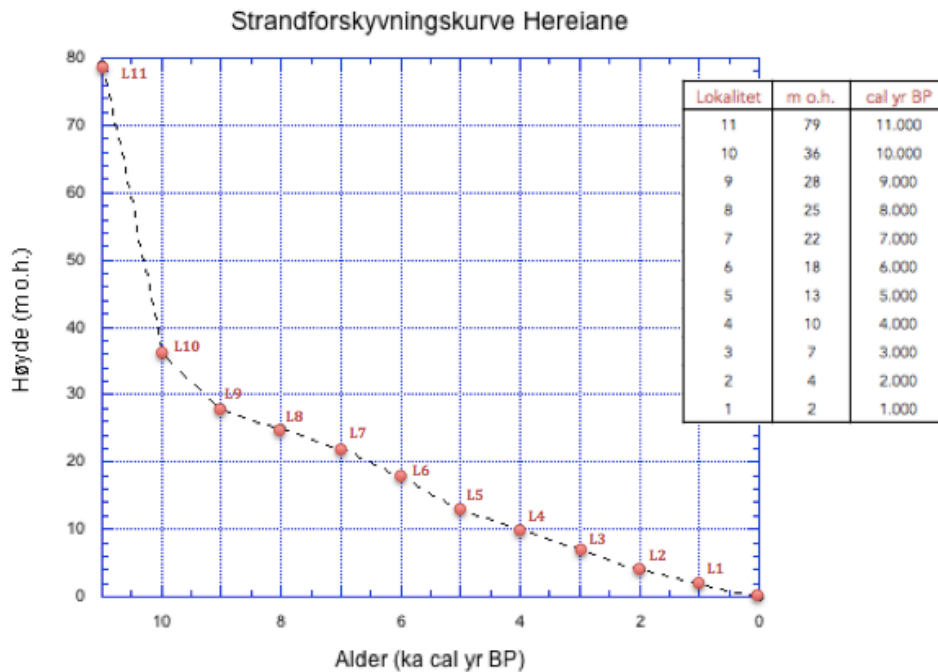


Figur 2.4: Modifisert ekvidistant strandlinjediagram for Hordaland av Lohne et al. (2007) konstruert vinkelrett på isobasen fra yngre dryas. Lokalitetene for feltområdet til dette prosjektet er hentet ut fra denne figuren.

Som vist på figur 2.4 ligger studieområdet Hereiane på 70 km langs profilet. På Y-aksen ligger høyden for det relative havnivået, på X-aksen ligger antall km langs profilet, og hver strandlinje er merket med alder. Strandlinjediagrammet er satt opp vinkelrett på isobasen fra yngre dryas. Lokalitetene er etablert ved å analysere hvilken høyde havnivået lå til hvilken tid der hvor strandlinjene skjærer ved 70 km på X-aksen. Dette er vist med de røde linjene som er satt opp vinkelrett på den blå skjæringslinjen på 70 km, hvor Hereiane ligger. Da hver strandlinje er merket med alder, kan en dermed lese av hvor de røde linjene treffer på Y-aksen for å se hvilken høyde det relative havnivået lå på til hvilken alder. Det er ved hjelp av dette modifiserte strandlinjediagrammet at de 11 lokalitetene i feltområdet har blitt etablert.

2.4 Strandforskyvningskurve for Hereiane

Relative havnivåendringer for et gitt område framstilles ofte ved hjelp av strandforskyvningskurver. Figur 2.5 viser en strandforskyvningskurve for feltområdet i Hereiane. Høyde over flogrense er gitt i meter over havet (m o.h.) på Y-aksen. X-aksen representerer alder gitt i tusen kalibrerte kalenderår før nåtid (1950). Punktene på strandforskyvningskurven viser hvor havnivået lå for hvert 1000. år tilbake, og dermed også hvor de 11 lokalitetene i feltområdet på Hereiane ligger. Tabellen til høyre gir en beskrivelse av punktene på kurven. Strandforskyvningskurven er etablert ut i fra rekonstruksjonen av Lohne et al. (2007) for det relative havnivået siden forrige istid.



Figur 2.5: Strandforskyvningskurve fra Hereiane etablert ut i fra strandlinjediagrammet til Lohne et al. (2007). Kurven viser hvordan utviklingen i havnivået har vært de siste 11,000 år.

Kurven gir en beskrivelse av hvordan havnivået har endret seg de siste 11,000 år. Som vist på figuren var det et stort fall i havnivå mellom 11,000 og 10,000 år, på henholdsvis 43 meter. Dette sammenfaller med resultatene fra Lohne et al. (2007) hvor de viste at det relative havnivået falt med ca. 37 meter etter overgangen til holocen. Etter dette synker hastigheten til senkningen av havnivået, hvor det mellom 10,000 og 5000 år faller med ca. 23 meter, og deretter jevner seg enda mer ut med en endring på ca. 13 meter de siste 5000 år. Dette kommer av at raten for landheving var høyere rett etter istiden, og så har bremsset de siste tusen årene.

3.0 Områdebeskrivelse

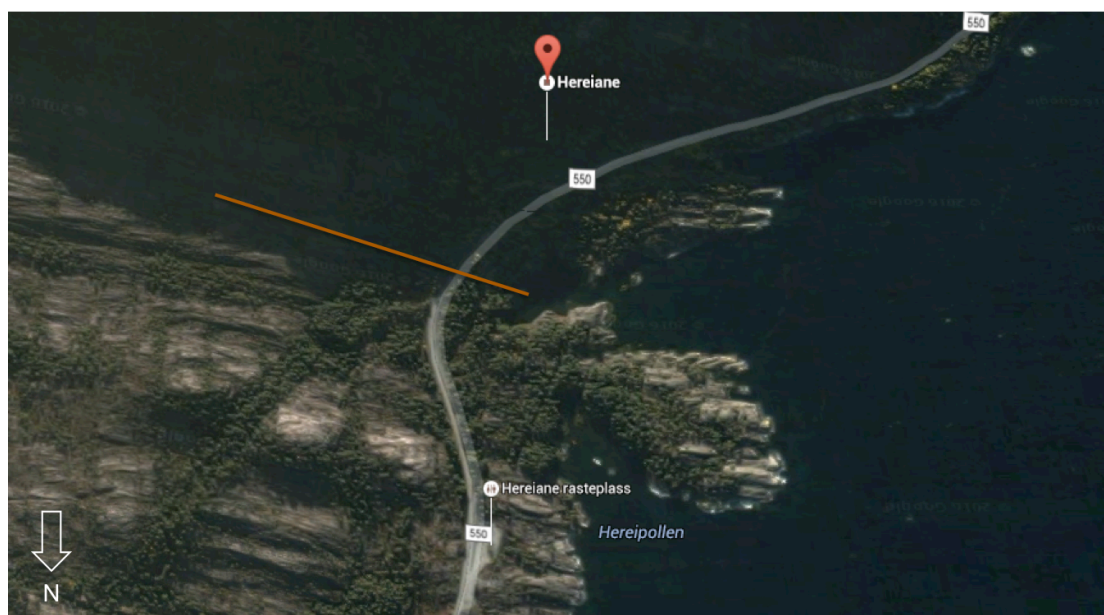
Hereiane er et lite lokalsted som ligger mellom Jondal og Herand, på sørøstsiden av Hardangerfjorden i Jondal Kommune. For å komme til Hereiane må en kjøre sørøstover fra Bergen, ta fergen fra Tørvikbygd til Jondal, for så å kjøre nordøstover opp langs fjorden på Riksvei 550 i ca. 20 minutter. Et kjennetegn for å finne fram til studieområdet er et arkitektdesignet gulmalt utedo på nedsiden av veggen som en del av en stor rasteplass. Figur 3.1 er et oversiktskart hentet fra norgeskart.no, hvor Hereiane og omegn er markert med en rød ring.



Figur 3.1: Oversiktskart over Hereiane i Hardanger (kart hentet fra norgeskart.no).

Figur 3.2 viser et flyfoto over Hereiane hentet fra Google Maps (2016). Den oransje linjen viser omtrentlig profil for hvor lokalitetene ligger, fra laveste til høyeste lokalitet. Den overnevnte rasteplassen ligger nederst i bildet, omtrent 150 meter nord for selve studieområdet. Det er flere grunner til at akkurat dette området ble valgt som feltområde til masterprosjektet. Først og fremst er det en stor fordel at området skrår jevnt oppover i terrenget, som gjør at gradienten (helningen) for lokalitetene ligger på omtrent det samme. Gradienten har noe å si for forvittringsforholdene i forhold til

hvordan vannet dreneres over bergarten. Bergoverflaten som strekker seg fra flogrensen og opp til 79 m o.h. har generelt lite vegetasjon og rene overflater, noe som er en nødvendighet når det kommer til Schmidthammermålinger. Det er nærmest ingen kartlav eller mose, bortsett fra noe tilstedeværelse på de laveste lokalitetene. Det gikk likevel greit å finne utildekkede flater ved disse lokalitetene ved å bevege seg litt til sidene (i samme høyde). Området er relativt lite berørt av menneskelig aktivitet, noe som tilsier at naturlige prosesser har fått virke uforstyrret. Det er i tillegg en svært viktig faktor at det er samme bergartstype langs hele sekvensen.



Figur 3.2: Flyfoto over Hereiane (google.no/maps). Den oransje linjen indikerer omtrentlig utstrekning for feltområdet, fra laveste lokalitet på 2 m o.h. til høyeste lokalitet på 79 m o.h.

Hereiane ligger ved $60^{\circ} 19' 42''$ (breddegrader) og $6^{\circ} 20' 17''$ (lengdegrader). Klimaet er temperert, med en årlig gjennomsnittstemperatur på ca. 7 grader, en gjennomsnittlig vintertemperatur rett over 0°C og en gjennomsnittlig nedbør på ca. 2200 mm i året (yr.no/klima/jondal). Vegetasjonen består hovedsakelig av barskog dominert av furu og gran. Storskala geomorfologi for området er karakterisert av skrå fjellsider på begge sidene av fjorden som følge av dannelsen av Hardangerfjorden under forrige istid. Høyden på fjellene ligger i hovedsak fra 450 - 1000 m o.h. på sørøstsiden av fjorden og mellom 700 - 1100 m o.h. på den nordvestlige siden (norgeskart.no). Området ble isfritt i løpet av holocen, mellom 10,000 og 11,000 år siden.

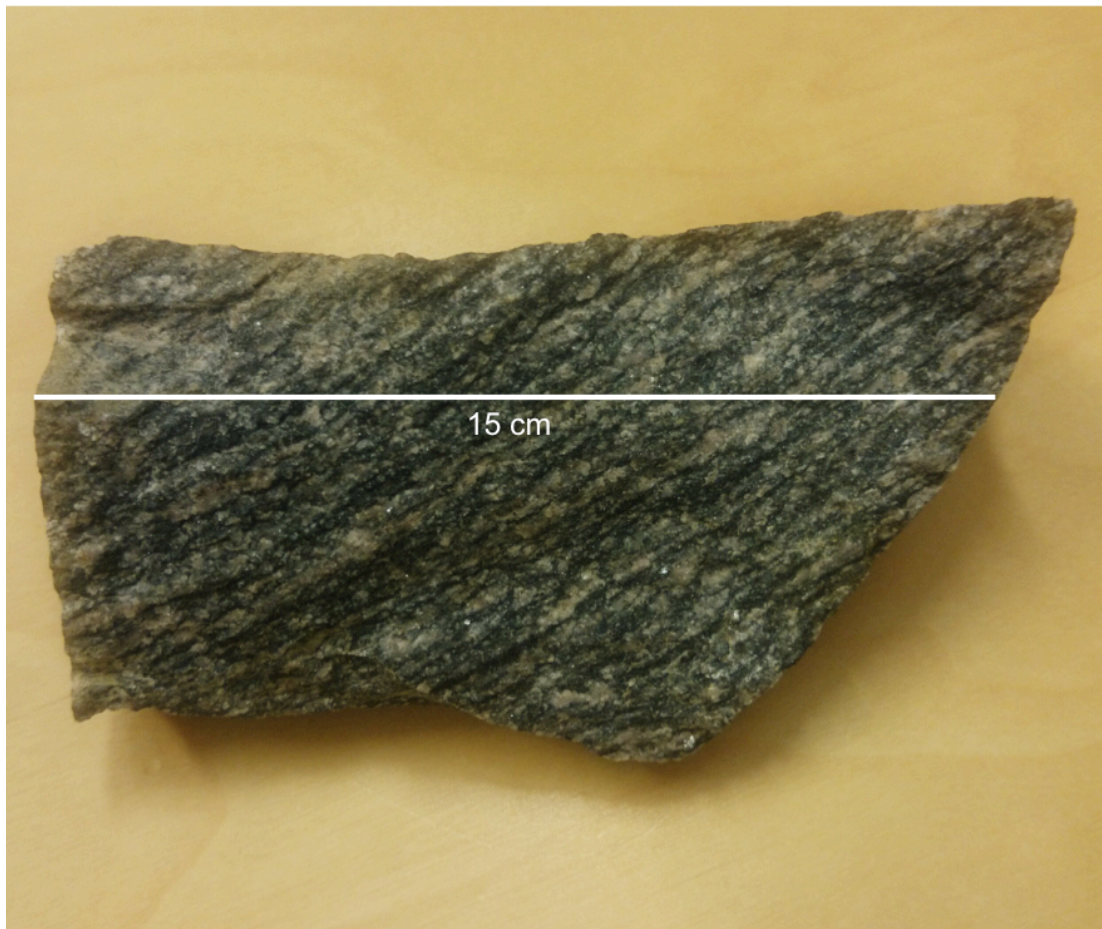
3.1 Berggrunn

Berggrunnen i Hereiane er en del av Fyksedekkeet, et prekambrisk gneiskompleks som hører til Bergstøgruppen (ngu.no/fyksedekkeet). NGU beskriver bergarten for studieområdet som granittisk gneis som er overbåndet med partier av foliert monzonitt og foliert dioritt (geo.ngu.no/kart/berggrunn). Granitt er en magmatisk bergart som i hovedsak består av mineralene feltspat, kvarts og plagioklas. Gneis er en metamorf (omdannet) bergart med store variasjoner i farge og struktur. Når gneisen har sin opprinnelse i granitt, og derav har samme mineralsammensetning, kalles det for en granittisk gneis. Denne bergarten blir dannet ved ”pressing” (høyt trykk) av granitter dypt nede i jordskorpen (ngu.no/emne/gneis). På figur 3.3 er feltområdet i Hereiane innrammet i en svart boks, hvor en ser at hele området består av samme bergart.



Figur 3.3: Berggrunnskart fra NGU (geo.ngu.no/kart/berggrunn). Hereiane er innrammet i svart boks.

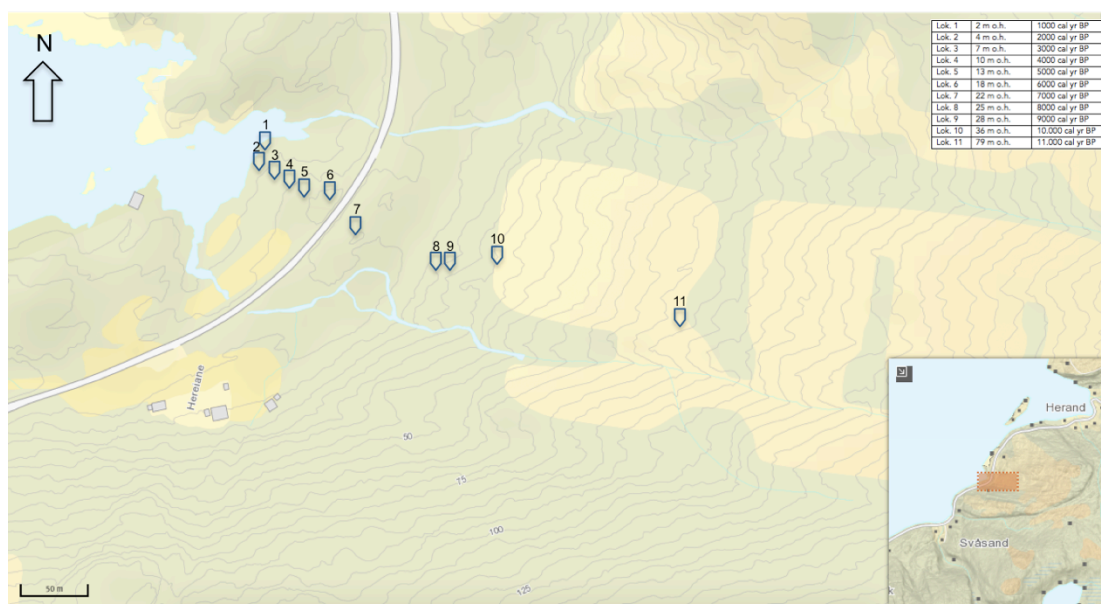
Figur 3.4 viser et bilde tatt av en bergartsprøve fra Hereiane. Prøven ble samlet inn i fra en blotning ved vegskjæringen mellom lokalitet 6 og 7 (se terrengprofil, figur 3.6). Gneis har ofte en rosa farge, i større eller mindre grad, men bergarten fra feltområdet har en mer grålig farge. Dette kan tyde på et relativt lavt innhold av mineralet kalifeltspat, som gir den rosa fargen. De parallelle stripene som vises på bildet er karakteristisk for denne bergarten (ngu.no/emne/gneis). De lyse mineralene er kvarts og feltspatmineraler, mens de mørke mineralene er i hovedsak biotitt og amfibol (snl.no/granitt). Granittisk gneis er en motstandsdyktig (hard) bergart, som har en relativt lav forvittringsrate. Denne bergartstypen er ofte brukt innenfor studier med Schmidhammer.



Figur 3.4: Bilde av en bergartsprøve fra Hereiane. Den stripete strukturen er karakteristisk for (granittisk) gneis (Bilde: Helle Bendiksen).

3.2 Lokalitetskart

Figur 3.5 illustrerer et kart over alle lokalitetene som er brukt i felt på Hereiane. Det er 11 lokaliteter mellom 2 m o.h. og 79 m o.h. Plasseringen av lokalitetene gjenspeiler hvor havnivået lå til hvilken tid, og dermed også hvordan selve endringen i havnivå har vært. Mellom lokalitet 10 og 11 er det henholdsvis 43 høydemeter i forskjell, noe som forteller at den relative havnivåsenkningen skjedde raskt mellom 11 og 10 ka. Mellom lokalitet 6 og 7 er det en veiskjæring, og mellom lokalitet 7 og 8 er det et lavere skogområde (se også terrengprofil, figur 3.6). Tabellen oppe i høyre hjørne beskriver alder og høyde for hver lokalitet. For lokalitetene nærmest havet var det noe mer vegetasjon enn for de øvre, og dette ble løst ved å bevege seg til sidene i terrenget (i samme høyde) for å finne rene overflater for å utføre Schmidthammermålinger på.

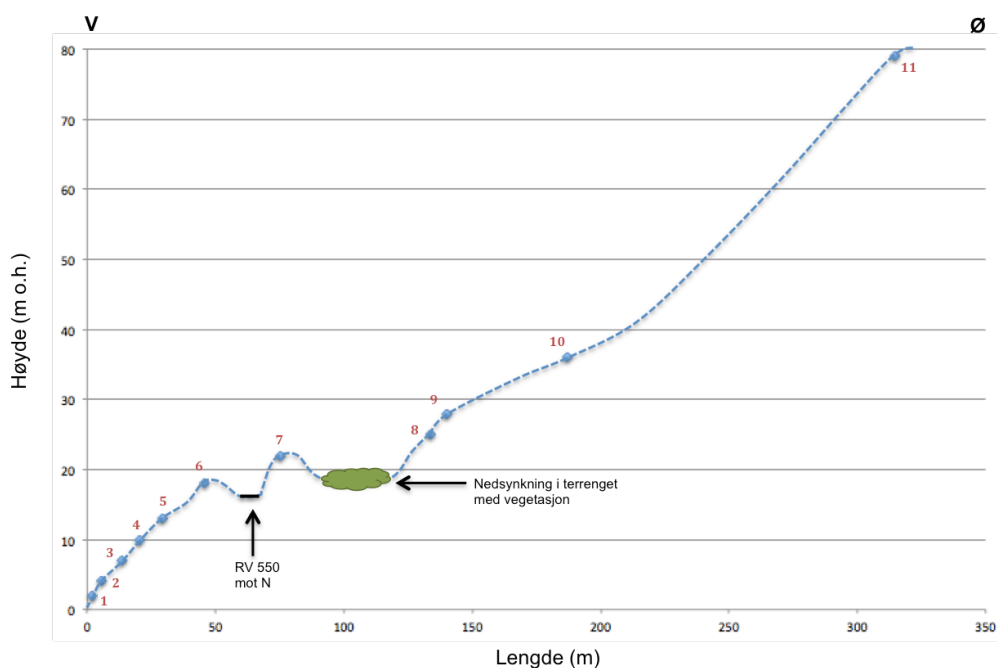


Figur 3.5: Kart hentet fra norgeskart.no og modifisert i Microsoft Power Point. Kartet viser lokalitet 1 - 11 og en beskrivelse oppe i høyre hjørne for hvilken høyde de ulike lokalitetene ligger på.

Det ble etter hvert ønskelig å opprette en tilleggslokalitet ”0” ved flogrensen (0 m o.h.), men dette ble det dessverre ikke tid til. Dette var med tanke på at det hadde vært en fordel å samle inn observasjoner og målinger fra dagens havnivågrense, i tillegg til de andre etablerte og målte lokalitetene for et bredere datasett.

3.3 Terreng

Figur 3.6 illustrerer et terrengprofil av feltområdet på Hereiane. Høydene i profilet er etablert ved hjelp av lokalitetene som ”sjekkpunkt”. Lokalitetene er markert med blå punkter i profilet og beskrevet med nummer. Lengdene er regnet ut fra Google Maps, og kan derfor avvike, men det vil i så fall være snakk om et par meter totalt. Profilet beskriver området fra havgrensen ved 0 m o.h. opp til lokalitet 11, som ligger på 79 m o.h. Terrenget består i hovedsak av bart fjell som skrår jevnt oppover, med noe vegetasjon og barskog enkelte steder. Mellom lokalitet 7 og 8 er det en senkning i terrenget med mye vegetasjon, og etter 150 m på profilet (fra lokalitet 9) og oppover er det lite eller ingen vegetasjon. Det er i tillegg noe vegetasjon ved de laveste lokalitetene, men ikke i like høy grad som vegetasjonsområdet som vises på profilet. Mellom lokalitet 6 og 7 går veiskjæringen med Riksvei 550 mot nord, som beskrevet tidligere. Også i terrengprofilet kan en følge utviklingen for havnivået, da punktene som representerer lokalitetene, igjen er beskrevet av hvor havnivået lå til hvilken tid (som beskrevet i figur 3.5).



Figur 3.6: Terrengprofil over feltområdet på Hereiane. Plott laget i Excel og modifisert i Power Point.

4.0 Teori

Dette kapitlet gir først en kort oppsummering for hva oppgaven går ut på, så bakgrunn for metodene som er brukt. Det blir beskrevet hva en Schmidhammer er og hvordan den fungerer, i tillegg til hvilke fordeler og begrensninger instrumentet har. Deretter kommer en teoretisk beskrivelse av utvalgte statistiske variabler. Det er i hovedsak disse to metodene som er brukt i prosjektet.

4.1 Oppsummering av teori for oppgaven

Jordens havnivå er i stadig endring, som følge av istider, mellomistider, isbreer og heving/senkning av landmassene. Etter forrige istid skjedde det først en relativ havnivåstigning, som et resultat av at isbreene smeltet vekk. Etter at det relative havnivået nådde sitt klimaks sent i yngre dras startet senkningen rett etter overgangen til holocen som en følge av landheving (Lohne et al., 2007). Siden dette har havnivået fortsatt å synke i forhold til landmassene. Denne havnivåendringen er avhengig av geografisk beliggenhet, og for studieområdet til dette masterprosjektet har det relative havnivået falt med henholdsvis 79 meter de siste 11,000 år.

Når en bergoverflate blir eksponert, som følge av at havnivået faller eller at isbreer smelter vekk, blir den utsatt for kjemisk og mekanisk forvitring. Forvitringen kan være i form av vind, rennende vann, tine- og fryseprosesser, sur nedbør, vegetasjon med mer. Teorien er at en kan bruke graden av forvitring til å måle hardheten på en bergoverflate, hvor en overflate som har vært eksponert lenge vil være mer forvitret enn en yngre overflate, og derav ha lavere resistans. Nicholson (2009) har vist at forskjellen mellom det første og det andre støtet med Schmidhammer på samme punkt gjenspeiler graden av forvitring for en bergoverflate. Det er denne graden av forvitring som resulterer i de ulike verdiene en får når en utfører målinger med Schmidhammer. For lokalitetene på Hereiane vil derfor målingene 79 m o.h. i teorien gi lavere verdier enn målingene ved dagens havnivå, som et resultat av at de eldste lokalitetene ble eksponert først og dermed har en større forvitningsgrad.

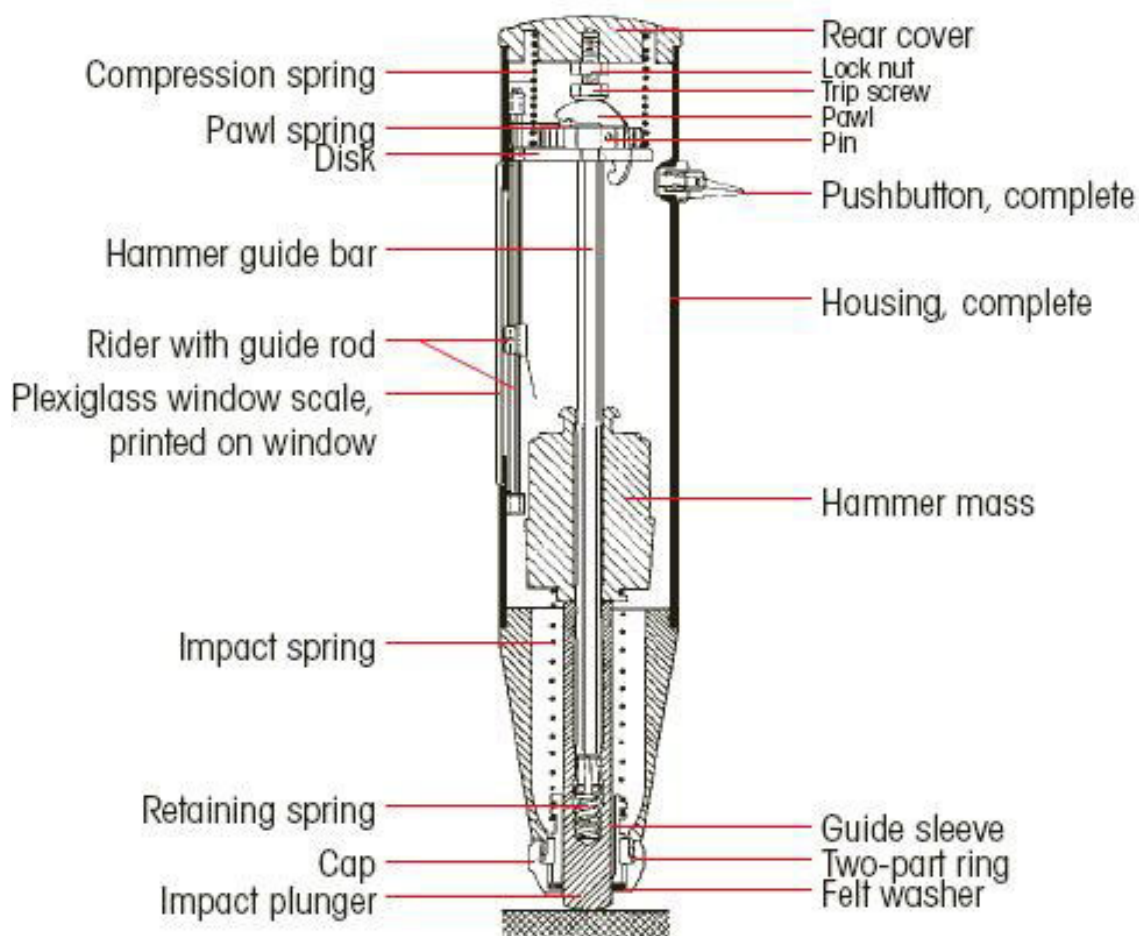
Forskningen for dette masterprosjektet går derfor ut på at en ved hjelp av Schmidthammermålinger på hver av de 11 lokalitetene, hvor en vet hvilken høyde havnivået lå på for hvert 1000. år, skal kunne se om det finnes en lineær tendens. Det vil i så tilfelle si at det vil være en jevn senkning av de målte verdiene ut i fra hvor lenge bergoverflaten har vært eksponert. Hvis dette lineære forholdet mellom alder og hardhet (i form av R-verdier) finnes, kan det etableres en dateringskurve hvor nye målinger på andre objekter av samme type bergart kan puttes inn i grafen, som vil kunne gi en anslagsvis aldersbestemmelse for objektet.

4.2 Schmidthammer

Schmidthammeren ble oppfunnet på slutten av 1940-tallet av en sveitsisk ingeniør ved navn Ernst Schmidt og har siden 1960-tallet blitt brukt i vitenskapelig sammenheng (Goudie, 2006). Den er kjent ved flere navn, som for eksempel ”Swiss hammer” og ”Rebound hammer”. Teknikken var opprinnelig designet for å være en ikke-destruktiv metode for å teste hardheten til betong (Day og Goudie, 1977), og den klassiske modellen har gjennomgått relativt få endringer til tross for at det er nesten 70 år siden den kom på markedet. Schmidthammeren har i senere tid fått en lang liste med bruksområder i tillegg til hva den originalt var designet for, og har med tidens løp fått en større og større rolle innenfor geologiske og geomorfologiske undersøkelser.

4.2.1 Instrumentet

Schmidthammeren består av mange komponenter (se figur 4.1). Hovedkomponentene er springfjæren (compression spring), stempelet (piston), nedslagsfjæren (impact spring) og bolten (plunger) (www.gardo.com). Mekanismen fungerer ved at det springfjærladede stempelet presses mot en overflate og automatisk utløses mot bolten. Deler av energien som blir overført fra stempelet til overflaten som måles, blir omgjort til varme og lyd. Den resterende energien representerer motstanden for energien til å penetrere og utgjør stempelets *rebound*. Des hardere overflate, jo kortere vil penetreringstiden til energien være, og jo større vil hammerens *rebound* bli. Målingene blir samlet inn som rebound values (R-verdier), og disse indikerer hardheten på overflaten som måles (Aydin og Basu, 2005).



Figur 4.1: Figur viser de ulike komponentene for Schmidthammeren, og hvordan den er bygd opp (www.gardo.com).

4.2.2 Modell "N-type"

Den klassiske Schmidthammeren finnes i tre ulike varianter, og disse kalles for N-type, L-type og P-type. Hammeren som er brukt mest i geomorfologisk sammenheng er den såkalte "N- typen", og det er også denne modellen som er brukt for dette masterprosjektet. Dette kommer av at L- og P-typen er designet for myke bergarter, mens N-typen har kapasitet til å samle inn data fra både myke og veldig harde bergarter. Bergoverflatene på Hereiane er som tidligere nevnt av granittisk gneis, som karakteriseres som en hard bergart. N-hammeren har en nedslagsstyrke på 2,207 Nm og et spenn mellom ca. 25 og 250 Mpa. (Viles et al 2010).

4.2.3 R-verdier

R-verdier er enheten for målingene som tas med Schmidthammer og de oppgis på en skala på siden av hammeren mellom 10 og 100. ”Myke” bergoverflater gir lave verdier, og indikerer at bergarten enten har vært eksponert over lengre tid eller har vært utsatt for mye forvitring (Williams og Robinson, 1983). Harde bergoverflater gir høye verdier, noe som indikerer at en overflate er nylig er eksponert, eller at den har en lav grad av forvitring. I tillegg til alder for eksponering eller forvitringsgrad, har ulike bergarter en forskjell i motstandsdyktighet ut i fra mineralsammensetning. Eksempelvis vil en myk bergart som kalk gi gjennomsnittlige verdier rundt 10 og harde bergarter som kvartsitt gir R-verdier over 60 (Goudie, 2006). Tabell 4.1 gir en oversikt over hvilke R-verdier som er karakteristiske for ulike bergarter (Selby, 1993). For dette prosjektet er det foretatt målinger på granittisk gneis, hvor de fleste måleverdiene ligger mellom ~ 52 og 57, noe som samsvarer med denne modellen.

Tabell 4.1: Modifisert tabell fra Selby (1993) gir en beskrivelse av hvilke R-verdier som er karakteristiske for ulike bergarter ved bruk av en N-type Schmidthammer. Bergarten i feltområdet går under kategorien ”hard bergart” med typiske R-verdier mellom 50 og 60.

Beskrivelse	R-verdier (N-type)	Karakteristiske bergarter
Veldig myk bergart	10 – 35	Forvitret og myk kompakt sedimentær bergart – kalk og steinsalt
Myk bergart	35 – 40	Svakt sementert sedimentær bergart – kull, siltstein og skifer
Moderat hard bergart	40 – 50	Kompetent sedimentær bergart – sandstein og fyllitt
Hard bergart	50 – 60	Kompetent magmatisk og metamorf bergart – granitt og gneis
Veldig hard bergart	> 60	Tett finkornet magmatisk og metamorf bergart – kvartsitt, gabbro og basalt

4.2.4 Teori for utførelse av målinger

Det finnes mange teorier for hvilken måte det er best å utføre Schmidthammermålingene på, og det er gjort mangfoldige forsøk for å finne ut hva som fører til mest korrekte eller nøyaktige data. Gupta (2009) har foreslått at en skal foreta 50 målinger på samme overflate, for så å forkaste de 10 laveste og de 10 høyeste verdiene før en regner ut gjennomsnittsverdi og avvik. Yavus et al. (2006) har foreslått å foreta 20 målinger hvor kun de 10 høyeste verdiene blir tatt i betraktning. Aydin (2009) har foreslått at en skal foreta 20 målinger på samme overflate med en avstand som tilsvarer diameteren til bolten, før en regner ut gjennomsnitt og avvik uten at noen av verdiene blir utelatt. Felles for alle er en enighet om at det vil være lønnsomt å ta mange målinger (> 50), og finne gjennomsnittet av disse, da flere målinger vil gi større statistisk sikkerhet. Aydin og Basu (2005) har testet utførelsen av datainnsamlingen grundig. De har konkludert med at flere målinger på en bergoverflate gir en bedre indikasjon på forvitningsgrad enn hva bare et få antall målinger vil gjøre.

4.2.5 Fordeler

Det er flere fordeler når det kommer til bruk av Schmidthammer. For det første er den liten, lett og dermed portabel og grei å ta med seg i felt. Den klassiske N-typen veier rundt 2,3 kg, og den er billig både i innkjøp og i bruk/reparasjon. Den er veldig enkel å utføre målinger med, og variasjonen mellom operatørene er liten. Dette vil si at siden hammeren har en bestemt nedslagsstyrke, vil det forekomme få variasjoner selv om ikke samme person utfører alle målingene (Nesje, 2014).

Muligheten til å både utføre et mangfolds målinger på kort tid, og at en kan foreta målinger *in situ* i felt, gjør Schmidthammeren både økonomisk og tidsbesparende ved at en ikke trenger å samle inn prøver til lab og utføre målingene der. Den kan i tillegg bli kalibrert på en rask og enkel måte. Operatørene tilbyr kalibrering, men disse innstillingene er i hovedsak siktet inn for bruk i bygningsbransjen. Schmidthammeren må derfor kalibreres etter det formålet den skal brukes til. Til slutt lar instrumentet seg påvirke svært lite eller ingenting av temperaturforskjeller (Goudie, 2006).

4.2.6 Begrensninger

Som med de fleste metoder, finnes det også begrensninger ved bruk av Schmidthammeren. R-verdier blir lett påvirket av gravitasjonskrefter, slik at alle målinger som ikke utføres horisontalt må bli normalisert med referanse til den horisontale retningen (Aydin og Basu, 2005). Aydin og Basu (2005) har utviklet en analytisk formel for å normalisere R-verdiene til Schmidthammeren, og denne metoden er verifisert til å kunne brukes på alle de ulike variantene. Instrumentet er også ekstremt sensitivt til diskontinuiteter i en bergart, som for eksempel folierte eller oppsprukne bergarter (Goudie, 2006). Ved måling av folierte eller båndede bergarter, vil en risikere å foreta målinger på flere enn en type bergart, som vil gi forstyrrede verdier. Skal en til nød teste båndede bergarter, må en sørge for at en kan utføre flere målinger på bånd som er tykkere enn boltene på hammeren (Nesje, 2014).

Det er også viktig å vurdere faktorer som overflatetekstur og variabilitet i forvittringsrater mellom ulike bergarter og mineralogier (Goudie, 2006). Faktorer som vanninnhold i bergarten, vann på bergoverflaten, kartlav og mose, ruhet og ujevnheter kan føre til feil i R-verdiene (Viles et al., 2010). Hvis det er store ujevnheter vil boltene kunne treffe disse før den treffer selve overflaten som skal måles, og energi vil gå tapt i nedslaget (Hucka, 1965). Når det gjelder kartlav og mose, bør dette unngås, da målingene vil bli dempet og resultere i lavere verdier enn hva som er realiteten. For å likevel benytte slike områder kan overflaten renses med carborundum før måling (Viles et al., 2010).

Hvis en hammer er veldig mye brukt eller gammel, kan springfjæren etter hvert bli slitt og gi ukorrekte resultater. En kan teste hammeren ved hjelp av en *testambolt*, en flate med en bestemt gitt verdi, for å sjekke om hammeren gir sanne verdier (for eksempel fra dag til dag i felt). Størrelsen på objektet som skal måles er i tillegg noe som må vurderes, med tanke på at bevegelse i underlaget kan påvirke verdiene, og at objektet faktisk kan bli knust av nedslaget. Schmidthammeren egner seg dermed ikke for å teste små og lette blokker (Sumner og Nel, 2002). Goudie (2006) foreslår at objektet som skal måles bør være minst 25 kg tungt.

4.3 Statistikk

Statistikk er et viktig verktøy for analyse av innsamlet Schmidhammerdata fra felt. For denne masteroppgaven vil en forståelse innenfor statistikk være til god hjelp for å tolke materialet som blir presentert i resultatdelen. Det er mange tabeller og diagrammer som blir fremstilt, hvor statistikken gir en oversikt over et stort antall målinger. Dette delkapittelet gir derfor en beskrivelse av de statistiske variablene som er brukt i resultatene. Disse omfatter minimums- og maksimumsverdi, gjennomsnitt, median, standardavvik, varians, skjevhet og kurtose. I tillegg er normalfordeling beskrevet da dette kan føre til en videre forståelse av de andre nevnte variablene.

4.3.1 Minimum og maksimum

Minimum og maksimum beskriver den største og den minste verdien for et datasett og gir et inntrykk av hvor stort intervallet for verdiene som er innsamlet er.

4.3.2 Gjennomsnitt

Gjennomsnitt er et sentralmål og er ofte brukt for å beskrive et numerisk datasett. Variabelen er også kalt for aritmetisk middeltall, og er summen av alle målingene i et datasett delt på antall målinger (McGrew og Monroe, 1993). Gjennomsnitt er det mest brukte sentralmålet og kan beregnes med denne formelen:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

\bar{X} er gjennomsnittet

x_i er de enkelte målingene

n er antall målinger

(Formel hentet fra mn.uio.no/ibv)

Den sanne verdien μ (μ = helt korrekt gjennomsnittsverdi) vil en aldri finne, samme hvor mange målinger en foretar. μ defineres som snittet av en populasjon, og jo flere målinger en tar vil en stadig nærme seg denne sanne verdien. Det vil likevel alltid finnes individuelle målinger rundt gjennomsnittsverdien som gir et estimat av ulike faktorer som avviker fra normaliteten (ndla.no). Når en angir et måleresultat (som da f.eks. gjennomsnitt), angir en også et mål for variasjonene av resultatet i tillegg. Her

kommer variablene beskrevet videre i kapittelet inn, da disse gir en beskrivelse av avvikene rundt gjennomsnittsverdien for alle Schmidthammermålingene. For dette prosjektet har gjennomsnittsverdien vært helt sentral, da tabellene og figurene i resultatdelen i hovedsak er basert på denne variabelen.

4.3.3 Median

Median er den midterste verdien for et datasett rangert i stigende rekkefølge, og som dermed deler den totale frekvensen i to (mn.uio.no/ibv). Dette vil si at det er like mange målinger over som under medianen i et datasett (McGrew og Monroe, 1993). Hvis målingene er rangert i stigende rekkefølge i partallsantall (f.eks. 100), vil medianen være summen av de *to* verdiene i midten som blir slått sammen og delt på to. For et datasett med 100 målinger vil dette utgjøre måling nummer 50 og 51, hvor det dermed vil være 49 målinger både over og under. Hvis måling nummer 50 og 51 i et datasett på 100 målinger har verdier på 53 og 54, vil medianen være 53,5.

4.3.4 Varians

Variansen er definert som ”summen av kvadratene til avvikene fra gjennomsnittsverdien for hver måling” (mn.uio.no/ibv). I tillegg til sentralmålet (gjennomsnittet) er spredningsmål viktig for et datasett. Spredningsmål viser hvor spredt tallene ligger rundt de sentrale verdiene, og varians er sammen med standardavvik de to mest benyttede variablene innenfor spredningsmål (Helbæk, 2001). Standardavvik og varians henger tett sammen i og med at standardavviket er kvadratroten av variansen (Hansson, 2013).

Variansen for et datasett blir beregnet ved å se på hver måling og hvorvidt den avviker fra gjennomsnittet. Avvikene for hver måling kvadreres (”kvadratavvik”) og summeres sammen. Variansen utgjøres av det gjennomsnittlige kvadratavviket og beregnes med følgende formel hvor n er antall målinger og \bar{x} er gjennomsnittet av verdiene:

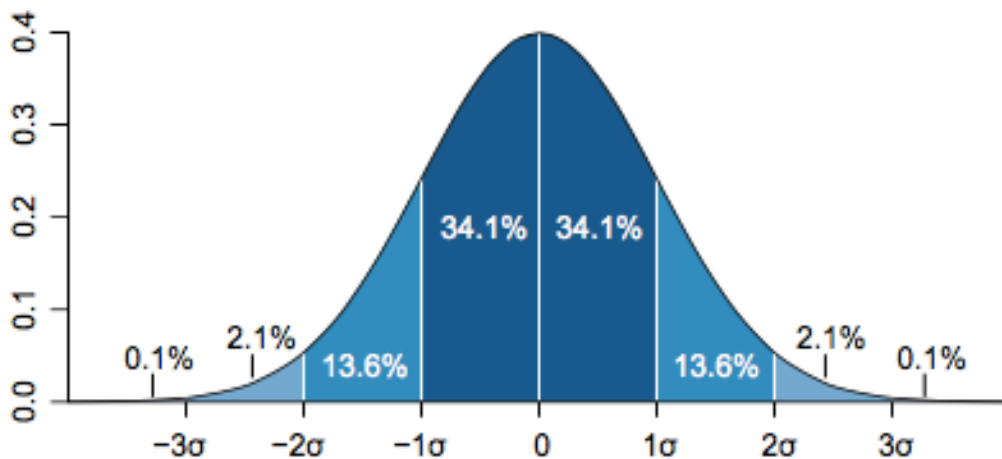
$$VAR = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

(Formel hentet fra Hansson, 2013)

Variansen regnes ut ved å 1) regne ut gjennomsnittet 2) regne ut forskjellene mellom gjennomsnitt og hver måling 3) kvadrere forskjellene 4) summere kvadratene av forskjellene og 5) dividere summen med det totale antall målinger (matematikk.org). Uansett om avviket mellom en måling og gjennomsnittet er positivt eller negativt, vil kvadratet av differansen alltid være positivt (matematikk.org). Siden denne variabelen kan være vanskelig å forstå, bruker en som oftest standardavvik – en mer håndfast variabel som enkelt kan knyttes direkte til gjennomsnittsverdien for et datasett.

4.3.5 Normalfordeling og standardavvik

Den *gaussiske normalfordeling* er en modell som ble etablert av Johann Carl Friedrich Gauss (1777-1855) og som beskriver fordelingen av et datasett. Teoretisk sett er normalfordelingen et resultat av en eksponentialfunksjon som gir en klokkeformet kurve (Vedeld og Venheim, 2008). Denne kurven kalles for en normalfordelingskurve eller for ”Gausskurven” og vises i figur 4.2:



Figur 4.2: Normalfordelingskurven beskriver en ideell fordeling av et datasett. I midten av kurven ligger gjennomsnittet, og på sidene ligger ett, to og tre standardavvik.

Normalfordeling er i teorien det man sitter igjen med for et datasett basert på et uendelig antall målinger. Små datasett vil med andre ord lite sannsynlig være normalfordelt. Det kan i tillegg forekomme avvik for store datasett, men ofte vil den teoretiske normalfordelingen samsvare til en viss grad med virkeligheten (Vedeld og Venheim, 2008).

Når et datasett er normalfordelt kan ulike egenskaper for tallmaterialet settes. Normalfordeling danner grunnlaget for datainnsamling og statistikk. Selv om det kan være vanskelig å forstå selve eksponentialfunksjonen for normalfordeling, kan selve kurven forklares relativt enkelt. Normalfordelingskurven viser frekvensen av en verdi på y-aksen og spredningen for verdiene på x-aksen. Hvis et datasett har en *ren* normalfordeling, vil den klokkeformede kurven være symmetrisk på begge sider, og dermed ha en skjevhet lik 0. Sentralverdien (i midten) er den verdien som opptrer mest, og ved normalfordeling vil denne verdien utgjøre det samme som gjennomsnittet og medianen (McGrew og Monroe, 1993).

Som nevnt tidligere defineres *standardavviket* som kvadratroten til variansen (mn.uio.no/ibv). Den er et mål som beskriver spredningen av et datasett, og som gir informasjon om hvor stort avvik de enkelte målingene i gjennomsnitt befinner seg fra gjennomsnittsverdien (skolediskusjon.no/standardavvik). For et hvilket som helst datasett vil 68% av tallmaterialet ligge innenfor ett standardavvik ($\pm 1\sigma$) fra gjennomsnittet, og 95% av tallmaterialet innenfor to standardavvik ($\pm 2\sigma$) (Vedeld og Venheim, 2008). Dette illustreres i normalfordelingskurven over (figur 4.2).

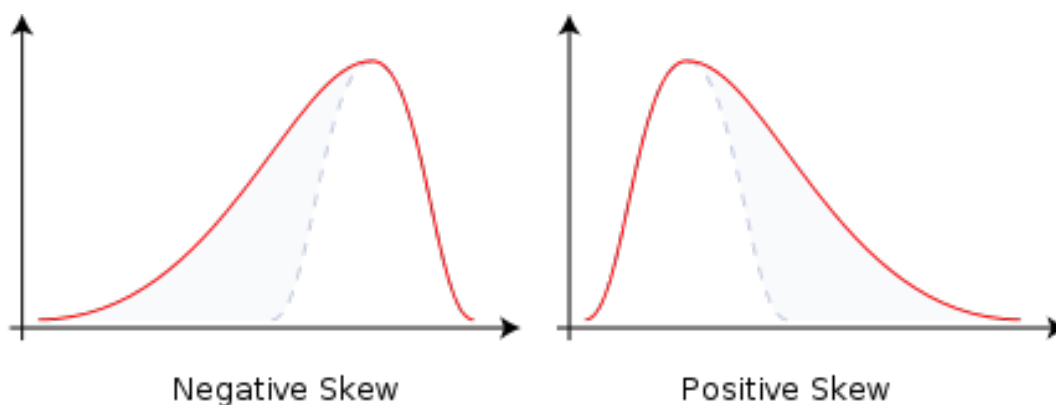
Formelen for å regne ut standardavviket er som følger:

$$STD = \sqrt{VAR} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

(Formel hentet fra Hansson, 2013)

4.3.6 Skjevhet

Skjevheten beskriver graden av symmetri i en frekvensfordeling ved å bestemme om måleverdiene er jevnt eller ujevnt fordelt på hver side av gjennomsnittet. Det kan forekomme positiv eller negativ forskyvning. Ved positiv forskyvning, vil medianen bli dreid mot høyre i figuren, og det vil bli en "hale" mot den positive delen av datasettet. Ved negativ forskyvning blir medianen flyttet mot venstre, og det blir en "hale" mot de laveste verdiene (McGrew og Monroe, 1993). Hvis tallmaterialet ikke har en skjevhet, vil verdien være 0 og kurven vil være symmetrisk på begge sidene av sentralverdien. Figur 4.3 illustrerer hvordan negativ og positiv skjevhet for et datasett vil se ut i et diagram.



Figur 4.3: Kurvene illustrerer negativ og positiv skjevhet for et datasett ([wikipedia.org](https://en.wikipedia.org)).

4.3.7 Kurtose

Kurtose er en tallstørrelse som sammen med gjennomsnitt, varians og skjevhet beskriver en sannsynlighetsfordeling. Kurtose er et mål for hvordan fordelingen av data er spredt mellom *yterpunktene*. Normalfordelingens kurtose er per definisjon 3, men ofte trekkes 3 fra den beregnede kurtosen, slik at kurtosen for en normalfordeling blir 0. Hvis utregnet kurtose er positiv, er verdiene mindre spredt enn normalfordelingen og kurven vil opptre som spiss med tynnere hale. Hvis kurtosen er negativ ligger verdiene mer spredt rundt gjennomsnittet enn normalfordelingen og kurven vil være mindre spiss med tykkere hale (Hansson, 2013).

5.0 Metode

Formålet med dette masterprosjektet er som tidligere forklart å finne ut om det finnes et forhold mellom R-verdier og alder, og i så tilfelle om en dateringskurve kan etableres. For å finne ut av dette har Schmidthammer blitt brukt for å måle hardheten på bergoverflater på Hereiane i Jondal Kommune på Vestlandet. Det er benyttet 11 ulike lokaliteter i bestemte høyder med fastsatt alder. I tillegg til Schmidthammeren er det brukt ulike kart over området, kompass og høydemåler i felt. Kartene ble i hovedsak benyttet i planleggingen av feltarbeidet for å bli kjent med området og for å finne ut av hvor det best ville egne seg å sette lokalitetene ut i fra terreng og rene bergoverflater. Kompasset ble brukt for å vise orienteringsretning på bildene som ble tatt. I ettertid av feltarbeidet ble innsamlet data prosessert og analysert ved hjelp av dataprogrammene Microsoft Office Excel og KaleidaGraph. Dette kapittelet gir en beskrivelse av de ulike metodene som har blitt brukt under og etter feltarbeidet.

5.1 Utførelse i felt

Feltarbeidet i Hereiane ble utført i løpet av to perioder, i starten og i midten av september 2015. Det var begge gangene to observatører i felt for å gjøre arbeidet så nøyaktig og effektivt som mulig. Av utstyr var det medbrakt kart, kompass, merkespray, høydemåler og to Schmidthammere.

Observatørene startet med å få en god oversikt over undersøkelsesområdet, og med å bestemme hvor det ville være best å sette lokalitetene ut i fra kart, terreng og rene bergoverflater. Det var på forhånd bestemt hvilken høyde lokalitetene skulle ligge på ut i fra strandlinjediagrammet av Lohne et al. (2007), og endelig etablering ble gjort ut i fra hvor det var lite vegetasjon og rene flater. Første dagen i felt var det nedbør og mye vind, noe som er ugunstig både for bruk av høydemåler og Schmidthammer, men de følgende dagene var det klarvær og stille. Når værforholdene var egnet, ble de 11 lokalitetene merket opp med merkespray ved hjelp av høydemåler, og resten av feltarbeidet ble tilbrakt med å foreta Schmidthammermålinger.

5.2 Høydemåler

En høydemåler av modell AIR-HB-1A produsert av Atmospheric Instrumentation Research INC ble benyttet for å finne hvilken høyde de 11 lokalitetene skulle ligge på ut i fra strandforskyvningskurven av Lohne et al. (2007). Høydemåleren er et håndholdt barometer/altimeter med en trykkrekkevidde på 364 til 775 mm Hg, og med en oppløsning på 0,1 mm Hg (Ewert og Swanson, 1966). Størrelsen, den enkle bruksmåten og nøyaktigheten gjorde dette apparatet ideelt for feltarbeidets formål.

En høydemåler er et instrument som brukes til å måle høyde over et bestemt nivå, som regel over havets overflate. Dette gjøres ved at instrumentet måler det atmosfæriske lufttrykket, som avtar med stigende høyde (snl.no/høydemåler). Ved havets overflate er trykket 760 mm Hg, som tilsvarer 1013 hPa. Ved 8 meter stigning, faller trykket med 1 hPa (snl.no/barometriskhøydemåling). Høydemåleren regner altså ut hvor mye en beveger seg i høyden ut i fra hvor mye lufttrykket avtar.



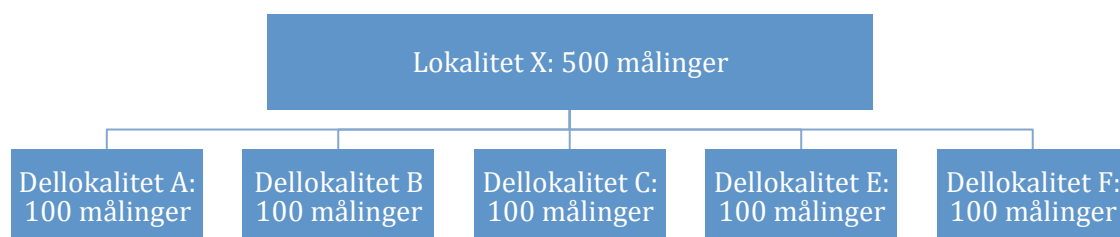
Figur 5.1: Feltassistenten kalibrerer høydemåleren i hoftehøyde ved 0 m o.h. (Bilde: Helle Bendiksen).

Det atmosfæriske lufttrykket har sammenheng med værtype, som kan føre til at instrumentet blir påvirket av høytrykk og lavtrykk. Dette ble tatt hensyn til i felt, hvor vi måtte vente med å merke opp lokalitetene til det var klarvær og lite vind. For at høydene skulle bli så nøyaktige som mulig, ble høydemåleren kalibrert ved 0 meter over havet i hoftehøyde (se figur 5.1). Deretter ble alle lokalitetene funnet ved å stadig holde instrumentet i hoftehøyde for at høydene skulle bli mest mulig korrekte.

5.3 Schmidthammer i felt

Basert på tidligere forskningsprosjekt (eks. Shakesby et al., 2011) og med tanke på denne oppgavens formål ble det i forkant av feltarbeidet bestemt at det skulle foretas 500 målinger på hver av de 11 lokalitetene. Instrumentet ble benyttet i henhold til anbefalingene ved å holdes vinkelrett på bergoverflaten, uten tilstedeværelse av vann, kartlav, mose eller annen vegetasjon, og ved å unngå synlige sprekker og hulrom.

Totalt ble det samlet inn 5500 Schmidthammermålinger. Disse er fordelt med 500 målinger på de 11 lokalitetene, som igjen er fordelt på 5 dellokaliteter med 100 målinger på hver. På hver dellokalitet ble målingene tatt innenfor en omkrets på en kvadratmeter, med et intervall på et par meters avstand. Figur 5.2 illustrerer hvordan målingene er fordelt på hver lokalitet i felt.



Figur 5.2: Illustrasjonsfigur for hvordan målingene ble tatt på hver av de 11 lokalitetene i felt.

Målingene ble foretatt på denne måten for å få et godt representert utvalg av R-verdier og derav gjennomsnittlige verdier for hver lokalitet. De ble samlet inn ved at en observatør tok målingene med Schmidthammer, mens den andre observatøren noterte fortløpende. Etter felt ble alle målingene lagt inn i Excel og KaleidaGraph, hvor statistikken ble regnet ut.

5.4 Bilder fra feltarbeidet

Under følger bilder fra de 11 lokalitetene i felt (alle bilder er tatt av undertegnede).



Figur 5.3: Lokalitet 1: 2 m o.h. / 1000 år.



Figur 5.4: Lokalitet 2: 4 m o.h. / 2000 år.



Figur 5.5: Lokalitet 3: 7 m o.h. / 3000 år.



Figur 5.6: Lokalitet 4: 10 m o.h. / 4000 år.



Figur 5.7: Lokalitet 5: 13 m o.h. / 5000 år.



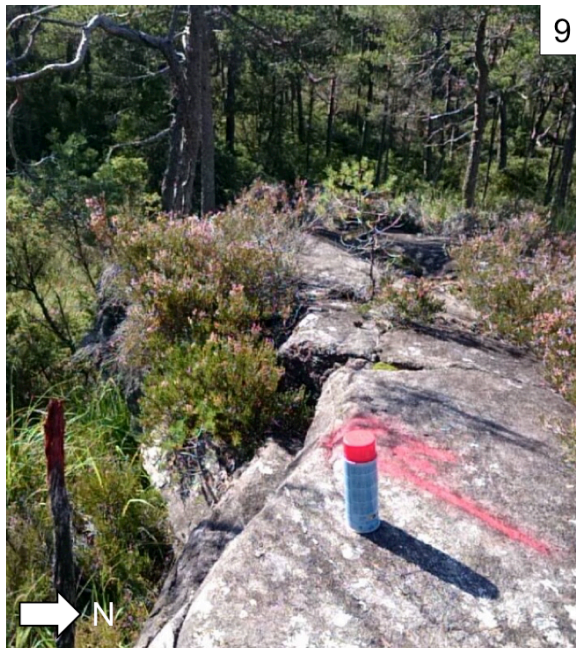
Figur 5.8: Lokalitet 6: 18 m o.h. / 6000 år.



Figur 5.9: Lokalitet 7: 22 m o.h. / 7000 år.



Figur 5.10: Lokalitet 8: 25 m o.h. / 8000 år.



Figur 5.11: Lokalitet 9: 28 m o.h. / 9000 år.



Figur 5.12: Lokalitet 10: 36 m o.h. / 10.000 år.



Figur 5.13: Lokalitet 11: 79 m o.h. / 11.000 år.

5.5 Bearbeiding av data

Tilbake på lab ble alle 5500 Schmidthammermålinger først lagt inn i Excel, hvor alle målingene ble delt inn etter lokaliteter og deretter rangert i stigende rekkefølge. En rangering av datasettet er nødvendig for utregning av enkelte statistiske variabler (eks: median). Etter å ha sortert alle målingene i Excel, ble de flyttet over til KaleidaGraph. Her ble de aktuelle statistiske variablene beregnet på en rask og enkel måte, både for hver individuelle dellokalitet (55 dellokaliteter x 100 målinger), i tillegg til en utregning for hver av de 11 hovedlokalitetene med alle 500 målinger samlet. Etter å ha regnet ut statistikken ble både tabeller, histogrammer og grafer laget i KaleidaGraph. Til slutt ble alle figurer modifisert i Microsoft Power Point for et klarere og bedre uttrykk. Under de statistiske utregningene og analysene ble alle 5500 innsamlede R-verdier tatt med.

5.5.1 Dataprogrammer

Microsoft Office Excel er utviklet av Microsoft og er et elektronisk regneark hvor en kan behandle tallmateriale, utføre beregninger, analysere informasjon og lage grafer og tabeller. I dette masterprosjektet har Excel vært et nyttig hjelpemiddel for å organisere innsamlet data og for å lage informative statistiske tabeller.

KaleidaGraph er et analyserings- og visuelt framstillingsverktøy. For dette prosjektet har KaleidaGraph vært et svært nyttig hjelpemiddel, både for behandling av tallmateriale og for fremstilling av grafer og histogrammer. For mange figurer er KaleidaGraph benyttet i stedet for Excel på grunn av at det er veldig enkelt å jobbe med, i tillegg til at grafene og diagrammene ser oversiktlige og profesjonelle ut.

Microsoft Office Power Point (også utviklet av Microsoft) er et enkelt presenterings- og framstillingsverktøy som har vært brukt til å modifisere figurer, tabeller, diagrammer, kart og bilder.

6.A Resultater

I dette kapittelet blir det presentert tabeller og diagrammer for å illustrere de statistiske utregnede resultatene fra Schmidthammermålingene gjort på felt i Hereiane. En samlet beskrivelse av de elleve lokalitetene er oppsummert i tabell 6.1. Det er *gjennomsnittet* av de 500 målte R-verdiene på hver lokalitet som er hovedfokuset for tabellen, samt for selve oppgaven. Gjennomsnittsverdien og dens utvikling reflekterer forholdet mellom hardheten til bergarten, som en funksjon av forvitningsgrad, og alderen til overflaten.

Tabell 6.1: Oversiktstabell som beskriver høyde, alder, gjennomsnittlig R-verdi og ett og to standardavvik for hver lokalitet.

Lokalitet	Høyde	Alder (kal år BP)	Gjennomsnittlig R-verdi	Ett standardavvik	To standardavvik
1	2 m o.h.	1 ka	50,93	± 5,99	± 11,98
2	4 m o.h.	2 ka	53,03	± 5,01	± 10,02
3	7 m o.h.	3 ka	52,57	± 5,05	± 10,10
4	10 m o.h.	4 ka	51,47	± 5,95	± 11,9
5	13 m o.h.	5 ka	51,59	± 5,96	± 11,92
6 *	18 m o.h.	6 ka	47,11	± 7,45	± 14,9
7	22 m o.h.	7 ka	52,33	± 5,88	± 11,76
8 **	25 m o.h.	8 ka	54,55	± 5,85	± 11,7
9	28 m o.h.	9 ka	50,56	± 6,99	± 13,98
10	36 m o.h.	10 ka	50,50	± 5,93	± 11,86
11	79 m o.h.	11 ka	44,97	± 8,48	± 16,96

* På lokalitet 6 oppsto det problemer med Schmidthammeren

** På lokalitet 8 var det høy tilstedeværelse av kvarts i bergarten

6.1 Statistikk

Tabell 6.2 beskriver de *statistiske variablene* som er regnet ut for alle innsamlede målinger på hver lokalitet. Alle 5500 målinger fra felt er lagt ved i appendiks (Vedlegg 1). Videre i appendiks er også de statistiske utregningene for hver dellokalitet (Vedlegg 2). Statistikken for de 55 dellokalitetene blir ikke presentert i resultatdelen fordi det ikke betraktes som nødvendig med en såpass detaljert beskrivelse av all statistikken.

Tabell 6.2: Utregnede statistiske variabler for alle de 500 målingene på hver lokalitet.

Lokalitet 1		Lokalitet 2		Lokalitet 3	
Minimum	30	Minimum	30	Minimum	28
Maksimum	64	Maksimum	66	Maksimum	63
Sum	25466	Sum	26517	Sum	26284
Målepunkt	500	Målepunkt	500	Målepunkt	500
Gjennomsnitt	50,932	Gjennomsnitt	53,034	Gjennomsnitt	52,568
Median	51	Median	54	Median	53
Std avvik	5,9919	Std avvik	5,0123	Std avvik	5,0534
Varians	35,903	Varians	25,123	Varians	25,536
Std Error	0,26797	Std Error	0,22416	Std Error	0,22599
Skjevhet	-0,58782	Skjevhet	-0,93874	Skjevhet	-0,81144
Kurtose	0,24243	Kurtose	2,4235	Kurtose	1,2083

Lokalitet 4		Lokalitet 5		Lokalitet 6	
Minimum	18	Minimum	31	Minimum	16
Maksimum	64	Maksimum	65	Maksimum	62
Sum	25737	Sum	25796	Sum	23555
Målepunkt	500	Målepunkt	500	Målepunkt	500
Gjennomsnitt	51,474	Gjennomsnitt	51,592	Gjennomsnitt	47,11
Median	52	Median	52	Median	48
Std avvik	5,9495	Std avvik	5,9586	Std avvik	7,4459
Varians	35,396	Varians	35,505	Varians	55,441
Std Error	0,26607	Std Error	0,26648	Std Error	0,33299
Skjevhet	-1,4048	Skjevhet	-0,59539	Skjevhet	-1,0695
Kurtose	3,7233	Kurtose	0,43887	Kurtose	1,7148

Lokalitet 7		Lokalitet 8		Lokalitet 9	
Minimum	30	Minimum	29	Minimum	26
Maksimum	65	Maksimum	67	Maksimum	64
Sum	26163	Sum	27277	Sum	25282
Målepunkt	500	Målepunkt	500	Målepunkt	500
Gjennomsnitt	52,326	Gjennomsnitt	54,554	Gjennomsnitt	50,564
Median	53	Median	56	Median	52
Std avvik	5,8778	Std avvik	5,8545	Std avvik	6,9928
Varians	34,549	Varians	34,276	Varians	48,9
Std Error	0,26286	Std Error	0,26182	Std Error	0,31273
Skjevhet	-0,657	Skjevhet	-1,274	Skjevhet	-0,77638
Kurtose	0,63547	Kurtose	2,0684	Kurtose	0,35126

Lokalitet 10		Lokalitet 11	
Minimum	24	Minimum	18
Maksimum	63	Maksimum	64
Sum	25251	Sum	22483
Målepunkt	500	Målepunkt	500
Gjennomsnitt	50,502	Gjennomsnitt	44,966
Median	51	Median	46
Std avvik	5,9266	Std avvik	8,4797
Varians	35,124	Varians	71,905
Std Error	0,26504	Std Error	0,37922
Skjevhet	-1,0432	Skjevhet	-0,50501
Kurtose	2,0086	Kurtose	-0,00359

Felles for alle lokalitetene er at det er store forskjeller mellom maksimums- og minimumsverdi. Maksimumsverdiene ligger mellom 62 og 67, noe som forteller at det øvre sjiktet for målingene ligger relativt stabilt. Minimumsverdiene er mer spredt og ligger på en R-verdi mellom 18 og 30. Ved å se nærmere på alle de 5500 målingene (Vedlegg 1) ser en at disse lave verdiene opptrer i et fåtall, og kan dermed mest sannsynlig anses som tilfeldige eller falske verdier. Tabell 6.2 gir dermed ikke et riktig inntrykk for hvilket intervall målingene i hovedsak ligger innenfor.

Majoriteten av målingene ligger i et intervall mellom 40 og 60. Dette stemmer relativt godt overens med Selbys studie (1993) over hva som er typiske verdier for bergarten i feltområdet (tabell 4.1 i kapittel 4). Tabell 6.3 viser antall målinger og prosentandel for innsamlede verdier under 40. ”Grenseverdien” er her satt til 40 nettopp på grunn av Selbys modell (1993) som beskriver at målinger under denne verdien er karakteristisk for en *myk* bergart. Dette stemmer ikke for bergarten i feltområdet for dette studiet, som karakteriseres som en hard bergart. Som illustrert i tabellen, hadde 337 av 5500 målinger en R-verdi under 40, noe som utgjør kun 6,1% av alle målingene. Dette vil dermed si at 93,9% av målingene ligger mellom 40 og 67, og med dette tatt i betraktning anses derfor de laveste verdiene som ukorrekte verdier i forhold til hva som er realistisk for bergarten.

Tabell 6.3: Tabell som viser antall og prosentandel av målinger med en R-verdi under 40 for hver av de 11 lokalitetene.

Lokalitet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	SUM
Totalt antall målinger	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	550	5500
Antall verdier under 40	22	7	6	18	18	65	12	9	37	24	119	337
Prosentandel (%) verdier under 40	4,4	1,4	1,2	3,6	3,6	13	2,4	1,8	7,4	4,8	23,8	6,1%

Gjennomsnittsverdien på hver lokalitet er som tidligere nevnt den viktigste statistiske variabelen for studiet. I teorien skal de gjennomsnittlige R-verdiene *synke jevnt* fra den yngste lokaliteten (lokalitet 1) og opp til den eldste lokaliteten (lokalitet 11) for at det skal finnes en lineær trend mellom hardhets- og aldersforholdet. I tabell 6.4 er gjennomsnittsverdiene oppsummert og avrundet til en desimal:

Tabell 6.4: Gjennomsnittlig R-verdi for hver lokalitet.

Lokalitet	Gjennomsnittlig R-verdi
1	50,9
2	53,0
3	52,5
4	51,5
5	51,6
6	47,1
7	52,3
8	54,6
9	50,6
10	50,5
11	45,0

I tabellen er det spesielt tre lokaliteter som skiller seg ut. Disse er lokalitet 6, 7 og 8. Lokalitet 6 har en gjennomsnittlig R-verdi på 47,11, og etter lokalitet 11 er dette den nest laveste verdien av alle lokalitetene. For lokalitet 7 og 8 er det en plutselig økning i den gjennomsnittlige R-verdien opp til 52,3 og 54,6. I teorien, og ut i fra de andre lokalitetene, bør verdiene for lokalitet 6, 7 og 8 ligge mellom 51,5 og 50,5. Hva som kan skyldes disse avvikene diskuteres i neste kapittel. Om en derimot ser vekk fra disse tre lokalitetene, ser en at verdiene har en senkning fra de yngste til de eldste lokalitetene.

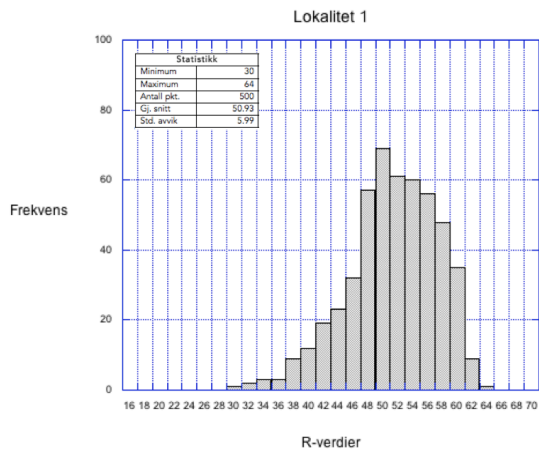
Når det kommer til standardavvik ligger dette mellom 5 og 6 for de fleste lokalitetene (se tabell 6.2). Lokalitet 6 og 11 har de største avvikene, og dette kan relateres til at disse to lokalitetene har flest målinger under 40 (se tabell 6.3), som derav gir et bredere intervall for målingene. Ut i fra statistikktabellen kan en også legge merke til at alle lokalitetene har en negativ skjevhet, og en positiv kurtose (bortsett fra lokalitet 11). Disse verdiene blir beskrevet nærmere i neste delkapittel.

6.2 Frekvensdiagrammer

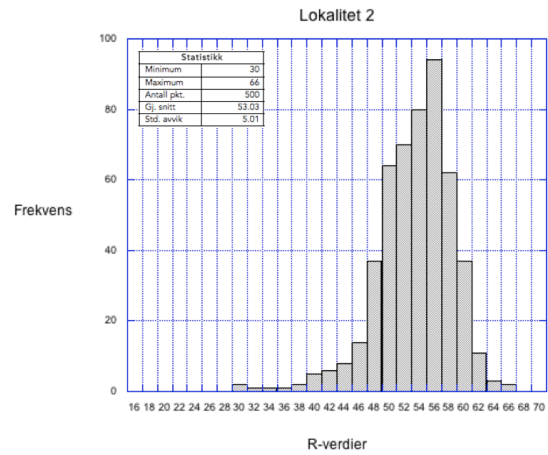
Figur 6.1 til 6.11 illustrerer fordelingen av Schmidthammermålingene på hver lokalitet i frekvensdiagrammer. Y-aksen representerer frekvens, og X-aksen representerer R-verdi. Hver søyle i diagrammene har et intervall på to enheter. I appendiks er frekvensdiagrammer for hver enkelt dellokalitet lagt ved (Vedlegg 3).

Frekvensdiagrammene viser at selve fordelingen av målingene er relativt lik for alle lokalitetene, hvor flesteparten av målingene som tidligere nevnt ligger på en R-verdi mellom 40 og 60. Det at flertallet av målingene ligger nærmere maksimumsverdien enn minimumsverdien på skalaen fører til en felles *negativ skjevhet* for diagrammene. Nærmere beskrevet vises den negative skjevheten godt ved at alle diagrammene har et flertall av høye frekvenssøylor ved høye verdier og en "hale" med lave søylor som går mot lave R-verdier. Felles for alle lokalitetene, bortsett fra lokalitet 11, er også at de har en positiv kurtose. Dette vil si at verdiene er mindre spredt enn normalfordelingen, og dette kommer av at flertallet av målinger ligger relativt tett ved høye verdier på skalaen.

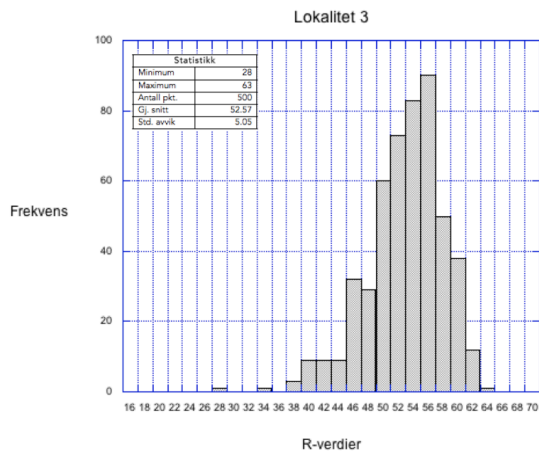
Fra en generell til en mer individuell beskrivelse ser en igjen at lokalitet 6 (figur 6.6) og 8 (figur 6.8) skiller seg ut i forhold til resten. Det kommer godt frem i frekvensdiagrammene hvorfor den gjennomsnittlige R-verdien for disse to lokalitetene "avviker" i forhold til resten. For lokalitet 6 blir gjennomsnittsverdien tvunget ned på grunn av enkelte eller flere målinger med verdier helt ned mot 16. For lokalitet 8 er det en betydelig høyere frekvens for målinger med høy R-verdi, hvor antall målinger med verdi 57-58 er oppe i 99 stk. Dette drar den gjennomsnittlige R-verdien for lokalitet 8 opp. I tillegg kan en se på diagrammet for lokalitet 11 (figur 6.11), som har en markant høyere frekvens av lave målinger enn for de andre lokalitetene. Dette fører også til at dette diagrammet har den laveste verdien av negativ skjevhet i forhold til resten av diagrammene. Øvrig analyse viser at frekvensen av målinger med høy R-verdi er relativt størst for lokalitetene med yngst eksponeringsalder (figur 6.1 – 6.4). Dette samsvarer godt med teorien for at yngre eksponerte overflater har høyere verdier enn eldre eksponerte overflater.



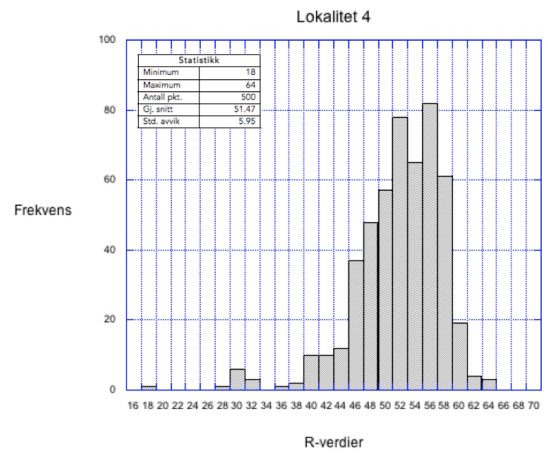
Figur 6.1: 1000 kal år BP, 2 m o.h.



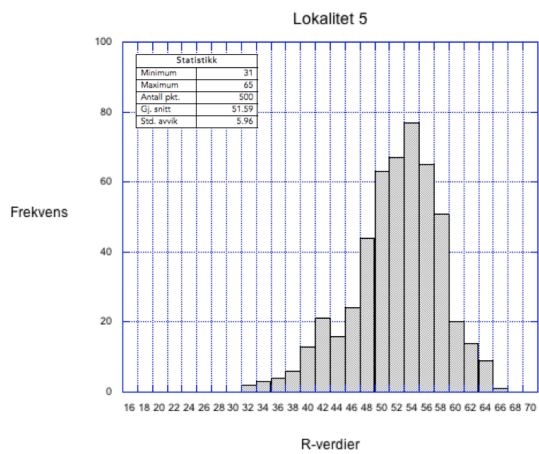
Figur 6.2: 2000 kal år BP, 4 m o.h.



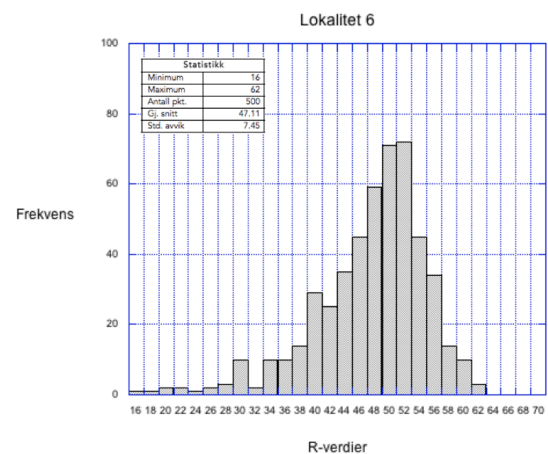
Figur 6.3: 3000 kal år BP, 7 m o.h.



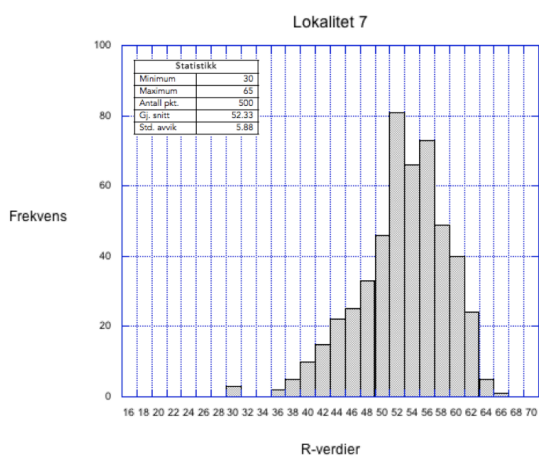
Figur 6.4: 4000 kal år BP, 10 m o.h.



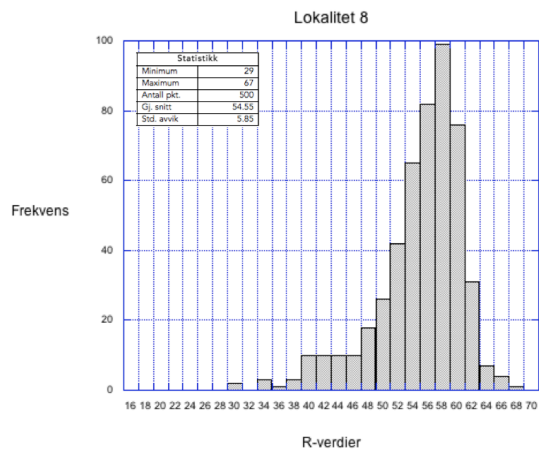
Figur 6.5: 5000 kal år BP, 13 m o.h.



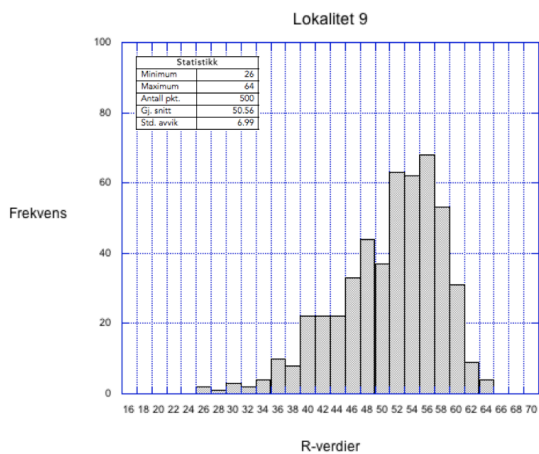
Figur 6.6: 6000 kal år BP, 18 m o.h.



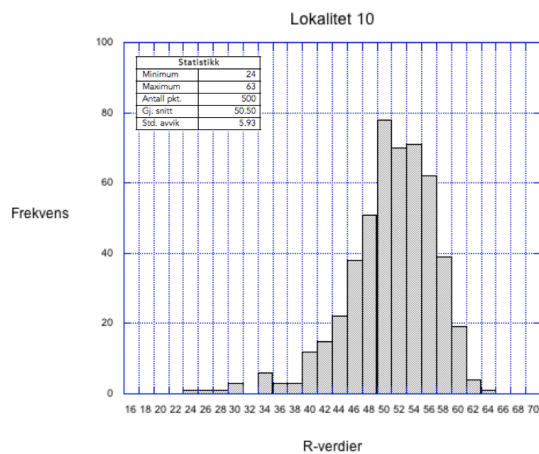
Figur 6.7: 7000 kal år BP, 22 m o.h.



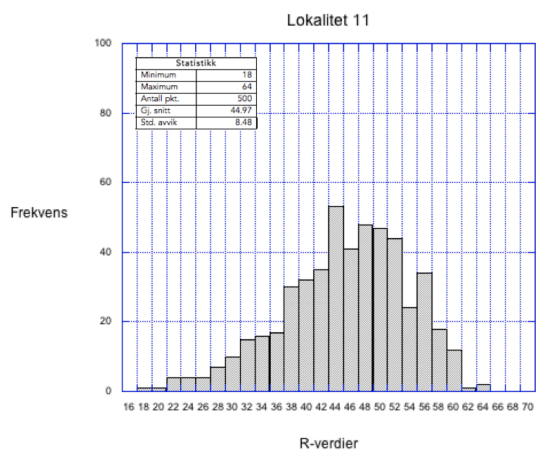
Figur 6.8: 8000 kal år BP, 25 m o.h.



Figur 6.9: 9000 kal år BP, 28 m o.h.



Figur 6.10: 10.000 kal år BP, 36 m o.h.



Figur 6.11: 11.000 kal år BP, 79 m o.h.

6.3 Spredningskurver

Spredningskurvene representerer hovedresultatet for denne masteroppgaven, da formålet er å finne ut om en dateringskurve kan etableres ut i fra forholdet mellom hardhet og alder til bergarten.

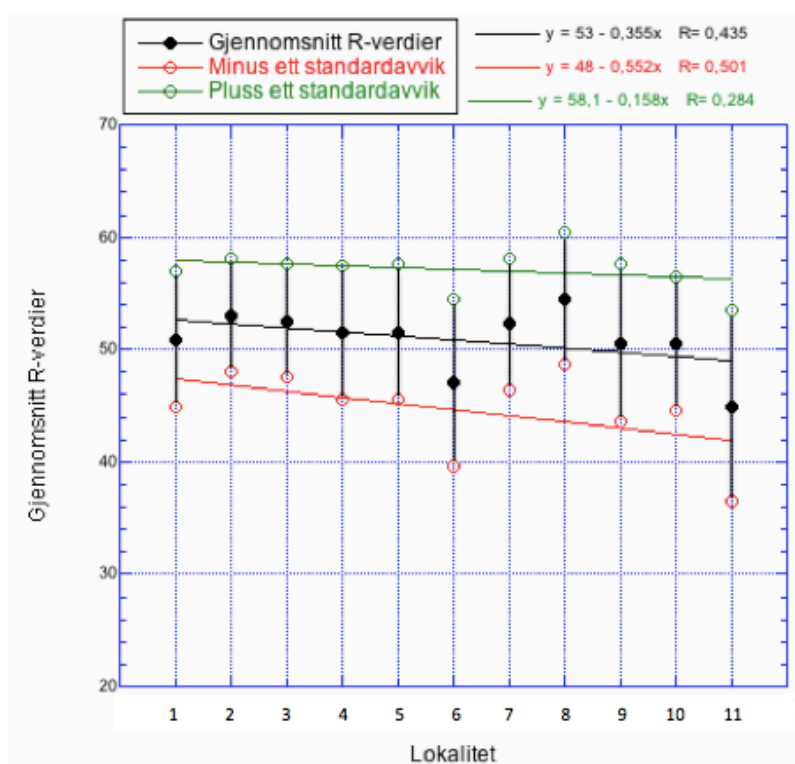
Spredningskurvene som blir presentert på de neste sidene er grafer hvor samlet gjennomsnittsverdi for alle lokalitetene er plottet inn for å illustrere hvorvidt det finnes en lineær tendens for forholdet mellom hardhet og alder for bergarten i Hereiane. Først presenteres en kurve hvor gjennomsnittlig R-verdi er satt opp mot høyde og alder under fellesbetegnelsen ”lokalitet” (figur 6.12). Her er kun ett standardavvik tatt med. Figur 6.13 illustrerer gjennomsnittsverdi og to standardavvik. I den siste figuren er gjennomsnittsverdiene, i tillegg til ett og to standardavvik inkludert, plottet opp mot høyde og alder (figur 6.14). Punkter og trendlinje for gjennomsnittlig R-verdi er markert i svart, pluss ett og to standardavvik er grønn, og minus ett og to standardavvik er rød. X-aksen representerer lokalitet (som altså er bestemt av høyde og alder), og på Y-aksen er både gjennomsnitt og begge standardavvik plottet inn. I tabell 6.5 er variablene som er brukt for å etablere spredningskurvene satt opp.

Tabell 6.5: Tabell med statistiske variabler for spredningskurvene.

Lokalitet	Høyde (m o.h.)	Alder (kal år BP)	Gjennomsnitt R-verdier	Standard-avvik	Minus ett std.	Pluss ett std.	Minus to std.	Pluss to std.
1	2	1000	50,932	5,9919	44,9401	56,9239	38,9482	62,9158
2	4	2000	53,034	5,0123	48,0217	58,0463	43,0094	63,0586
3	7	3000	52,568	5,0534	47,5146	57,6214	42,4612	62,6748
4	10	4000	51,474	5,9495	45,5245	57,4235	39,575	63,373
5	13	5000	51,592	5,9586	45,6334	57,5506	39,6748	63,5092
6	18	6000	47,11	7,4459	39,6641	54,5559	32,2182	62,0018
7	22	7000	52,326	5,8778	46,4482	58,2038	40,5704	64,0816
8	25	8000	54,554	5,8545	48,6995	60,4085	42,845	66,263
9	28	9000	50,564	6,9928	43,5712	57,5568	36,5784	64,5496
10	36	10,000	50,502	5,9266	44,5754	56,4286	38,6488	62,3552
11	79	11,000	44,966	8,4797	36,4863	53,4457	28,0066	61,9254

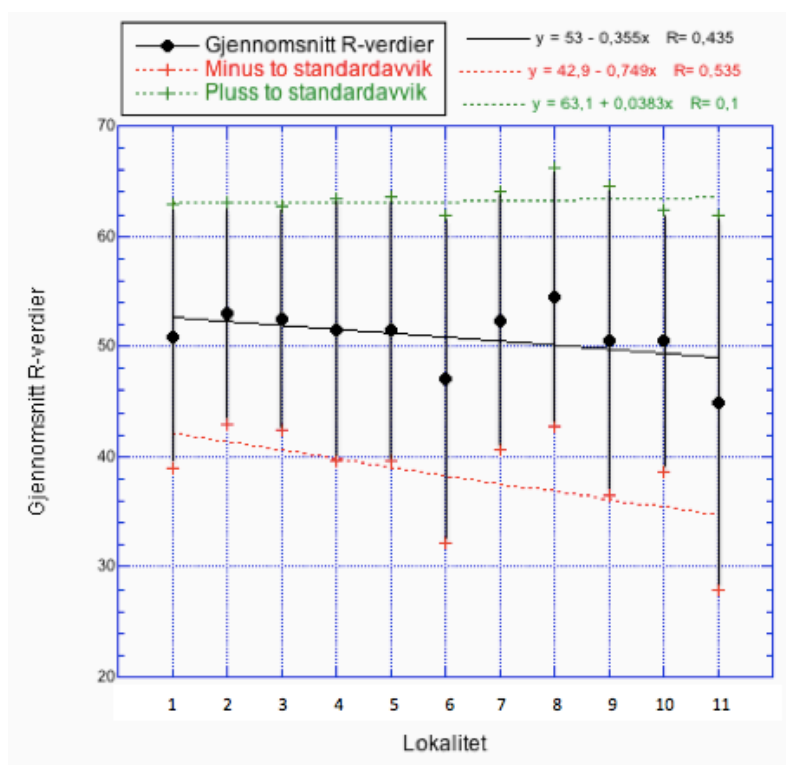
De lineære trendlinjene som følger de ulike variablene i spredningsdiagrammene er regnet ut og satt inn i dataprogrammet KaleidaGraph. Formlene for linjene vises oppe i høyre hjørne på figurene, i tillegg til bestemmelseskoeffisienten r som beskriver grad av tilpasning til punktene. R ligger mellom 0 og 1, hvor 0 beskriver liten eller ingen tilpasning. Avstanden mellom pluss og minus ett standardavvik er markert med en sort loddrett linje trukket gjennom gjennomsnittet. Kurvene presenteres først hver for seg med ett og to standardavvik separat for å se nærmere på trendlinjene til selve standardavvikene.

I figur 6.12 ser en at standardavviket er generelt større for de eldste lokalitetene, hvor det er tydelig høyest for lokalitet 6 og 11. Her er det verdt å merke seg at disse to lokalitetene, som avviker mest i forhold til trendlinjen for gjennomsnitt, også er de to lokalitetene med høyest standardavvik. Trendlinjen for minus ett standardavvik har omtrent samme helning som trendlinjen for gjennomsnittet, mens linjen for pluss ett standardavvik har en lavere helning på grunn av den høye gjennomsnittsverdien til lokalitet 8. På grunn av dette får trendlinjene for pluss- og minus standardavvik en større avstand fra start til slutt.



Figur 6.12: Spredningskurve med trendlinje for gjennomsnittsverdien til alle lokalitetene (svart), pluss ett standardavvik (grønn) og minus ett standardavvik (rød).

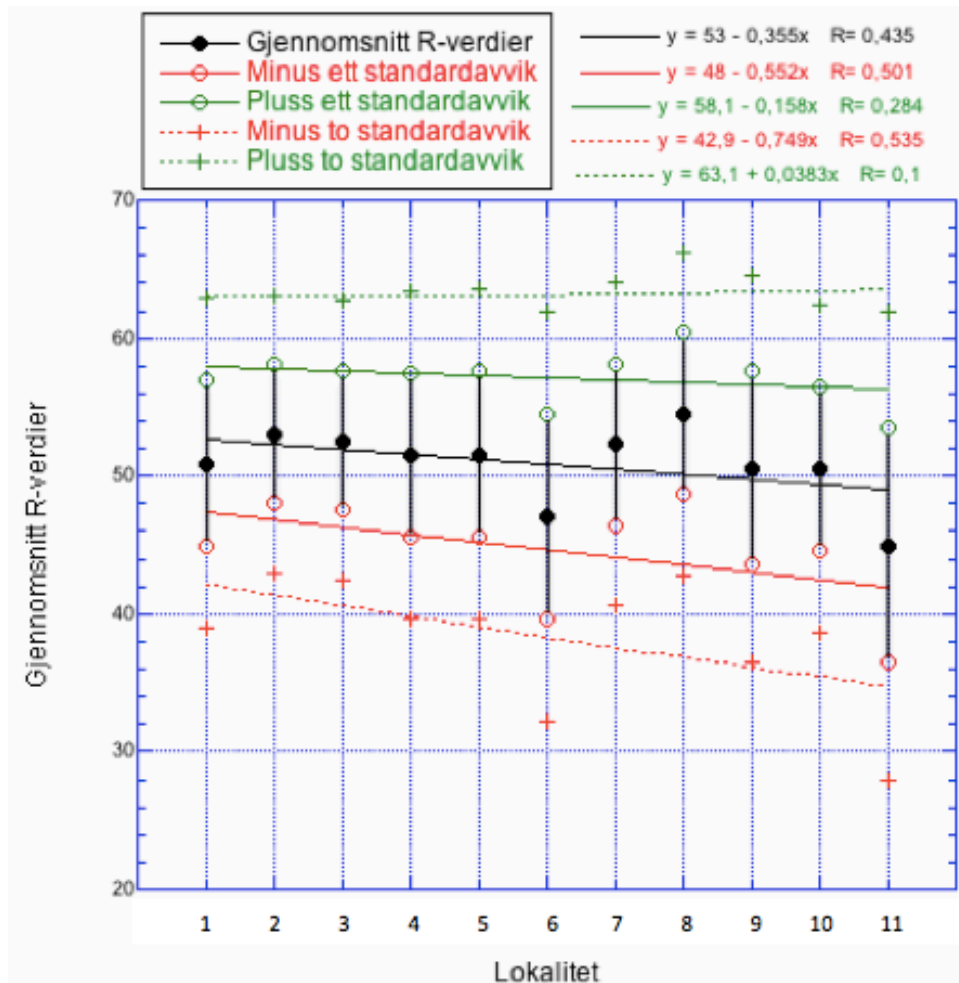
I figur 6.13 er gjennomsnittsverdier og to standardavvik presentert. Her ser en også det betydelige avviket for lokalitet 6 og 11, som er mye større enn for resten av avvikene. Trendlinjen for pluss to standardavvik beveger seg nærmest i en positiv retning, igjen som følge av den høye verdien til lokalitet 8. Bestemmelseskoeffisienten r er for trendlinjen til minus to standardavvik veldig lav, noe som beskriver at den har dårlig tilpasning til tilhørende punkter.



Figur 6.13: Spredningskurve med trendlinjer for gjennomsnittsverdien til alle lokalitetene (svart), pluss to standardavvik (grønn) og minus to standardavvik (rød).

I hovedkurven (figur 6.14) på neste side presenteres både gjennomsnittlig R-verdi og ett og to standardavvik i samme figur. En ser her at til tross for store avvik, ligger fortsatt alle gjennomsnittlige R-verdier innenfor ett standardavvik. Lokalitet 6, 8 og 11 avviker i størst grad fra trendlinjen til gjennomsnittet, i tillegg til at lokalitet 1 og 7 ligger noe utenfor i en mindre grad. Lokalitet 2, 3, 4, 5 og 9 samsvarer derimot godt med trendlinjen og følger dermed teoretisk forventet utvikling i forhold til at hardheten til bergarten synker med stigende alder.

Til tross for at fem av lokalitetene er i kontakt med trendlinjen for gjennomsnitt, har ikke linjen en høyere bestemmelseskoeffisient enn $r = 0,435$. Hvis lokalitet 6, 8 og 11 hadde blitt fjernet fra plottet, ville linjen hatt en høyere verdi r for grad av tilpasning til resterende punkter.



Figur 6.14: Spredningskurve med punkter og trendlinje for gjennomsnittlige R-verdier, i tillegg til ett og to standardavvik.

6.B Alternative resultater

I startfasen av masterprosjektet ble det bestemt at *alle* innsamlede Schmidthammermålinger skulle inkluderes, da en regnet med at et såpass høyt antall målinger ($n = 500$) på hver lokalitet ville gi et tilfredsstillende bilde av gjennomsnittlige R-verdier. I etterkant av bearbeidelsen for de opprinnelige resultatene ble det likevel bestemt at alternative resultater skulle presenteres, for å illustrere forskjellen for hvordan statistikken for målingene blir benyttet. Videre i resultatdelen følger derfor en statistisk tabell, frekvensdiagrammer og spredningskurver – på samme måte som for hovedresultatene, bare at for disse alternative resultatene er alle målinger med R-verdi under 40 ekskludert.

Begrunnelsen for å presentere alternative resultater bygger i hovedsak på utregningene vist tidligere i dette kapittelet, som viser at kun 6,1% av målingene ligger under 40, og at en mest sannsynlig kan gå ut i fra at disse er ”falske” verdier. Tabellen til Selby (1993) ligger også til grunn, da den viser at målinger under 40 er karakteristisk for en myk bergart, og at dette ikke stemmer overens med bergarten fra feltområdet.

6.4 Ny statistikk

I tabell 6.6 er det en beskrivelse av de alternative statistiske variablene for lokalitetene etter at alle verdier under 40 er ekskludert. Som vist i tabellen, er det først og fremst en stor forskjell i antall målinger som er ekskludert. Det største antallet ligger hos lokalitet 6 og 11, som også er de lokalitetene med lavest gjennomsnittsverdi. Disse to lokalitetene har fortsatt lavest gjennomsnittsverdi, men det er likevel en stor kontrast fra tidligere utregnet statistikk (tabell 6.2), hvor gjennomsnittlig R-verdi har gått opp fra 47,11 til 49,48 for lokalitet 6 og fra 44,97 til 48,64 for lokalitet 11. I tabell 6.7 er de opprinnelige gjennomsnittsverdiene og standardavvik satt opp mot de nye utregningene for sammenligning. Her ser en tydelig at gjennomsnittlig R-verdi har steget for samtlige lokaliteter, som et resultat av ekskluderingen av verdier under 40.

Tabell 6.6: Utrechnet statistikk for lokalitetene etter at alle verdier under 40 er ekskludert.

Lokalitet 1		Lokalitet 2		Lokalitet 3	
Minimum	40	Minimum	40	Minimum	40
Maksimum	64	Maksimum	66	Maksimum	63
Sum	24669	Sum	26279	Sum	26069
Målepunkt	478	Målepunkt	493	Målepunkt	494
Gjennomsnitt	51,609	Gjennomsnitt	53,304	Gjennomsnitt	52,771
Median	52	Median	54	Median	53
Std avvik	5,1753	Std avvik	4,484	Std avvik	4,7135
Varians	26,784	Varians	20,106	Varians	22,217
Std Error	0,23671	Std Error	0,20195	Std Error	0,21207
Skjevhet	-0,17426	Skjevhet	-0,32892	Skjevhet	-0,50176
Kurtose	-0,63632	Kurtose	0,22326	Kurtose	0,017329

Lokalitet 4		Lokalitet 5		Lokalitet 6	
Minimum	40	Minimum	40	Minimum	40
Maksimum	64	Maksimum	65	Maksimum	62
Sum	25151	Sum	25144	Sum	21417
Målepunkt	482	Målepunkt	482	Målepunkt	435
Gjennomsnitt	52,18	Gjennomsnitt	52,166	Gjennomsnitt	49,477
Median	52	Median	52	Median	50
Std avvik	4,6645	Std avvik	5,2387	Std avvik	4,9004
Varians	21,757	Varians	27,444	Varians	24,014
Std Error	0,21246	Std Error	0,23862	Std Error	0,23496
Skjevhet	-0,34531	Skjevhet	-0,22048	Skjevhet	0,022366
Kurtose	-0,3511	Kurtose	-0,22947	Kurtose	-0,45436

Lokalitet 7		Lokalitet 8		Lokalitet 9	
Minimum	40	Minimum	40	Minimum	40
Maksimum	65	Maksimum	67	Maksimum	64
Sum	25733	Sum	26968	Sum	23980
Målepunkt	488	Målepunkt	491	Målepunkt	463
Gjennomsnitt	52,732	Gjennomsnitt	54,925	Gjennomsnitt	51,793
Median	53	Median	56	Median	52
Std avvik	5,3135	Std avvik	5,2056	Std avvik	5,5938
Varians	28,234	Varians	27,098	Varians	31,29
Std Error	0,24053	Std Error	0,23493	Std Error	0,25996
Skjevhet	-0,29798	Skjevhet	-0,91158	Skjevhet	-0,33296
Kurtose	-0,36303	Kurtose	0,72844	Kurtose	-0,64177

Lokalitet 10		Lokalitet 11	
Minimum	40	Minimum	40
Maksimum	63	Maksimum	64
Sum	24427	Sum	18531
Målepunkt	476	Målepunkt	381
Gjennomsnitt	51,531	Gjennomsnitt	48,638
Median	51,5	Median	48
Std avvik	4,6974	Std avvik	5,443
Varians	22,065	Varians	29,626
Std Error	0,2153	Std Error	0,27885
Skjevhet	-0,18358	Skjevhet	0,30157
Kurtose	-0,46926	Kurtose	-0,73272

Tabell 6.7: Tabell hvor opprinnelige gjennomsnittsverdier og standardavvik er sammenlignet med nye utregnede verdier. Gjennomsnittlige R-verdier er avrundet til en desimal og standardavvikene er avrundet til to desimaler.

Lokalitet	Opprinnelig gjennomsnittlig R-verdi	Opprinnelig standardavvik	Alternativ gjennomsnittlig R-verdi	Alternativ standardavvik
1	50,9	5,99	51,6	5,18
2	53,0	5,01	53,3	4,48
3	52,5	5,05	52,8	4,71
4	51,5	5,95	52,2	4,66
5	51,6	5,96	52,2	5,24
6	47,1	7,45	49,5	4,90
7	52,3	5,88	52,7	5,31
8	54,6	5,85	54,9	5,20
9	50,6	6,99	51,8	5,59
10	50,5	5,93	51,5	4,70
11	45,0	8,45	48,6	5,44

I tabellen (6.7) ser en både at gjennomsnittlig R-verdi har steget og at standardavviket har sunket i høyere eller lavere grad for samtlige lokaliteter. Med tanke på standardavviket har lokalitet 6 og 11 den største endringen fra opprinnelige til nye resultater. Sett på alle lokalitetene samlet var det hele 3,44 i forskjell fra laveste til høyeste opprinnelige standardavvik, mens for de nye utregningene er det nå bare 1,11 i forskjell. Som nevnt over er gjennomsnittsverdien fortsatt lavest for lokalitet 6 og 11. Verdien for lokalitet 6 på 49,5 avviker fortsatt i ”rekken”, men spranget til lokaliteten over og under er minsket. Forskjellen fra lokalitet 10 til 11 er også blitt betydelig lavere, noe som mest sannsynlig gir et mer realistisk bilde av hvor verdien for lokalitet 11 faktisk skal ligge.

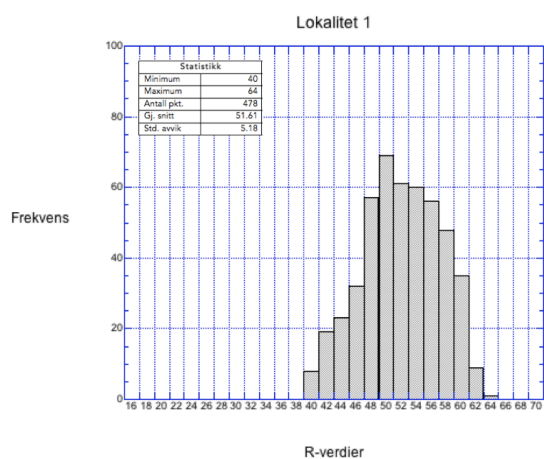
Når det kommer til skjevheten, har alle lokaliteter bortsett fra lokalitet 6 og 11 en negativ verdi (se tabell 6.6). Verdiene for den negative skjevheten er lavere, som følge av at lave verdier er ekskludert. Grunnen til at det nå har blitt en positiv skjevhet for lokalitet 6 og 11 er fordi en større prosentandel av lave verdier er ekskludert for disse to lokalitetene. Dette er likevel en relativt lav verdi for den positive skjevheten.

De nye gjennomsnittlige R-verdiene følger fortsatt ikke en ”jevn senkning” fra yngst til eldst eksponeringsalder, men det er generelt lavere forskjeller mellom alle verdiene. I tillegg til lokalitet 6 som avviker med en ”for lav” verdi, avviker også lokalitet 7 og 8 med ”for høye” verdier i rekken. Lokalitet 1 ligger for både opprinnelige og nye utregninger lavere enn lokalitet 2, noe som avviker i forhold til at denne i teorien burde ha høyest R-verdi. Sett bort fra dette ligger lokalitet 2 - 5 og 9 - 11 innenfor det teoretiske mønsteret hvor verdiene synker mot den eldste lokaliteten.

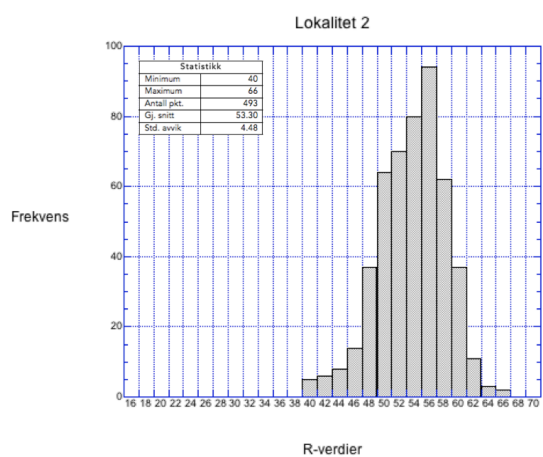
6.5 Nye frekvensdiagrammer

Figur 6.15 til 6.25 illustrerer frekvensdiagrammene som er etablert ut i fra de nye utregnede statistiske variablene etter at alle R-verdier under 40 er tatt vekk fra hver lokalitet. En ser tydelig at halen med søyler for lave verdier er borte, og at frekvenssøylene henholdsvis ligger innenfor et realistisk intervall for bergarten i feltområdet. Felles for både de opprinnelige og de nye frekvensdiagrammene er at søylene med høyest frekvens ligger mellom 48 og 60. Diagrammet for lokalitet 11 (figur 6.25) er det eneste som skiller seg ut fra dette, med en relativt jevn frekvens for målinger mellom 42 og 56. En ser også at det i disse diagrammene finnes antydning til en hale mot høyere verdier, men det er fortsatt ikke nok til å skape en positiv skjevhet. En kunne nok ekskludert verdier over 60, men disse opptrer i et såpass lavt antall at det ikke ville hatt mye å si for gjennomsnittsverdiene.

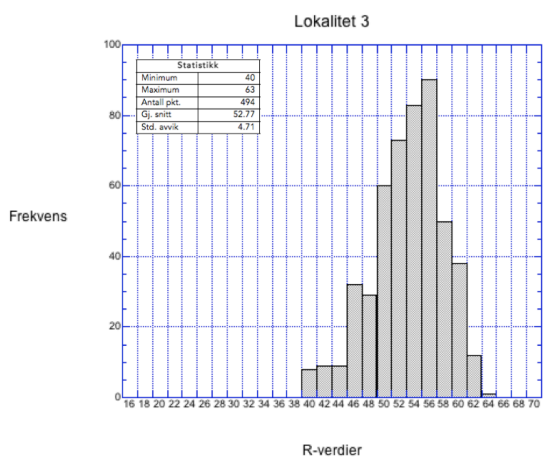
Diagrammet for lokalitet 6 (figur 6.20) illustrerer nå en større likhet med resten av diagrammene for fordelingen av målingene sammenlignet med det opprinnelige frekvensdiagrammet. Lokalitet 8 (figur 6.22) viser, som likt for det opprinnelige diagrammet, fortsatt det høyeste antallet frekvenssøyer for høye verdier. Dette forklarer igjen den høyeste gjennomsnittlige R-verdien av alle lokalitetene. Generelt opptrer de nye frekvensdiagrammene som mer ryddige enn de opprinnelige, med R-verdier som er mer typiske for granittisk gneis (Selby, 1993).



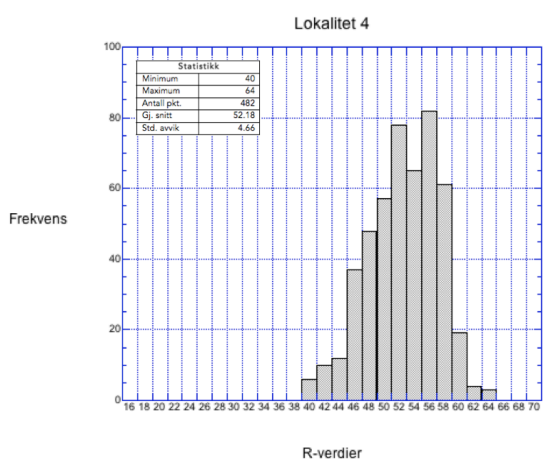
Figur 6.15: 1000 kal år BP, 2 m o.h.



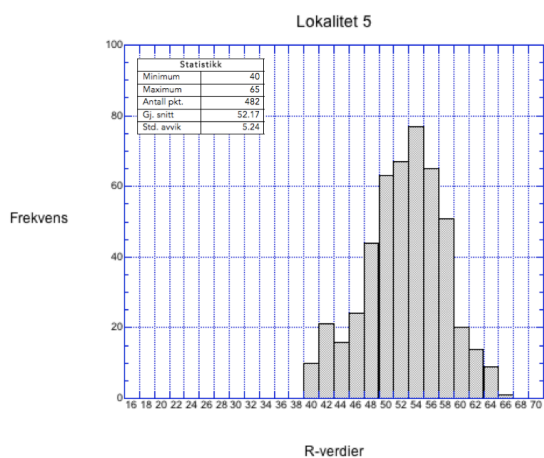
Figur 6.16: 2000 kal år BP, 4 m o.h.



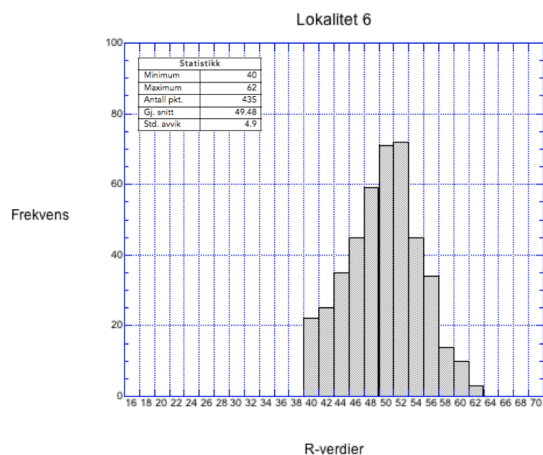
Figur 6.17: 3000 kal år BP, 7 m o.h.



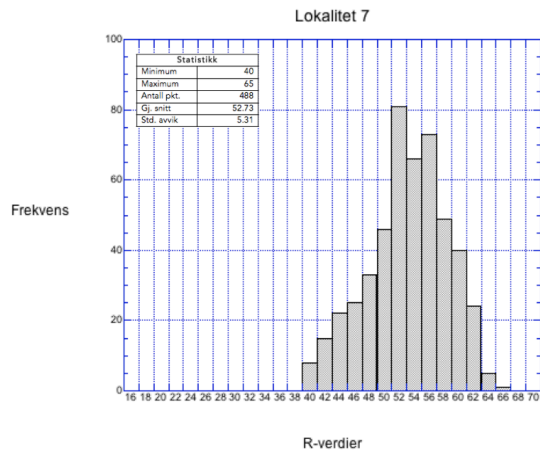
Figur 6.18: 4000 kal år BP, 10 m o.h.



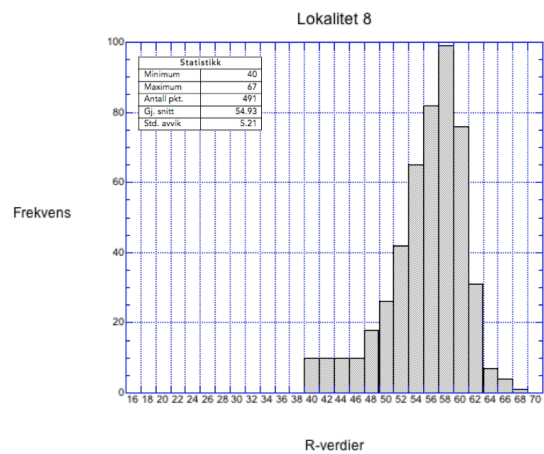
Figur 6.19: 5000 kal år BP, 13 m o.h.



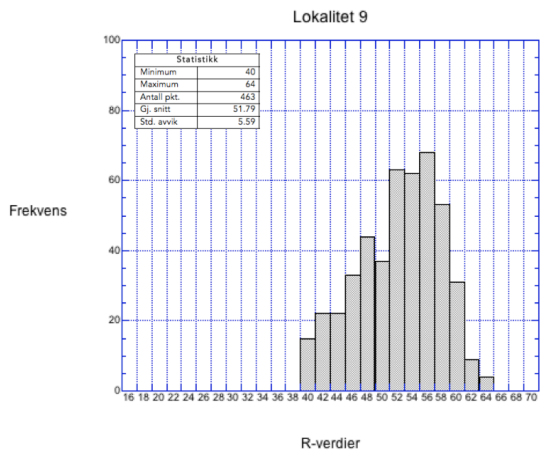
Figur 6.20: 6000 kal år BP, 18 m o.h.



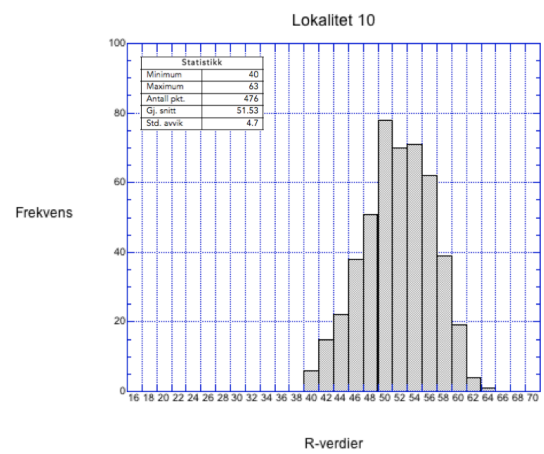
Figur 6.21: 7000 kal år BP, 22 m o.h.



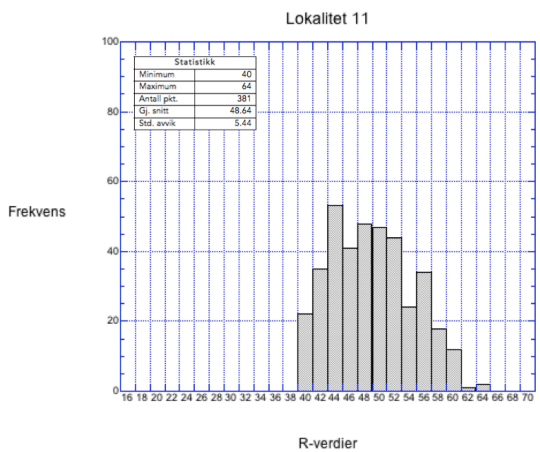
Figur 6.22: 8000 kal år BP, 25 m o.h.



Figur 6.23: 9000 kal år BP, 28 m o.h.



Figur 6.24: 10.000 kal år BP, 36 m o.h.



Figur 6.25: 11.000 kal år BP, 79 m o.h.

6.6 Nye spredningskurver

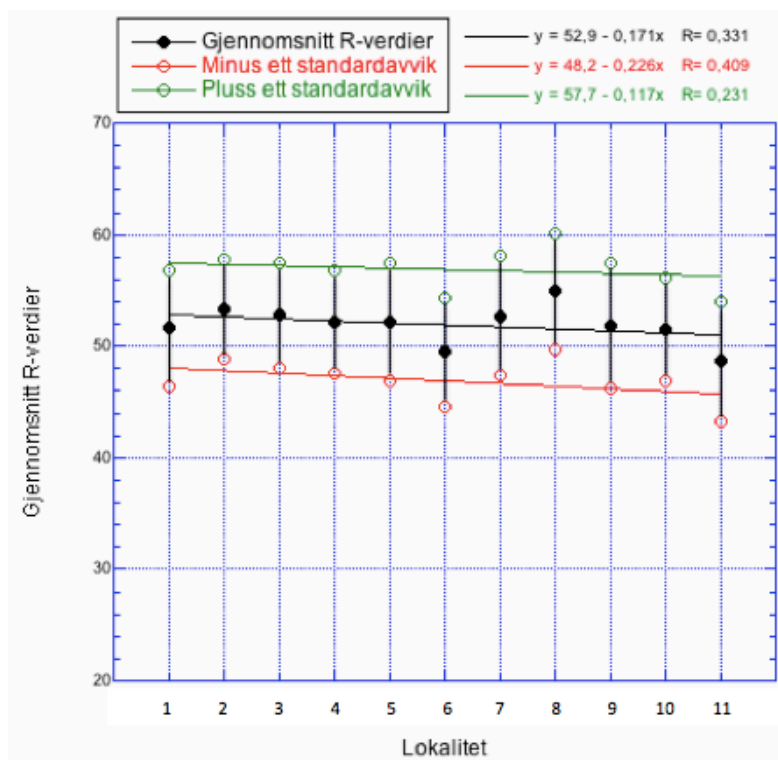
Tabell 6.8 fremstiller de statistiske variablene som er regnet ut og benyttet i KaleidaGraph for å etablere nye spredningskurver.

Tabell 6.8: Statistiske variabler som er brukt for å etablere nye spredningskurver.

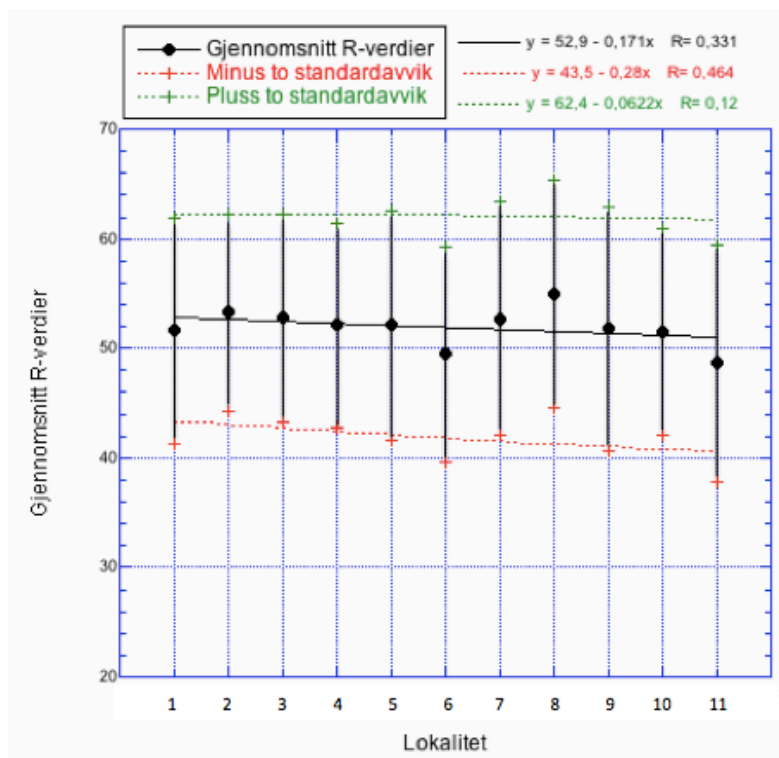
Lokalitet	Høyde (m o.h.)	Alder (kal år BP)	Gjennomsnitt R-verdier	Standardavvik	Minus ett std.	Pluss ett std.	Minus to std.	Pluss to std.
1	2	1000	51,609	5,1753	46,434	56,784	41,258	61,96
2	4	2000	53,304	4,484	48,82	57,788	44,336	62,272
3	7	3000	52,771	4,7135	48,057	57,485	43,344	62,198
4	10	4000	52,18	4,6645	47,515	56,845	42,851	61,509
5	13	5000	52,166	5,2387	46,927	57,405	41,689	62,643
6	18	6000	49,477	4,9004	44,577	54,377	39,676	59,278
7	22	7000	52,732	5,3135	47,418	58,046	42,105	63,359
8	25	8000	54,925	5,2056	49,719	60,131	44,514	65,336
9	28	9000	51,793	5,5938	46,199	57,387	40,605	62,981
10	36	10,000	51,531	4,6974	46,834	56,228	42,136	60,926
11	79	11,000	48,638	5,443	43,195	54,081	37,752	59,524

Figur 6.26, 6.27 og 6.28 illustrerer de tre nye spredningskurvene. Likt som for de opprinnelige kurvene presenteres det først en kurve med gjennomsnittlig R-verdi og ett standardavvik (figur 6.26). Deretter følger en kurve for gjennomsnittlig R-verdi og to standardavvik (figur 6.27), og til slutt en spredningskurve med punkter og trendlinje for alle variablene samlet (figur 6.28).

Figur 6.26 viser at trendlinjene for pluss og minus ett standardavvik ligger nærmere trendlinjen til gjennomsnittet enn for det opprinnelige spredningsdiagrammet (figur 6.12). Linjene ligger i tillegg mer parallelt, noe som kommer av at standardavvikene for hver lokalitet nå ligger henholdsvis rundt samme verdi (ca. 5, se tabell 6.6). Dette vises godt ved å se på lengden til de svarte loddrette linjene som er trukket fra pluss-til minus ett standardavvik. For det opprinnelige spredningsdiagrammet (6.12) er avviket for lokalitet 6 og 11 betydelig større enn for den alternative kurven. Dette har også en innvirkning for trenden til linjene, hvor linjen for pluss ett standardavvik har en større helning i figur 6.26, som gjør at den følger trendlinjen for gjennomsnittet nærmere.



Figur 6.26: Alternativ spredningskurve etter at alle verdier under 40 er ekskludert, med punkter og trendlinje for gjennomsnittsverdier og ett standardavvik.



Figur 6.27: Alternativ spredningskurve etter at alle verdier under 40 er ekskludert, med punkter og trendlinje for gjennomsnittsverdi og to standardavvik.

I figur 6.27 presenteres kurven for gjennomsnittlige R-verdier i tillegg til to standardavvik. Også her ligger trendlinjene for pluss- og minus to standardavvik nærmere trendlinjen til gjennomsnittsverdiene enn for den opprinnelige kurven. Den tydeligste forskjellen er at den grønne og røde trendlinjen for avvikene ikke opptrer med like stor avstandsforskjell fra start til slutt. For figur 6.13 fører de store standardavvikene for spesielt lokalitet 6 og 11 til at linjen for pluss to standardavvik får en svak positiv utvikling. Trendlinjen for minus to standardavvik har også en endring i plassering på Y-aksen, hvor den starter på omtrent samme verdi for både opprinnelig og ny kurve, men derimot stopper før den når ned til 40, i motsetning til trendlinjen i figur 6.13 som kryper helt ned til 35.

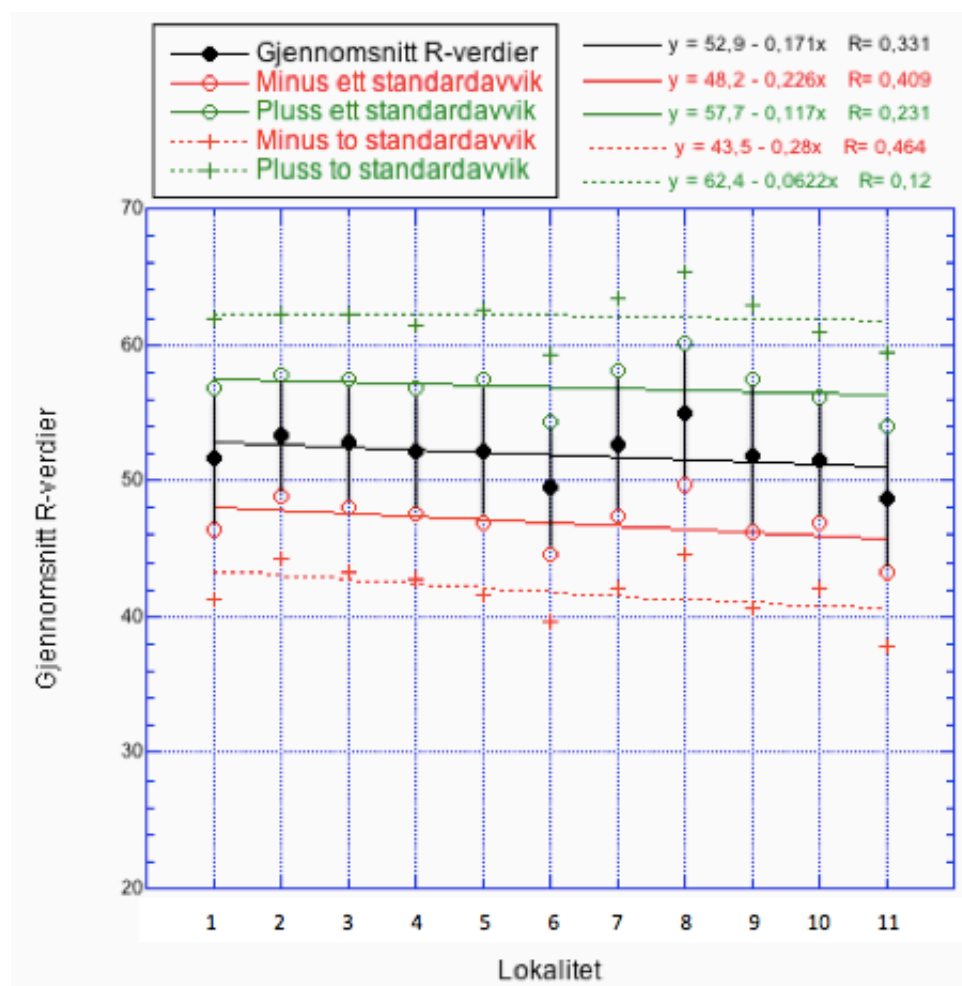
Hovedkurven for den nye utregnede statistikken hvor alle målinger under 40 er ekskludert vises i figur 6.28. Her vises både gjennomsnitt, i tillegg til ett og to standardavvik i samme kurve. I tillegg til endringer for standardavvikene som er beskrevet over, er det også endringer i punkter og trendlinje for gjennomsnittlige R-verdier.

Først og fremst ser en at gjennomsnittsverdiene nå ligger nærmere trendlinjen. Det er likevel viktig å påpeke at alle trendlinjene, inkludert denne, nå har en ny funksjon som følge av nye statistiske variabler. Linjene har derfor ikke samme utvikling for den opprinnelige og den alternative spredningskurven. I figur 6.28 har den lineære regresjonslinjen for gjennomsnitt ($r = 0,331$) en lavere verdi enn for figur 6.14 ($r = 0,435$), noe som beskriver at den opprinnelige trendlinjen har en bedre tilpasning enn den nye i forhold til fordelingen av gjennomsnittlig R-verdi i diagrammet. I tillegg har trendlinjen en lavere negativ utvikling, som følge av at avstanden ned til verdien for lokalitet 11 har økt med 4 enheter. Trendlinjen for gjennomsnitt går i den nye spredningskurven fra henholdsvis 51,5 ned til 50,5, mens den for den opprinnelige kurven synker fra verdi 51,5 til 49,5.

De gjennomsnittlige R-verdiene ligger som vist i figur 6.28 med mindre forskjeller mellom hverandre enn for den opprinnelige kurven. For lokalitet 2, 3, 4, 5, 9 og 10 følger verdiene den senkende trendlinjen, i samsvar med *teoretisk* utvikling for hardheten til bergarten. Lokalitet 1 og 7 har verdier som avviker, men i mindre grad

enn for figur 6.14. Likt som for den opprinnelige kurven er det lokalitet 6, 8 og 11 som avviker mest, men verdiene for lokalitet 6 og 11 har økt i verdi og standardavviket er mindre for den nye kurven. Gjennomsnittsverdien for lokalitet 8 har fortsatt størst avvik fra trendlinjen, noe som indikerer en vesentlig høyere hardhet for denne lokaliteten. Til tross for disse avvikene fra den lineære trendlinjen ligger likevel gjennomsnittsverdiene for alle lokalitetene godt innenfor ett standardavvik.

Generelt beskrevet er hovedkurven for de nye resultatene mer ryddig enn kurven for de opprinnelige statistiske utregningene, med lavere standardavvik og gjennomsnittlige R-verdier som ligger nærmere trendlinjen.



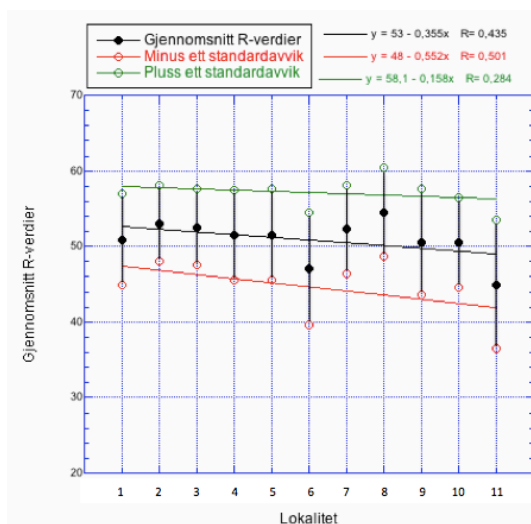
Figur 6.28: Alternativ etablert spredningskurve etter at alle verdier under 40 er ekskludert. Kurven inkluderer punkter og trendlinje for både gjennomsnitt, ett og to standardavvik.

6.7 Oppsummering og sammenligning av spredningskurver

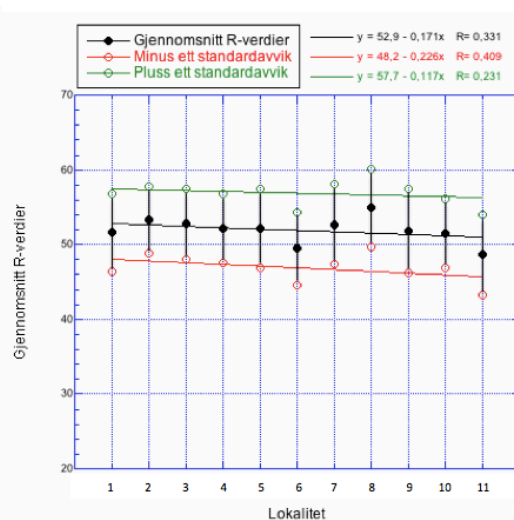
For en kort oppsummering og visuell sammenligning er de opprinnelige og de nye spredningskurvene her satt opp ved siden av hverandre.

Figur 6.29 (opprinnelig kurve) og 6.30 (ny kurve):

- Lavere standardavvik for alle lokalitetene i ny kurve.
- En særlig forbedring av standardavvikene for lokalitet 6 og 11.
- Trendlinjer for ett standardavvik som ligger henholdsvis parallelt med både hverandre og trendlinje for gjennomsnittsverdier i ny kurve.
- En lavere helning på trendlinje for minus ett standardavvik og en større helning for pluss ett standardavvik for ny kurve i forhold til opprinnelig kurve.



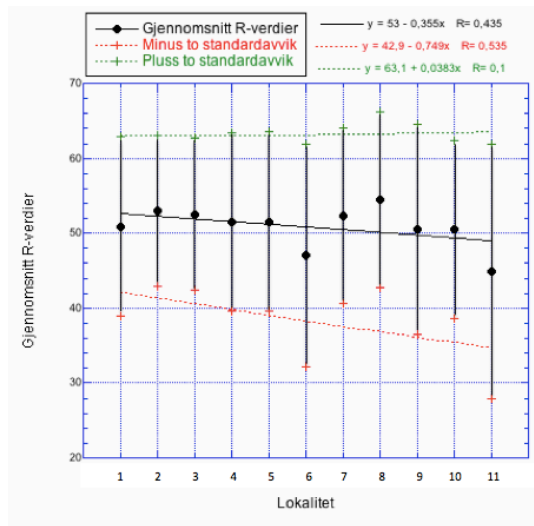
Figur 6.29: Opprinnelig spredningskurve med gjennomsnittlig R-verdi og ett standardavvik.



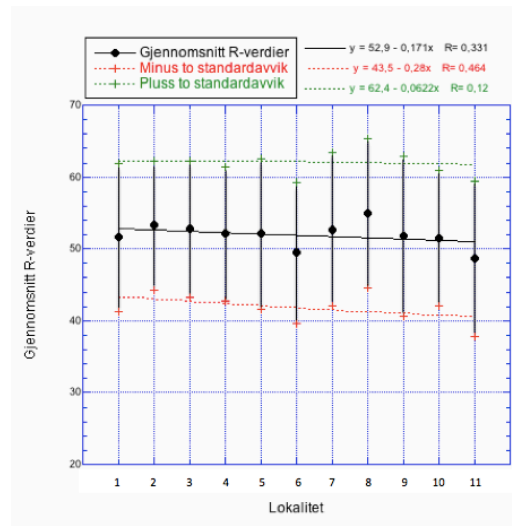
Figur 6.30: Ny spredningskurve med gjennomsnittlig R-verdi og ett standardavvik.

Figur 6.31 (opprinnelig kurve) og 6.32 (ny kurve):

- Lavere standardavvik for ett standardavvik, og derav også for to standardavvik i ny kurve.
- Forskjell i utviklingen til trendlinje for pluss to standardavvik, hvor den stiger i den opprinnelige kurven, og ligger omtrent horisontalt for den nye kurven.
- Trendlinje for minus to standardavvik går helt ned til 35 i opprinnelig kurve, men stopper rett over verdi 40 i den nye kurven.



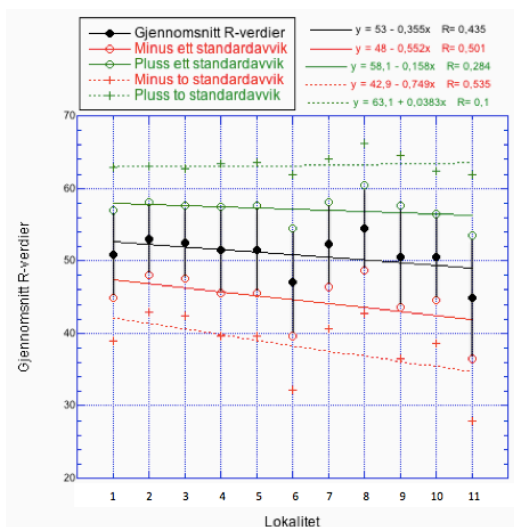
Figur 6.31: Opprinnelig spredningskurve med gjennomsnittlig R-verdi og to standardavvik.



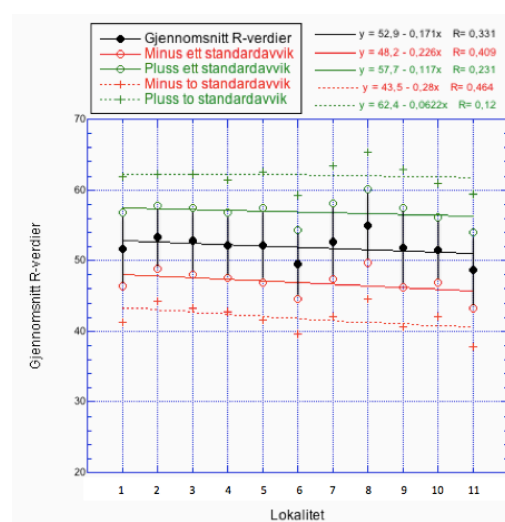
Figur 6.32: Ny spredningskurve med gjennomsnittlig R-verdi og to standardavvik.

Figur 6.33 (opprinnelig kurve) og 6.34 (ny kurve):

- Gjennomsnittlige R-verdier ligger nærmere trendlinjen for den nye spredningskurven enn for den opprinnelige.
- Trendlinje for gjennomsnitt synker fra 51,5 til 49,5 i figur 6.33, mens den synker fra 51,5 til 50,5 i figur 6.34.
- For ny kurve følger lokalitet 2, 3, 4, 5, 9 og 10 trendlinjen, og er dermed i samsvar med teoretisk forventet utvikling for hardheten til bergarten.
- Lokalitet 1, 6, 7, 8 og 11 avviker i høyere grad for opprinnelig kurve enn for den nye spredningskurven.



Figur 6.33: Opprinnelig spredningskurve med gjennomsnittlig R-verdi og begge standardavvik.



Figur 6.34: Ny spredningskurve med gjennomsnittlig R-verdi og begge standardavvik.

7.0 Diskusjon

I dette kapitlet blir først de opprinnelige og de alternative resultatene fra dette masterprosjektet diskutert. Videre følger en sammenligning av disse med resultater fra tidligere forskning. Eventuelle feilkilder blir så drøftet, både med tanke på selve metoden og etablering av lokaliteter. Til slutt kommer forslag til forbedring av metoden og videre forskning.

7.1 Diskusjon av resultater

7.1.1 Opprinnelige resultater

I starten av resultatkapitlet ble den opprinnelige statistikken presentert (tabell 6.1, 6.2 og 6.4). Ut i fra tabell 6.1 kan en først se videre på gjennomsnittsverdier og standardavvik for hver av de 11 lokalitetene. Her er det fire lokaliteter som avviker i R-verdier ut i fra teorien om at lokalitetene skal synke i verdi fra yngste eksponerte overflate på 2 m o.h. til eldste eksponerte overflate på 79 m o.h. De fire avvikende lokalitetene er 1, 6, 7 og 8.

Lokalitet 1 har en R-verdi på 50,93 og ligger dermed 2,10 i verdi under neste lokalitet. Hvorfor denne verdien, som i hovedsak burde ha høyest verdi, ligger såpass lavt er usikkert. Som beskrevet under tabellen (6.1) oppsto det problemer med Schmidthammeren på lokalitet 6. Da målingene ble foretatt, hang springfjæren seg fast opp til flere ganger for begge instrumentene, for så at de gjentatte ganger ble løsnet før det ble tatt flere målinger. Til slutt ble begge Schmidthammerne defekte, og feltarbeidet ble foreløpig utsatt. Den store feilen som ble gjort for denne lokaliteten er at hammeren verken ble testet eller kalibrert etter at den hang seg opp første gang, da springfjæren mest sannsynlig hadde en svekket effekt. Dette er trolig grunnen til at lokalitet 6 har en såpass lav gjennomsnittlig R-verdi. Det skulle absolutt vært foretatt nye målinger for denne lokaliteten, hvor en da kunne forventet å fått høyere verdier, som derav ville passet bedre inn for trenden i R-verdier for resten av lokalitetene.

Lokalitet 8 har på den andre siden en bemerkelsesverdig høy gjennomsnittlig R-verdi på 54,55, som utgjør den høyeste verdien av alle lokalitetene. På denne lokaliteten ble det i felt observert en høy tilstedeværelse av kvarts. Kvarts er et mineral med høy motstandsdyktighet, som dermed vil føre til høye R-verdier.

Lokalitet 7 har også en høy gjennomsnittlig verdi på 52,33. Her ble det ikke lagt noe særlig merke til endringer i litologien for bergarten, men for denne lokaliteten var det mye vegetasjon til stede. Av den grunn ble nesten alle 500 målinger tatt på to ulike ”hauger” som ravet litt høyere i terrenget. Ved videre analyse kan det tenkes at disse haugene faktisk er residualer eller deler av sekvensen som er mer motstandsdyktig enn omliggende berggrunn, og at hardheten derav er høyere enn for berggrunnen rundt. Dette til tross for at det ikke ble gjenspeilet i litologien (mineralsammensetningen) til overflatene som ble målt. Sett bort fra lokalitet 1, 6, 7 og 8, og deres avvik, følger resten av lokalitetene en synkende trend i R-verdier fra yngste til eldste eksponerte overflate.

Når det kommer til standardavvik ligger avvikene for de opprinnelige resultatene i hovedsak mellom 5 og 6. Generelt er det høyere standardavvik for de eldste eksponerte overflatene, noe som er vanlig for Schmidthammermålinger, da høyere forvitningsgrad og alder fører til større usikkerhet. Til tross for at nesten alle avvikene ligger ”stabil” mellom 5 og 6, er dette relativt høye avvik. Dette kommer av det store intervallet mellom minste og største målte verdi i datasettene. Avviket for lokalitet 6 (std = 7,45) er et resultat av problemene med Schmidthammeren, som viser at målingene for denne lokaliteten skulle blitt innsamlet på nytt, hvor en da kunne forventet en høyere gjennomsnittlig R-verdi og et lavere standardavvik.

De viktigste faktorene som blir illustrert i frekvensdiagrammene er den relativt like fordelingen av målinger, i tillegg til at alle diagrammene har en negativ skjevhet. Den negative skjevheten er typisk for studier som involverer Schmidthammer, spesielt der hvor lave R-verdier ikke blir tatt vekk.

De tre spredningskurvene var først satt opp med alder og høyde på X-aksen hver for seg, men i og med at det er såpass stort sprang i m o.h. mellom lokalitet 10 og 11 ble disse enhetene samlet under ”Lokalitet” for å presentere kurvene på en mer ryddig

måte. For sammenligning med andre studier ville det vært en fordel å sette opp en kurve med *alder* på X-aksen, da dette som oftest blir gjort. Kurven ville likevel sett helt lik ut, da lokalitetene er representert av alder og høyde (Dette kommer av at det tilfeldigvis er akkurat 11 lokaliteter, og at alderen strekker seg opp til 11,000 år).

Hovedkurven for resultatene (figur 6.14) med alle variabler inkludert illustrerer at det er usikkerheter for flere av lokalitetene i forhold til den synkende trenden, hvor kun 5 av de 11 lokalitetene ligger i kontakt med trendlinjen. Alle ligger sant nok innenfor ett standardavvik, men avvikene er høye, som følge av de lave målingene som ligger utenfor det hovedsakelige intervallet for målingene mellom 40 og 60. Generelt er avviket for de eldste lokalitetene høyest, og spesielt for lokalitet 6 og 11 som også ligger godt under trendlinjen. Til tross for at alle de gjennomsnittlige R-verdiene ligger innenfor ett standardavvik, og at 5-6 av lokalitetene følger den synkende trendlinjen, tolkes denne kurven som for usikker i forhold til etablering av en dateringskurve.

7.1.2 Alternative resultater

Først besto resultatene kun av den opprinnelige statistikken med alle 500 målinger inkludert på hver lokalitet, pluss tilhørende frekvensdiagrammer og spredningsdiagrammer. Etter at disse resultatene var ferdigstilt, ble det diskutert med veileder om å ekskludere de laveste målingene under verdi 40 da en mest trolig kunne anse disse som falske verdier. Denne avgjørelsen ble bygget på utregningene om at 93,9% av målingene ligger *over* 40, som vist i resultatkapittelet (figur 6.2), i tillegg til tabellen av Selby (1993) som beskriver hvilke R-verdier som er karakteristiske for ulike bergarter.

Det var også ønskelig å illustrere forskjellen i resultatene for statistikken (som legger grunnlaget for frekvens- og spredningsdiagrammer), i hovedsak med tanke på gjennomsnittsverdi og standardavvik, for å se hvordan metoden best kan benyttes. Den statistiske analysen av målinger fra tidligere forskning har blitt utført på mange ulike måter, men for studiet av Shakesby et al. (2011), som dette studiet bygger videre på, ble alle innsamlede målinger fra felt inkludert. Da teorien om at et høyt antall

målinger med Schmidthammer vil gi en god nok beskrivelse av gjennomsnittlig hardhet for en bergoverflate har vært dominerende de siste årene, ble også denne tilnærmingen brukt for dette prosjektet. Det er likevel ikke gitt at dette er den beste måten å bruke metoden på, og det er også derfor forskere tidligere har foreslått å ekskludere de laveste målingene (for eksempel Gupta, 2009; Yavus et al. 2006).

Den nye statistikken viser først og fremst at den gjennomsnittlige R-verdien for samtlige lokaliteter har gått opp som et resultat av at alle målinger under 40 er tatt vekk. Den største endringen opptrer for lokalitetene med opprinnelig lavest R-verdi (6 og 11), da disse to lokalitetene hadde et høyest antall av lave verdier. De nye R-verdiene ligger også nå nærmere hverandre i R-verdi. Dette trenger ikke nødvendigvis å være mer riktig enn for de opprinnelige resultatene, men ved å se på utviklingen i verdier fra lokalitet til lokalitet, ligger de nye resultatene mer i "samme gate" med jevnere intervaller mellom hver. Det er også en adskillig forbedring av samtlige standardavvik, som nå ligger mellom 4,48 og 5,59. Dette er fortsatt høye avvik, men en stor kontrast i forhold til at de opprinnelige avvikene lå mellom 5,01 og 8,45.

Frekvensdiagrammene har for de alternative resultatene mistet halen med søyler mot lave verdier. Diagrammene har fortsatt en negativ skjevhet (bortsett fra lokalitet 6 og 11), men i lavere grad enn for de opprinnelige resultatene. Fordelen med å ekskludere verdier er at frekvensdiagrammene ser mer ryddige ut, og at verdier som høyst sannsynlig er ukorrekte i forhold til realiteten blir borte. Ulempen er at det gjerne kan stilles spørsmål angående fraværet for den karakteristiske halen som er vanlig for frekvensdiagrammer ved bruk av Schmidthammer.

For de fleste metoder vil det være naturlig med verdier som ligger over og under medianen, gjerne med en "flytende utvikling" på begge sider. Med tanke på de nye frekvensdiagrammene (figur 6.15 - 6.25), ser en spesielt for lokalitet 6, 9 og 11 at figuren ser unaturlig ut ved at de første søylene har en frekvens på 17 - 22. Denne "brå starten" reflekterer at det ble ekskludert flest verdier for disse tre lokalitetene, noe som videre kan tyde på at det må foretas en mer individuell utvelgelse av verdier for hver lokalitet. Sett vekk fra dette har resterende lokaliteter en mer naturlig tilstedeværelse av frekvenssøyer.

Etter sammenligning av resultatene, tolkes de alternative resultatene som mer ryddige og troverdige enn de opprinnelige. Det vil kanskje forekomme uenigheter angående dette, hvor enkelte forskere mener at alle målinger skal inkluderes. Basert på kunnskapen om litologien/bergarten i studieområdet og eventuelle feilkilder som kan oppstå under feltarbeid er det likevel fristende å hevde at en med sikkerhet kan si at innsamlede verdier under 40 er falske, og at det derfor er innenfor å ta de vekk.

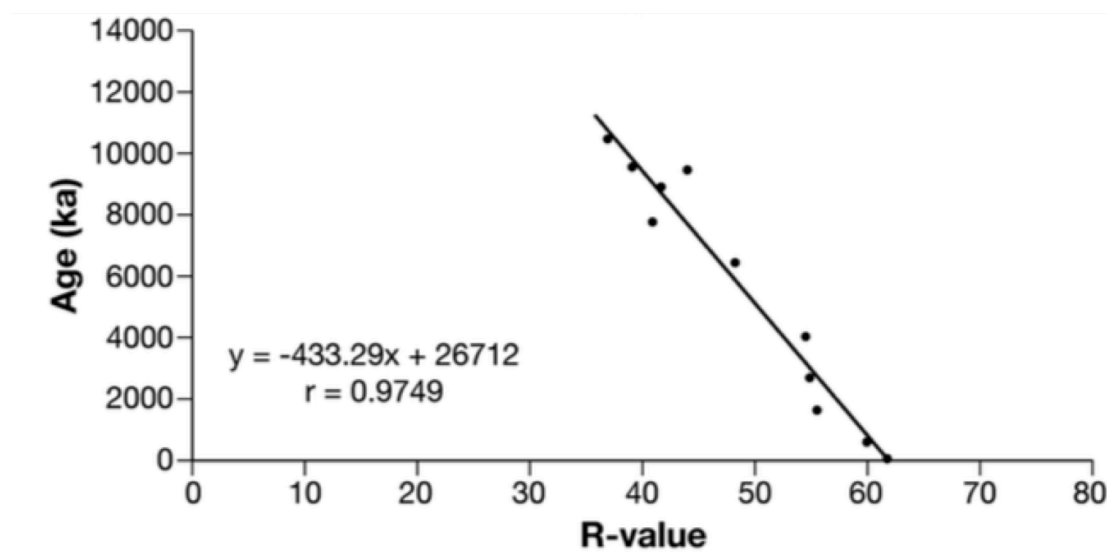
Den nye hovedkurven (figur 6.28) illustrerer en spredningskurve hvor gjennomsnittlig R-verdi ligger nærmere trendlinjen, og hvor avvikene er betydelig lavere. Det er nå punkter for seks lokaliteter som ligger i kontakt med trendlinjen, i tillegg til at verdiene for lokalitet 1, 6 og 11 ligger nærmere enn for den opprinnelige kurven. Lokalitet 8 har fortsatt et stort avvik fra resten av gjennomsnittsverdiene, som følge av den høye andelen av kvarts, i tillegg til at ekskluderingen av (de få) verdiene under 40 fører til et enda høyere gjennomsnitt.

Når det er sagt, er det likevel flere faktorer som kan diskuteres. Ja - alle verdiene ligger godt innenfor første standardavvik, men avvikene er relativt store. Ja – det er mange av lokalitetene som ligger på eller nært trendlinjen, i tillegg til at en har henholdsvis gode forklaringer til hvorfor lokalitet 6 og 8 avviker i den grad de gjør. For lokalitet 6 var det problemer med Schmidthammeren, og en ny innsamling av målinger for denne lokaliteten ville mest sannsynlig gitt en høyere og mer korrekt gjennomsnittsverdi. For lokalitet 8 er det en høyere andel av kvarts enn for resterende lokaliteter, noe som fører til en betydelig høyere verdi. Da gjenstår lokalitet 1 og 11 som fortsatt avviker fra trendlinjen, hvor det gjerne er godt nok å argumentere med at lokalitet 11 ligger høyest i terrenget og har eldst eksponeringsalder – derav den laveste R-verdien av alle. For lokalitet 1 er det ingen observasjoner eller faktorer som forklarer en ”for lav” verdi, men det kan være så enkelt som at dette var første lokalitet hvor det ble foretatt målinger, og at teknikken fortsatt ikke var helt på plass for observatørene.

Det ville altså etter nøye analyse av statistikken vært en fordel å dra tilbake i felt for å korrigere eller forbedre innsamlede målinger på aktuelle lokaliteter. Når det kommer til teorien om en eventuell dateringskurve kan etableres er det likevel én spesiell faktor som det settes spørsmålsteget ved. Dette er at trendlinjen for gjennomsnittsverdiene i kurven kun synker fra R-verdi 51,5 til 50,5. Dette er én enkelt verdi i forskjell fra yngste og eldste eksponerte overflate over et tidsintervall på 11,000 år. Trendlinjen *har* en negativ trend, og de fleste avvikene kan gjøres rede for, men der hvor en i teorien skal kunne foreta en måling og plote den inn på regresjonslinjen for å finne alder, vil det framstå som lite troverdig med et såpass lite intervall for forskjellen fra yngste til eldste lokalitet.

7.2 Sammenligning av resultater med tidligere forskning

I dette delkapittelet følger en sammenligning av resultatene fra dette studiet med resultater fra tidligere forskning, da med hovedfokus på studiet av Shakesby et al. (2011). Figur 7.1, som ble presentert under oppsummeringen av studiet i introduksjonen, viser gjennomsnittsverdiene fra hver lokalitet inkludert den lineære regresjonslinjen med høy bestemmelseskoeffisient $r = 0,97$. Basert på denne kurven konstaterte Shakesby et al. (2011) at det finnes et lineært forhold mellom hardhet og alder for bergarten, og at det dermed kan etableres en kalibrert dateringskurve.



Figur 7.1: Figur av Shakesby et al. (2011) som ble presentert i introduksjonen viser deres gjennomsnittlige R-verdier plottet opp mot alder.

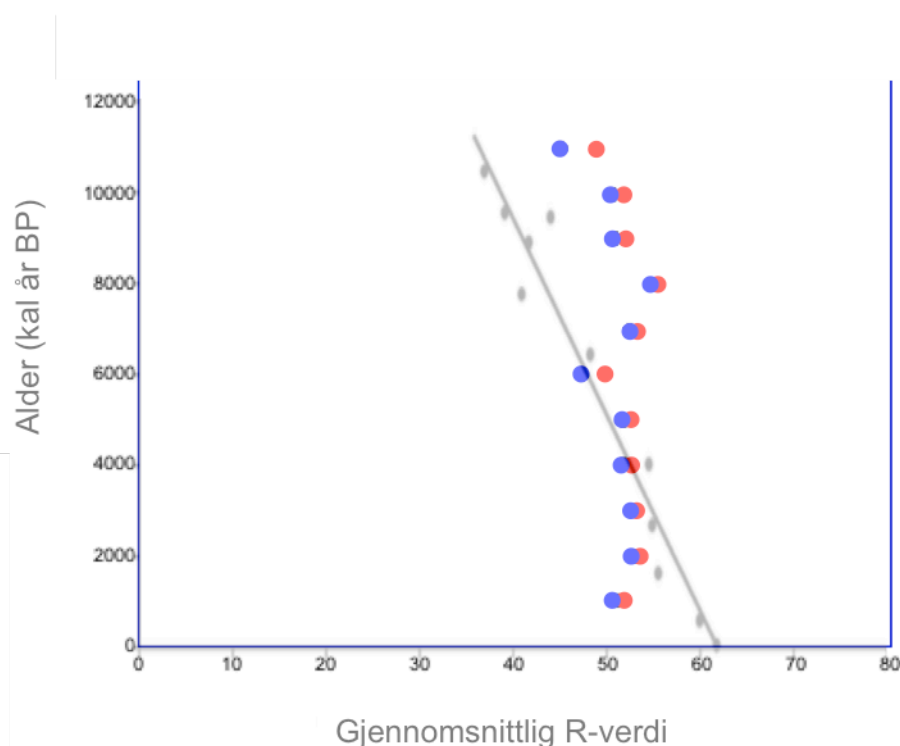
Dette masterstudiet har mange likhetstrekk med studiet av Shakesby et al. (2011). Figuren over har reverserte akser i forhold til spredningskurvene som ble presentert i resultatdelen, men en ser likevel enkelt hvordan de gjennomsnittlige R-verdiene for hver lokalitet opptrer i forhold til den lineære trendlinjen. Punktene ligger for begge studier med tydelige avvik fra trendlinjen, men det er likevel store forskjeller fra kurven av Shakesby et al. (2011) og spredningskurvene for dette prosjektet.

Først og fremst har den lineære regresjonslinjen i figuren av Shakesby et al. (2011) en høy bestemmelseskoefisient r , noe som tyder på at linjen har en meget god tilpasning til den synkende trenden for gjennomsnittsverdiene. For spredningskurvene til dette prosjektet (figur 6.14 (opprinnelig) og 6.28 (alternativ)), er det en betydelig lavere verdi ($r = 0,44$ og $r = 0,33$), som beskriver at trendlinjene for begge har en relativt dårlig tilpasning. For det andre er det en veldig stor kontrast når det kommer til intervallet i R-verdier mellom yngste og eldste eksponerte overflate. I figur 7.1 har den eldste lokaliteten (10,500 år) en R-verdi på ca. 37 og den yngste lokaliteten (~ 0 år) en R-verdi på ca. 62, hvor trendlinjen henholdsvis strekker seg mellom de samme verdiene. Dette er et stort intervall med 25 enheter i forskjell, som legger et godt grunnlag for etablering av en kalibrert dateringskurve.

Når det kommer til resultatkurvene (figur 6.14 og 6.28) for dette prosjektet, er intervallet for verdiene mellom eldste og yngste lokalitet betydelig mindre. For de opprinnelige resultatene ligger R-verdien for eldste lokalitet på 45,0 og verdien for yngste lokalitet på 50,9. For de nye resultatene er verdien 48,6 for den eldste lokaliteten og 51,6 for den yngste. Trendlinjene går henholdsvis fra 51,5 til 49,5 (opprinnelig kurve) og 51,5 til 50,5 (alternativ kurve). Dette representerer minimale intervaller mellom eldste og yngste eksponerte overflate, med kun 1-2 enheter i forskjell.

Figur 7.2 viser en sammenligning av punkter og trendlinje fra resultatene av Shakesby et al. (2011) med opprinnelige (blå punkter) og nye gjennomsnittsverdier (røde punkter) fra denne oppgaven. Denne sammenligningen viser at til tross for at studiene er relativt like, er det en veldig stor kontrast i hovedresultatene. Shakesby et al. (2011) har, som likt for denne oppgaven, benyttet 11 lokaliteter med tilhørende

gjennomsnittsverdier, og satt opp en kurve med en lineær regresjonslinje. Med tanke på utførelsen i felt ble det på de 11 lokalitetene foretatt 30 målinger på 30 dellokaliteter (900 på hver lokalitet til sammen), mens for dette prosjektet ble det foretatt 100 målinger på 5 dellokaliteter. Hvor mye det kan ha å si at målingene ble tatt med $n = 100 \times 5$ i stedet for $n = 30 \times 30$, er usikkert. Det er et høyt antall målinger for begge studiene, og så lenge de er tatt i riktig høyde og på riktig måte, bør begge ha et godt representativt antall for utregning av gjennomsnittlige R-verdier på hver lokalitet.



Figur 7.2: Kurve som viser en sammenligning av resultatene av Shakesby et al. (2011) og resultatene fra dette masterprosjektet. De blå punktene representerer de opprinnelige gjennomsnittsverdiene, og de røde punktene representerer de nye gjennomsnittlige R-verdiene.

Forholdet mellom alder og hardhet kan for begge studiene beskrives som tilnærmet lineært. Hvor kurven av Shakesby et al. (2011) legger et godt grunnlag for en dateringskurve, vil derimot ikke resultatene fra dette studiet kunne brukes til dette formålet, på grunn av den lave spredningen i verdier. Selv om feltområdet i Hereiane er en ideell lokalitet for et Schmidhammerstudie, kan det tenkes at fraværet av vegetasjon har ført til minimale forvittringsrater av bergarten. Uansett hva de lave intervallene mellom R-verdier skyldes, fører i alle fall dette til at resultatene for prosjektet ikke egner seg for etablering av en kalibrert dateringskurve.

7.3 Feilkilder

Felles for alle dateringsmetoder er at det alltid vil finnes potensielle feilkilder. Selv om Schmidthammeren er et enkelt instrument å håndtere, er det visse forbehold som må tas under innsamling av målinger. Feilkilder som angår metoden for dette prosjektet inkluderer først og fremst at springfjæren i Schmidthammeren kan svekkes etter hvert som målinger blir innsamlet i felt, og at hammeren av den grunn bør sjekkes kontinuerlig på en testambolt for å se om den innehar samme styrke fra dag til dag. Som beskrevet tidligere i dette kapitlet, ble ikke instrumentet testet etter at det oppsto problemer med instrumentet på lokalitet 6, noe som mest sannsynlig har ført til feilmålinger for denne lokaliteten.

Andre feilkilder kan komme av at observatøren gjør feil under målinger, da for eksempel at hammeren ikke holdes vinkelrett på overflaten. Faktorer som for eksempel vanninnhold i bergarten, mose eller kartlav på overflaten og sprekker eller hulrom i/under overflaten kan i tillegg kan føre til lavere verdier enn forventet. Mest sannsynlig er det slike ”usynlige” faktorer som fører til den karakteristiske skjevheten, og derav halen av lave målinger i frekvensdiagrammene for Schmidthammermålinger. I felt ble disse faktorene nøye vurdert, hvor det blant annet ble foretatt nye målinger på noen av dellokalitetene etter mistanke om hulrom under overflaten. Når det gjelder kartlav og mose, var dette lett å unngå, da studieområdet var preget av rene overflater.

I og med at lokalitetene ble hentet ut fra strandlinjediagrammet av Lohne et al. (2007) kan en også anta at det finnes feilkilder i forhold til etableringen av havnivået i deres studie, og dermed etableringen av lokalitetene. Dette vil si at de bestemte høydene for hvor havnivået har befunnet seg mellom 11 og 1 ka kan ligge enten noe høyere eller lavere enn der hvor målingene ble foretatt. For eksempel ble det ved næyere studie av strandlinjediagrammet oppdaget av lokalitet 10 egentlig ligger nærmere 40 m o.h. i stedet for 36 m o .h. Høydemåleren som ble benyttet i felt kan i tillegg ha feilkilder, da denne påvirkes av vær og lufttrykk. Etablering av høydene i felt ble derav utført to ganger, da det var mistanke om at lavt høytrykk påvirket instrumentet i første runde.

For Schmidhammerstudier er også bearbeidelsen av innsamlet data svært viktig, så vel som selve utførelsen av målingene. Dette omhandler først og fremst sorteringen av tallmaterialet, da det med såpass store datasett fort kan forekomme forvirringer og feilgrep. I dette tilfellet ble sorteringen håndtert ved å samle alle 500 målinger for hver lokalitet i separate filer. De ble deretter rangert fra laveste til høyeste verdi før alle statistiske variabler ble regnet ut. Videre følger selve analysen av de statistiske variablene, og hva disse beskriver. Her kommer det altså an på hvordan hver enkelt tolker resultatene, og hvordan man skal gå fram for å illustrere de statistiske funnene på best mulig måte i figurer og diagrammer. Dette kan variere fra studie til studie, men for dette prosjektet er det forsøkt å presentere statistikken slik som det er gjort i tidligere studier, med oversiktstabeller, frekvensdiagrammer og spredningskurver hvor R-verdier er plottet opp mot alder.

Til slutt kan selve tilnærmingen for ekskludering av verdier diskuteres. Som tidligere nevnt har forskere gjort dette på ulike måter, og i dette studiet ble det valgt å ekskludere alle verdier under 40, basert på hva som er karakteristisk for bergarten i feltområdet og at verdier *over* 40 utgjorde en andel på 93,9%. Det kan likevel tenkes at dette bør utføres mer individuelt for hver enkelt lokalitet, da lave verdier for lokalitetene med eldst eksponeringsalder kanskje bør inkluderes.

7.4 Forslag til forbedringer av metoden og videre forskning

Ut i fra dette masterprosjektet å bedømme, har utregningene for hvor majoriteten av målingene ligger, og forskjellene i opprinnelige og nye gjennomsnittlige R-verdier og standardavvik, vist at det vil være en fordel å ekskludere lave feilverdier. Til tross for at det opprinnelig var et høyt antall målinger, hvor en derav hadde forventet at falske verdier ville ha lite å si, har resultatene vist at det oppsto store forskjeller (og forbedringer) ved å ekskludere de lave verdiene. Dette vil selvfølgelig være avhengig av formålet for studiet, og litologien til studieområdet, og må derfor tilpasses deretter.

Videre er det, basert på dette og tidligere studier, av den oppfatning at forbehold og eventuelle feilkilder må tas særdeles hensyn til for å få et best mulig resultat. Dette inkluderer å kontinuerlig teste instrumentet for å se at springfjæren har samme styrke

under hele feltarbeidet, unngå kartlav, mose, sprekker og hulrom, og å bruke Schmidthammeren riktig ved å sette den vinkelrett på overflaten som skal måles. Kanskje enda viktigere er det å velge riktig feltområde og lokaliteter med nøye vurdering, med en optimal bergartstype og overflater som har sikre etablerte aldre.

For å få et pålitelig og sikkert resultat av et Schmidthammerstudie, vil undertegnede påstå at det vil være en stor fordel å utføre hele feltarbeidet på nytt etter at all statistikk er regnet ut. Dette kommer av at en da har fått kartlagt alle eventuelle feilkilder, og har en god oversikt over hvilke lokaliteter som avviker i forhold til resten. En kan eventuelt ekskludere hele lokaliteter som kan tolkes som misvisende for studiet, men for dette prosjektet ville det da bare gjenstått 8-9 lokaliteter.

Studiet for denne oppgaven ligger innenfor holocen, et tidsintervall hvor forskere mener det er pålitelig å sette opp en kalibrert dateringskurve da forvittringsraten til bergartene ennå ikke har nådd likevekt. Etter å ha lest artikler angående tidligere forskning, viser det seg at det fortsatt er stor usikkerhet når det kommer til hvor langt tilbake i tid en kan gå for å bruke Schmidthammer til datering. Av den grunn vil det være nyttig med videre studier av hvordan forvittringsraten til en bergart utvikler seg for et tidsintervall som strekker seg lengre enn 10 - 11,000 år tilbake.

Det er i tillegg store forskjeller i R-verdier ut i fra hvilken bergartstype en foretar målinger på. De fleste studier har benyttet feltområder med granitt eller gneis, som karakteriseres som harde/motstandsdyktige bergarter. Dette er bergarter som opptre i relativt stort omfang, og derfor vil det være svært nyttig hvis en regional dateringskurve for disse bergartene kan etableres. Likevel er det ”mangel” på studier av forvittringsrater og forsøk på å etablere dateringskurver for myke bergarter. Dette kan for eksempel gjøres ved å sammenligne hardhet- og aldersforskjeller for motstandsdyktige bergarter med svakere bergarter.

8.0 Konklusjon

- Resultatene fra denne masteroppgaven viser at det finnes et forhold mellom alder for en bergart og hardhet, som en funksjon av forvitningsgrad, og at dette gjerne kan beskrives som lineært.
- En hale med lave verdier (negativ skjevhet) er vanlig ved bruk av Schmidthammer, og disse bør ekskluderes med en individuell vurdering for hver lokalitet.
- Hvis Schmidthammeren blir ansett som et pålitelig instrument innenfor datering, vil den ha stor nytteverdi i form av tidsbesparing og lave kostnader.
- Studieområde bør velges med nøye vurderinger, da alle lokaliteter bør bestå av samme type bergart, samt at gode kalibreringspunkter er tilgjengelig for en eventuell etablering av en kalibrert dateringskurve.
- For bruk av Schmidthammer er det særdeles viktig at observatøren har kunnskap om eventuelle feilkilder, hvordan instrumentet skal håndteres, at hammeren blir kalibrert med jevne mellomrom og at en sikker statistisk bearbeiding av innsamlet data blir foretatt.
- Hvis lokaliteter blir valgt med omhu og eventuelle feilkilder blir tatt hensyn til, vil Schmidthammeren kunne brukes til datering (relativ og absolutt) så lenge forskjellen i R-verdier mellom yngste og eldste eksponerte overflate er stor nok.
- For videre forskning vil det være en stor fordel å se nærmere på hvilket tidsintervall Schmidthammeren kan brukes innenfor, både når det kommer til relativ datering og absolutt datering.

Referanser

Aarseth, I. og Mangerud, J. (1974) Younger Dryas end moraines between Hardangerfjorden and Sognefjorden, Western Norway. *Boreas* 3: 3-22.

Anundsen, K. (1985) Changes in shore-level and ice-front position in Late Weichsel and Holocene, southern Norway. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 39: 205-225.

Anundsen, K. og Fjeldskaar, W. (1983) Observed and theoretical Late Weichselian shore level changes related to glacier oscillations at Yrkje, southwest Norway. I: Schroeder-Lanz, H. (Ed.) Late- and Post-glacial Oscillations of Glaciers: Glacial and Periglacial Landforms. *A. A. Balkema, Rotterdam*: pp. 133-170.

Aydin, A. (2009) ISRM suggested method for determination of the Schmidt hammer rebound hardness: Revised version. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 46: 627-634.

Aydin, A. og Basu, A. (2005) The Schmidt Hammer in rock material characterization. *Engineering Geology* 41: 1211-1214.

Bargel, T.H. (2005) Spor etter istiden i Oslo og Akershus. *Norges Geologiske Undersøkelse, Gråsteinen* 10, 142 s.

Berglund, B.E., Björck, S., Lemdahl, G., Bergsten, H., Nordberg, K. og Kolstrup, E. (1994) Late Weichselian environmental-change in Southern Sweden and Denmark. *Journal of Quaternary Science* 9: 127-132.

Betts, M. W. og Latta, M. A. (2000) Rock surface hardness as an indicator of exposure age: An archaeological application of the Schmidt hammer. *Archaeometry* 42: 209-223.

Bondevik, S. og Mangerud, J. (2002) A calendar age estimate of a very late Younger Dryas ice sheet maximum in western Norway. *Quaternary Science Rev.* 21: 1661-1676.

Colman, S. M. (1981) Rock-weathering rates as functions of time. *Quaternary Research* 15: 250-264.

Day, M.J. og Goudie, A.S. (1977) Field assessment of rock hardness using the Schmidt hammer. *British Geomorphological Research Group, Technical Bulletin* 18: 19-29.

Ewert, J. W. og Swanson, D. A. (1966) *Monitoring Volcanoes, Techniques and Strategies Used by the Staff of the Cascades Volcano Observatory, 1980-90*. Washington, 1992: United States Government Printing Office. *U.S. Geological Survey Bulletin*.

- Fjeldskaar, W. og Kanestrøm, R. (1980) Younger Dryas geoid-deformation caused by deglaciation in Fennoscandia. In: Mörner, N.A. (Ed.), *Earth Rheology, Isostasy and Eustasy*. Wiley, Chichester, UK, pp. 569-574.
- Goudie, A. (2006) The Schmidt hammer in geomorphological research. *Progress in Physical Geograpy* 30: 703-718.
- Gupta, V., Sharma, R. og Sah, M.P. (2009) An evaluation of surface hardness of natural and modified rocks using Schmidt hammer: study from northwestern Himalaya, India. *Geografiska Annaler* 91: 179-188.
- Hafsten, U. (1960) Pollen-analytical investigations in South Norway. *Geology of Norway*: 434-462. Norges Geologiske Undersøkelse.
- Hansson, K. W. (2013) *Statistikk og SPSS for enkle undersøkelser*. Høgskolen i Buskerud.
- Helbæk, M. (2001) *Statistikk for kjemikere*. 2. utgave, Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Hucka, V.A. (1965) A rapid method for determining the strength of rocks in situ. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Abstr. 2: 127-134.
- Høgaas, F., Hansen, L., Rindstad, B., Sveian, H. og Olsen, L. (2012) Database for registrering av marin grense (MG) i Norge. *Rapport fra NGU*. Norsk Geologisk Undersøkelse.
- Kristiansen, I.L., Mangerud, J. og Lømo, L. (1988) Late Weichselian/early Holocene pollen- and lithostratigraphy in lakes in the Ålesund area, Western Norway. *Review of Palaeobotany and Palynology* 53: 185-231.
- Krzywinski, K. og Stabell, B. (1978) Senglasiale undersøkelser på Sotra. *Arkeo* 1: 27-31.
- Krzywinski, K. og Stabell, B. (1984) Late Weichselian sea-level changes at Sotra, Hordaland, Western Norway. *Boreas* 13: 159-202.
- Lohne, Ø.S., Bondevik, S., Mangerud, J. og Schrader, H. (2004) Calendar year age estimates of Allerod-Younger Dryas sea-level oscillations at Os, western Norway. *Journal of Quaternary Science* 19: 443-464.
- Lohne, Ø.S. (2005) Late Weichselian relative sea-level changes and glacial history in Hordaland, Western Norway. *Dr. Scientific Thesis, University of Bergen*.
- Lohne, Ø.S., Bondevik, S., Mangerud, J. og Svendsen J.I. (2007) Sea-level fluctuations imply that the Younger Dryas ice-sheet expansion in western Norway commenced during the Allerod. *Quaternary Science Reviews* 26: 2128-2151.
- Mangerud, J., Lie, S., Furnes, H., Kristiansen, I.L og Lomo, L. (1984) A Younger Dryas ash bed in western Norway, and its possible correlations with tephra in cores from the Norwegian Sea and the North-Atlantic. *Quaternary Research* 21: 85-104.

Matthews, J.A. og Owen, G. (2010) Schmidt-hammer exposure dating: developing linear age-calibration curves using Holocene bedrock surfaces from the Jotunheimen- Jostedalbreen regions of southern Norway. *Boreas* 39: 105-115.

Matthews, J. A. og Shakesby, R. A. (1984) The status of the 'Little Ice Age' in Southern Norway: Relative-age dating of Neoglacial moraines with Schmidt hammer and lichenometry. *Boreas* 13: 333-346.

McCarroll, D. (1987) The Schmidt hammer in geomorphology: five sources of instrument error. *British Geomorphological Research Group Technical Bulletin* 36: 16-27.

McCarroll, D. (1989a) Potential and limitations of the Schmidt hammer for relative-age dating: Field tests in neoglacial moraines, Jotunheimen, southern Norway. *Arctic and Alpine Research* 21: 268-275.

McCarroll, D. (1989b) Schmidt hammer relative-age evaluation of a possible pre- "Little Ice Age" neoglacial maraine, Leirbreen, southern Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 69: 125-130.

McCarroll, D. og Nesje, A. (1993) The vertical extent of ice sheets in Nordfjord, western Norway: measuring degree of rock surface weathering. *Boreas* 22: 255-265.

McGrew, J. C. og Monroe, C. B. (1993) *Statistical problem solving in geography*. Dubuque, IA: Wm. C, Brown Publishers.

Nesje, A. (2014) Muntlig referanse, Universitetet i Bergen.

Nicholson, D.T. (2009) Holocene microweathering rates and processes on ice-eroded bedrock, Røldal area, Hardangervidda, southern Norway. In *Periglacial and Paraglacial Processes and Environments*: Knight, J. og Harrison, S. (eds). Geological Society of London: 29-49. (*Geological Society Special Publication* 320)

Paus, A. (1989) Late Weichselian vegetation, climate and floral migration at Liastemmen, North Rogaland, south-western Norway. *Journal of Quaternary Science* 4: 223-242.

Rasmussen, S.O., Andersen, K. K., Svensson, A. M. et al. (2006) A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *Journal of Geophysical Research – Atmospheres* 111: D06102.

Sánchez, J.S., Fernández Mosquera, D. og Vidal Romani, J.R. (2009) Assessing the age-weathering correspondence of cosmogenic ^{21}Ne dated Pleistocene surfaces by the Schmidt hammer. *Earth Surface Processes and Landforms* 34: 1121-1125.

Selby, M.J. (1993) Hillslope materials and processes. *Oxford University Press*.

Shakesby, R.A., Matthews, J.A., Owen, G. (2006) The Schmidt hammer as a relative -age dating tool and its potential for calibrated-age dating in Holocene glaciated environments. *Quaternary Science Review* 25: 2846-2867.

Shakesby, R.A., Matthews, J.A., Karlén, W. og Los, S. (2011) The Schmidt hammer as a Holocene calibrated-age dating technique: Testing the form of the R-value-age relationship and defining the predicted-age errors. *The Holocene* 21: 615-628.

Stabell, B. og Krzywinski, K. (1979) Havnivåendringer på Sotra, Hordaland. *Arkeo* 1: 12-15.

Sveian, H. (1995) Sandsletten blir til: Stjørdal fra fjordbunn til strandsted. *Norges Geologiske Undersøkelse, Skrifter* 117.

Svendsen, J.I. og Mangerud, J. (1987) Late Weichselian and Holocene sea-level history for a cross-section of western Norway. *Journal of Quaternary Science* 2: 113-132.

Sumner, P. og Nel, W. (2002) The effect of rock moisture on Schmidt hammer rebound: Tests on rock samples from Marion Island and South Africa. *Earth Surface Processes and Landforms* 27: 1137-1142.

Viles, H., Goudie, A., Grab, S. og Lalley, S. (2010) The use of the Schmidt hammer and Equotip for rock hardness assessment in geomorphology and heritage science: a comparative analysis. *Earth Surface Processes and Landforms* 36: 320-333.

Williams, R.B.G. og Robinson, D.A. (1983) The effect of surface texture on the determination of the surface hardness of rock using the Schmidt Hammer. *Earth Surface Processes and Landforms* 8: 289-292.

Yavus, H., Altindag, R., Sarac, S., Ugur, I. og Sengun, N. (2006) Estimating the index properties of deteriorated carbonate rocks due to freeze-thaw and thermal shock weathering. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science* 43: 767-775.

Nettsider:

Atlas (2016):

<http://www.atlas.no/>

Aanesen, S. og Kristensen, O. (2016) *Standardisert normalfordeling*.

Lest 20.02.2016. Tilgjengelig fra:

<http://ndla.no/nb/node/118927>

Aarnes, H. (2011) *Litt statistikk*, Institutt for Biovitenskap ved Universitetet i Oslo.

Lest 20.02.2016. Tilgjengelig fra:

<http://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/matematikk/stat.html#normalfordeling>

Berggrunnskart for Hereiane (2016) hentet fra:

<http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>

Database for geologiske enheter (2016) *Fyksesedekket*, Norsk Geologisk Undersøkelse.

Utskrift generert 25.05.2016:

http://aps.ngu.no/pls/utf8/geoenhet_SokiDb.Vis_enhet?p_id=145944&p_spraak=N

Dyrhaug, E. (2012) *Strandlinje*, Store Norske Leksikon. Lest 10.03.2016. Tilgjengelig fra:

<https://snl.no/strandlinje>

Figur av Schmidthammer hentet fra:

<https://www.gardco.com/pages/hardness/schmidthammer.cfm>

Google Maps (2016):

<https://www.google.no/maps/>

Grøn, Ø. (2009) *Barometrisk høydemåling*, Store Norske Leksikon.

Lest 08.03.2016. Tilgjengelig fra:

https://snl.no/barometrisk_hoydemaling

Klimadata for Jondal Kommune hentet 20.05.2016. Tilgjengelig fra:

<http://www.yr.no/sted/Norge/Hordaland/Jondal/Jondal/klima.html>

Matematikk Org (2014) *Varians og standardavvik*. Lest 25.11.2015. Tilgjengelig fra:
https://www.matematikk.org/artikkel.html?tid=154338&within_tid=154329

Norgeskart (2016):
<http://www.norgeskart.no/>

Norsk Geologisk Undersøkelse (2015) *Gneis*. Lest 15.02.2016. Tilgjengelig fra:
<https://www.ngu.no/emne/gneis>

Raade, G. (2015) *Granitt*, Store Norske Leksikon. Lest 10.03.2016. Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/granitt>

Romundset, A. (2014) *Landheving og havnivåendringer*, Norsk Geologisk Undersøkelse.
Lest 20.03.2016. Tilgjengelig fra:
<https://www.ngu.no/fagomrade/landheving-og-havnivaendringer>

Skolediskusjon (2016) *Standardavvik*. Lest 20.02.2016. Tilgjengelig fra:
<http://skolediskusjon.no/kompendier/matematikk/regelbok-matte/statistikk/standardavvik>

Store Norske Leksikon (2009) *Isobaser*. Lest 08.03.2016. Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/isobaser>

Vedeld, K. og Venheim, R. (2008) *Normalfordeling og standardavvik*, Matematikk Org.
Lest 25.11.2015. Tilgjengelig fra:
<https://www.matematikk.org/artikkel.html?tid=68746>

Ørstavik, E. (2009) *Høydemåler*, Store Norske Leksikon. Lest 08.03.2016:
<https://snl.no/hoydemaler>

Vedlegg 1

Vedlegg 1 gjengir alle de 5500 Schmidthammermålingene fra feltarbeidet.

Kolonne A – E representerer dellokaliteter, med 100 målinger på hver.

LOK. 1	R-verdier				
Måling	A	B	C	D	E
1	38	30	31	34	35
2	40	34	31	36	36
3	41	34	38	38	37
4	41	37	41	38	38
5	42	38	42	39	38
6	43	39	42	40	39
7	43	39	43	40	41
8	43	42	43	40	41
9	46	42	44	40	42
10	46	42	44	40	42
11	46	44	44	40	43
12	46	44	45	40	43
13	46	44	46	42	43
14	46	45	46	42	43
15	47	45	46	42	43
16	47	46	46	42	44
17	47	47	46	42	44
18	47	47	46	42	45
19	48	47	47	44	45
20	48	47	47	44	46
21	48	47	47	44	46
22	48	48	48	44	46
23	48	48	48	44	46
24	48	48	48	45	48
25	48	48	48	45	48
26	49	48	48	45	48
27	49	48	49	45	48
28	50	48	49	46	48
29	50	48	49	46	49
30	50	48	50	46	49
31	50	48	50	46	49
32	50	48	50	46	49
33	51	48	50	46	49

34	52	48	50	47	50
35	52	49	50	47	50
36	52	49	50	47	50
37	52	49	50	47	50
38	52	50	50	47	50
39	52	50	50	47	50
40	52	50	50	48	50
41	52	50	50	48	50
42	53	50	50	48	50
43	53	50	50	48	51
44	53	50	51	48	51
45	54	50	51	48	51
46	54	50	51	48	51
47	54	50	51	48	51
48	54	50	51	48	51
49	54	50	51	49	52
50	54	51	52	49	52
51	55	51	52	49	52
52	55	51	52	49	52
53	55	51	52	49	52
54	55	51	52	50	52
55	55	51	52	50	52
56	56	52	52	50	52
57	56	52	53	50	52
58	56	52	53	50	52
59	56	52	54	50	52
60	56	52	54	50	53
61	56	52	54	50	53
62	57	53	54	50	53
63	57	53	54	50	53
64	57	54	54	50	54
65	57	54	54	51	54
66	57	54	54	51	54
67	57	54	54	51	54
68	57	54	55	51	54
69	57	54	55	51	54
70	57	54	55	51	54
71	57	54	55	51	54
72	58	54	55	51	55
73	58	54	55	52	55
74	58	54	55	52	55
75	58	54	55	53	55
76	58	55	55	53	55
77	58	55	56	53	55
78	58	55	56	54	56

79	58	55	56	54	56
80	58	55	56	54	56
81	59	55	56	54	56
82	59	55	56	54	56
83	59	56	56	54	56
84	59	56	57	54	57
85	59	56	57	54	57
86	59	56	57	54	58
87	60	56	57	54	58
88	60	56	58	54	58
89	60	56	58	55	58
90	60	57	58	56	58
91	60	57	58	56	59
92	60	57	58	57	59
93	60	57	59	57	59
94	61	58	59	58	59
95	61	58	59	58	59
96	61	58	60	58	60
97	61	58	60	60	60
98	62	59	60	60	60
99	62	59	60	60	61
100	64	60	60	61	62

LOK. 2	R-verdier				
Måling	A	B	C	D	E
1	30	30	48	32	38
2	36	42	48	34	42
3	40	46	48	38	42
4	40	48	48	42	43
5	40	48	48	44	44
6	40	48	50	44	44
7	40	48	50	45	44
8	41	49	50	46	44
9	42	49	51	46	45
10	44	50	51	46	45
11	46	50	51	47	46
12	46	50	51	47	46
13	47	50	51	48	46
14	48	50	51	48	46
15	49	50	51	48	46
16	49	50	51	48	47
17	49	51	51	48	47
18	50	51	52	48	47

19	50	51	52	48	47
20	52	51	52	48	48
21	52	51	52	48	48
22	52	52	52	48	48
23	52	52	52	48	48
24	52	52	52	49	48
25	52	52	52	49	48
26	52	52	52	49	48
27	52	52	53	49	48
28	52	52	53	49	48
29	52	52	53	49	49
30	52	52	53	49	49
31	52	52	53	49	49
32	53	52	53	49	49
33	53	52	54	49	49
34	53	53	54	50	49
35	53	53	54	50	49
36	53	53	54	50	49
37	53	53	54	50	49
38	53	53	54	50	50
39	54	53	54	50	50
40	54	53	54	50	50
41	54	53	54	50	50
42	55	54	55	50	50
43	55	54	55	50	50
44	55	54	55	51	50
45	55	54	55	51	50
46	55	54	55	52	50
47	55	54	55	52	50
48	55	54	55	52	50
49	55	54	55	52	50
50	55	54	55	52	50
51	56	55	55	52	50
52	56	55	55	52	50
53	56	55	55	53	50
54	56	55	55	53	50
55	56	55	55	53	50
56	56	55	55	53	51
57	56	55	56	54	51
58	56	55	56	54	51
59	56	55	56	54	51
60	56	55	56	54	51
61	56	55	56	54	51
62	56	55	56	54	51
63	56	56	57	54	51

64	56	56	57	54	51
65	56	56	57	54	52
66	56	56	57	54	52
67	56	56	57	54	52
68	57	56	57	55	52
69	57	56	57	55	52
70	57	56	57	55	53
71	57	56	57	55	53
72	58	56	57	55	53
73	58	56	57	55	53
74	58	56	58	55	53
75	58	56	58	55	53
76	58	57	58	55	53
77	58	57	58	56	53
78	58	57	58	56	53
79	58	57	58	56	54
80	58	57	58	56	54
81	58	57	58	56	54
82	58	57	58	56	54
83	58	57	58	56	54
84	59	58	58	56	54
85	59	58	59	57	54
86	59	58	59	58	54
87	59	58	59	58	54
88	59	58	59	58	54
89	60	58	59	58	54
90	60	59	60	58	54
91	60	59	60	58	54
92	60	59	60	58	54
93	60	60	60	59	55
94	60	60	60	59	55
95	60	60	61	59	55
96	61	60	61	59	56
97	62	60	62	60	56
98	64	61	62	60	57
99	64	62	62	62	58
100	66	65	64	62	59

LOK. 3	R-verdier				
Måling	A	B	C	D	E
1	40	34	28	38	38
2	41	40	40	40	38
3	41	43	42	40	39
4	41	45	42	41	40
5	44	45	46	42	40
6	44	45	46	44	40
7	44	45	46	45	41
8	45	46	46	45	42
9	45	46	46	46	43
10	46	46	47	46	43
11	46	46	47	47	43
12	46	46	48	48	44
13	46	47	48	48	45
14	48	47	48	49	45
15	48	47	48	49	45
16	48	47	50	49	46
17	48	48	50	49	46
18	49	48	50	50	46
19	49	48	50	50	46
20	49	48	50	50	46
21	49	48	50	50	47
22	49	48	50	50	48
23	50	48	50	50	48
24	50	48	50	50	48
25	50	49	51	50	49
26	50	50	51	50	49
27	50	50	51	50	49
28	50	50	51	50	49
29	50	50	51	51	49
30	50	50	52	51	49
31	51	50	52	51	50
32	51	50	52	51	50
33	51	50	52	52	50
34	51	50	52	52	50
35	51	51	52	52	50
36	52	51	52	52	50
37	52	51	52	52	50
38	52	51	52	52	51
39	52	51	52	52	51
40	52	52	52	52	51
41	52	52	53	52	51
42	52	52	53	52	51

43	52	52	53	52	51
44	52	52	54	53	52
45	52	52	54	53	52
46	52	52	54	53	52
47	52	52	54	53	52
48	53	52	54	53	52
49	53	53	54	54	53
50	53	53	55	54	53
51	53	53	55	54	53
52	53	53	55	54	53
53	53	53	55	54	54
54	53	53	55	54	54
55	53	53	55	54	54
56	53	53	55	54	54
57	54	53	55	54	54
58	54	53	55	55	54
59	54	53	55	55	54
60	54	53	55	55	54
61	54	53	55	55	54
62	54	53	55	55	54
63	54	53	56	55	54
64	54	54	56	56	55
65	54	54	56	56	55
66	54	54	56	56	55
67	54	54	56	56	55
68	54	54	56	56	55
69	54	55	56	56	55
70	54	55	56	56	55
71	54	55	56	56	55
72	54	55	56	56	55
73	55	55	56	57	55
74	55	55	56	57	55
75	55	56	56	57	55
76	55	56	56	57	56
77	55	57	56	57	56
78	55	57	56	57	56
79	56	57	56	57	56
80	56	57	56	58	56
81	56	57	57	58	56
82	56	58	58	58	56
83	56	58	58	58	56
84	56	58	58	58	56
85	56	58	58	58	56
86	56	58	58	58	57
87	57	58	58	59	58

88	57	58	58	59	58
89	57	58	58	59	58
90	58	59	59	59	58
91	58	59	59	59	58
92	58	59	59	59	58
93	58	59	60	59	59
94	59	59	60	60	59
95	59	59	60	60	59
96	59	60	60	60	59
97	60	61	60	61	60
98	60	62	60	61	60
99	60	62	61	62	61
100	61	63	62	62	62

LOK. 4	R-verdier				
Måling	A	B	C	D	E
1	18	38	30	30	28
2	29	40	30	38	30
3	39	40	30	39	39
4	39	42	31	40	40
5	40	42	31	40	41
6	41	42	32	44	42
7	43	45	35	44	42
8	44	46	42	44	42
9	45	46	42	44	44
10	45	46	44	45	45
11	45	47	44	45	45
12	45	47	44	45	45
13	46	48	44	46	45
14	46	48	44	46	45
15	46	48	45	46	46
16	46	48	45	46	46
17	47	48	45	46	46
18	47	48	45	46	47
19	48	48	46	46	47
20	48	49	47	46	47
21	48	49	47	46	47
22	48	50	48	47	47
23	48	50	48	47	48
24	49	50	48	47	48
25	49	50	48	48	48
26	49	50	48	48	49
27	49	50	48	48	49

28	49	50	48	48	50
29	50	50	48	48	50
30	50	51	48	48	51
31	50	51	48	48	51
32	50	51	49	48	51
33	50	52	49	48	51
34	50	52	49	49	51
35	50	52	50	49	51
36	50	52	50	49	51
37	50	52	50	50	51
38	50	52	50	50	51
39	51	52	50	50	52
40	51	52	50	50	52
41	51	53	50	50	52
42	51	53	50	50	52
43	51	53	50	50	52
44	51	53	51	50	52
45	51	54	51	50	52
46	51	54	51	50	52
47	51	54	51	50	52
48	52	54	52	50	52
49	52	54	52	50	53
50	52	54	52	51	53
51	52	54	52	51	53
52	52	54	52	51	54
53	52	54	52	51	54
54	52	54	52	52	54
55	52	55	52	52	54
56	52	55	52	52	54
57	53	55	52	52	54
58	53	55	52	52	54
59	53	55	52	52	54
60	54	56	53	52	54
61	54	56	53	52	54
62	54	56	53	52	55
63	54	56	54	52	55
64	54	56	54	53	55
65	54	56	54	53	55
66	54	56	54	53	55
67	54	56	54	53	55
68	55	56	54	53	56
69	55	56	54	54	56
70	55	56	54	54	56
71	55	56	55	54	56
72	55	56	55	54	57

73	55	56	55	54	57
74	55	56	55	54	57
75	55	57	55	54	57
76	56	57	55	54	57
77	56	57	55	54	57
78	56	57	55	54	57
79	56	57	56	54	57
80	56	57	56	55	57
81	56	57	56	55	58
82	56	57	56	55	58
83	56	58	56	55	58
84	56	58	56	55	58
85	56	58	56	55	58
86	56	58	56	55	58
87	57	58	56	56	58
88	57	58	56	56	58
89	57	58	57	56	59
90	57	58	57	56	59
91	57	58	58	56	59
92	58	58	58	56	59
93	58	59	58	56	60
94	58	59	58	56	60
95	58	59	58	57	60
96	58	59	58	58	60
97	58	60	58	58	62
98	58	60	59	58	63
99	60	60	60	58	63
100	61	61	61	60	64

LOK. 5	R-verdier				
Måling	A	B	C	D	E
1	38	31	38	32	36
2	38	34	38	33	40
3	40	34	39	36	40
4	42	36	40	38	40
5	44	36	40	40	42
6	48	37	42	40	44
7	48	39	42	41	45
8	48	39	42	42	46
9	48	40	42	42	46
10	48	40	42	42	46
11	48	41	42	42	46
12	49	41	42	42	47

13	49	42	43	43	47
14	49	42	44	44	48
15	50	42	44	44	48
16	50	42	44	44	48
17	50	44	44	45	49
18	50	44	44	45	49
19	50	45	44	46	49
20	52	46	44	47	49
21	52	46	45	47	49
22	52	46	45	47	50
23	52	46	45	48	50
24	52	46	46	48	50
25	52	46	46	48	50
26	52	46	46	48	51
27	52	46	46	48	51
28	52	47	47	48	51
29	52	47	48	48	51
30	52	48	48	48	52
31	52	48	48	48	52
32	52	48	48	48	52
33	52	48	48	49	52
34	52	48	48	49	52
35	53	48	48	49	52
36	53	49	48	49	52
37	53	49	48	49	52
38	53	49	48	50	52
39	54	49	48	50	52
40	54	49	49	50	52
41	54	50	49	50	52
42	54	50	49	50	52
43	54	50	50	50	53
44	54	50	50	50	53
45	54	50	50	50	53
46	54	50	50	50	53
47	54	50	50	50	53
48	54	50	50	50	53
49	55	50	50	50	53
50	55	51	50	50	54
51	55	51	50	50	54
52	55	51	50	51	54
53	55	51	51	51	54
54	55	51	52	51	54
55	56	51	52	51	54
56	56	51	52	51	54
57	56	52	52	52	54

58	56	52	52	52	54
59	56	52	52	52	54
60	56	52	52	52	54
61	56	52	52	52	54
62	56	53	52	52	55
63	56	53	52	52	55
64	56	53	53	53	55
65	56	53	53	53	55
66	56	53	53	53	56
67	57	53	53	53	56
68	57	53	53	53	56
69	57	53	54	54	56
70	57	54	54	54	56
71	57	54	54	54	56
72	57	54	54	54	56
73	57	54	54	54	56
74	57	54	54	54	57
75	57	54	54	55	57
76	58	54	54	55	57
77	58	54	54	55	58
78	58	54	54	55	58
79	58	54	55	55	58
80	58	55	55	55	58
81	58	55	55	55	58
82	58	55	55	55	58
83	58	56	55	56	58
84	59	56	55	56	58
85	60	56	55	56	58
86	60	56	55	56	58
87	60	56	55	57	58
88	60	57	56	57	58
89	61	57	56	57	58
90	61	57	56	57	59
91	61	58	56	58	59
92	61	58	56	58	59
93	62	58	56	59	60
94	62	58	57	59	60
95	63	59	58	60	60
96	64	59	58	61	61
97	64	60	58	61	61
98	64	60	58	62	62
99	64	60	60	62	63
100	65	63	62	63	64

LOK. 6	R-verdier				
Måling	A	B	C	D	E
1	25	24	30	20	16
2	26	30	32	20	18
3	28	38	34	22	22
4	28	38	34	27	30
5	29	38	34	30	30
6	30	39	36	30	36
7	30	39	36	34	36
8	30	40	36	34	37
9	31	40	36	34	39
10	33	40	38	34	39
11	34	41	38	34	40
12	36	42	38	36	40
13	36	43	40	37	40
14	36	44	40	38	40
15	37	44	40	39	40
16	37	44	40	40	40
17	38	44	40	40	40
18	38	44	41	40	41
19	38	45	41	40	41
20	39	45	41	40	42
21	39	45	42	41	42
22	40	45	42	41	43
23	40	45	42	42	43
24	41	45	42	43	43
25	41	46	42	44	44
26	41	46	42	45	44
27	41	46	43	45	44
28	41	46	44	45	44
29	42	46	44	45	44
30	42	46	44	45	44
31	43	47	44	46	44
32	43	47	44	46	44
33	43	47	44	46	45
34	43	47	44	47	45
35	44	48	45	47	46
36	44	48	45	47	46
37	44	48	45	47	46
38	44	48	46	47	46
39	45	48	46	47	46
40	45	48	46	47	46
41	45	48	46	47	46
42	45	49	47	47	46

43	46	49	47	47	47
44	46	49	47	48	47
45	46	49	48	48	47
46	46	49	48	48	47
47	47	49	48	48	48
48	47	50	48	49	48
49	47	50	48	49	48
50	47	50	48	49	48
51	47	50	48	49	48
52	47	50	48	49	48
53	48	50	48	49	48
54	48	50	49	49	49
55	48	50	49	49	49
56	48	50	49	50	50
57	48	50	49	50	50
58	49	50	50	50	50
59	49	50	50	50	50
60	49	50	50	50	50
61	49	51	50	51	50
62	49	51	50	51	50
63	49	51	50	51	50
64	49	51	50	51	50
65	50	51	50	51	50
66	50	51	50	51	51
67	50	52	50	51	51
68	50	52	51	51	51
69	50	52	51	51	51
70	50	52	51	51	51
71	51	52	51	51	51
72	51	52	51	51	51
73	51	52	51	51	52
74	51	52	51	52	52
75	51	53	52	52	52
76	51	53	52	52	52
77	52	53	52	52	53
78	52	53	52	52	53
79	52	53	52	53	53
80	52	53	52	54	53
81	52	54	52	54	53
82	52	54	52	54	53
83	52	54	53	55	54
84	52	54	53	55	54
85	53	54	53	56	54
86	53	54	53	56	54
87	53	54	54	56	54

88	54	54	54	56	54
89	54	55	55	57	54
90	54	55	55	57	55
91	54	55	55	58	55
92	54	56	55	58	55
93	55	56	55	58	56
94	55	56	56	58	57
95	56	56	56	59	57
96	56	56	56	59	58
97	56	56	57	60	59
98	56	56	58	60	60
99	58	58	59	62	60
100	59	58	60	62	62

LOK. 7	R-verdier				
Måling	A	B	C	D	E
1	30	30	36	38	36
2	30	38	40	40	39
3	38	40	40	42	40
4	38	41	42	42	40
5	38	42	42	42	43
6	39	43	42	42	44
7	40	45	42	43	44
8	40	45	42	43	44
9	41	46	44	44	46
10	41	48	44	46	47
11	42	48	44	48	47
12	42	48	44	48	48
13	43	48	45	48	48
14	43	48	45	48	48
15	44	48	46	48	48
16	44	49	46	49	48
17	44	49	46	49	49
18	44	49	46	49	50
19	44	50	46	49	50
20	44	50	46	50	50
21	44	50	46	50	50
22	44	50	47	50	50
23	45	51	48	50	50
24	45	51	48	51	50
25	45	51	48	51	51
26	46	51	48	51	51
27	46	51	48	52	51

28	46	51	48	52	51
29	46	51	49	52	51
30	46	51	49	52	51
31	46	52	50	52	52
32	46	52	50	53	52
33	46	52	50	53	52
34	47	52	50	53	52
35	47	52	50	53	52
36	47	52	51	53	52
37	48	53	51	53	52
38	48	53	51	53	52
39	48	53	51	53	52
40	48	53	51	53	52
41	48	53	51	54	52
42	49	53	51	54	52
43	49	54	51	54	52
44	49	54	51	54	52
45	49	54	51	54	53
46	49	54	52	54	53
47	50	54	52	54	53
48	50	54	52	54	53
49	50	54	52	54	53
50	50	55	52	54	53
51	50	55	52	55	54
52	50	55	52	55	54
53	50	55	52	55	54
54	50	55	52	55	54
55	50	55	53	55	54
56	50	55	53	55	55
57	50	55	53	55	55
58	51	55	53	55	55
59	51	55	53	55	55
60	51	56	53	56	55
61	51	56	53	56	55
62	51	56	54	56	56
63	51	56	54	56	56
64	51	56	54	56	56
65	51	56	54	56	56
66	51	56	54	56	56
67	51	56	54	57	56
68	51	56	54	57	56
69	51	56	54	57	56
70	51	56	55	57	56
71	51	57	55	57	56
72	52	57	55	57	56

73	52	57	55	57	56
74	52	58	55	57	56
75	52	58	56	58	57
76	52	58	56	58	57
77	52	58	56	58	57
78	53	58	56	58	57
79	53	58	56	58	57
80	53	58	56	58	57
81	54	58	56	59	57
82	54	59	57	59	57
83	54	59	57	59	58
84	54	59	57	60	58
85	54	59	57	60	58
86	55	59	57	60	59
87	55	60	58	60	59
88	56	60	58	60	59
89	56	60	58	60	59
90	56	60	58	61	59
91	58	60	59	61	59
92	58	60	59	61	59
93	58	60	59	61	59
94	58	61	60	61	59
95	59	61	60	61	60
96	60	61	62	61	60
97	62	62	62	62	60
98	62	62	62	62	63
99	62	62	64	62	63
100	62	64	65	62	64

LOK. 8	R-verdier				
Måling	A	B	C	D	E
1	34	42	34	40	29
2	40	42	37	40	30
3	42	45	38	41	34
4	43	46	40	41	36
5	44	46	43	42	37
6	46	46	44	45	40
7	47	48	45	46	40
8	47	49	45	47	40
9	48	49	45	48	40
10	48	50	47	48	40
11	49	51	47	48	40
12	50	51	47	48	41

13	50	52	48	48	42
14	50	52	49	48	42
15	51	52	49	49	42
16	51	53	49	50	43
17	51	53	50	50	43
18	51	53	50	51	44
19	52	53	50	52	44
20	52	53	50	52	44
21	52	54	50	52	44
22	52	54	51	52	47
23	52	54	51	53	47
24	52	54	51	53	50
25	52	54	51	53	50
26	52	54	51	53	50
27	53	55	52	53	50
28	53	55	52	54	50
29	53	55	52	54	50
30	53	55	52	54	50
31	53	55	52	55	50
32	53	55	52	55	51
33	53	55	52	55	51
34	54	55	53	56	52
35	54	55	53	56	52
36	54	55	53	56	52
37	54	56	53	56	52
38	54	56	53	56	52
39	54	56	53	56	52
40	54	56	54	57	53
41	54	56	54	57	53
42	54	56	54	57	53
43	54	56	54	57	53
44	54	56	54	57	53
45	54	56	54	57	54
46	54	56	54	57	54
47	55	56	55	57	54
48	55	56	55	58	54
49	55	56	55	58	54
50	55	57	55	58	54
51	55	57	55	58	54
52	55	57	55	58	54
53	55	57	55	58	55
54	55	57	55	58	55
55	56	57	55	58	55
56	56	57	55	58	55
57	56	57	55	58	55

58	56	58	56	58	55
59	56	58	56	59	56
60	56	58	56	59	56
61	56	58	56	59	56
62	56	58	56	59	56
63	57	58	57	59	56
64	57	58	57	59	56
65	57	58	57	59	56
66	57	58	57	59	56
67	57	58	57	59	56
68	57	58	57	59	56
69	57	58	57	59	56
70	58	58	57	60	56
71	58	58	57	60	57
72	58	58	58	60	57
73	58	58	58	60	57
74	58	58	58	60	57
75	58	58	58	60	57
76	58	59	58	60	57
77	58	59	58	60	57
78	58	59	58	60	57
79	58	59	58	60	57
80	58	59	58	60	58
81	58	59	59	60	58
82	58	59	59	60	58
83	59	60	59	60	58
84	59	60	59	61	58
85	60	60	59	61	58
86	60	60	59	61	58
87	60	60	59	61	59
88	60	60	60	62	59
89	60	60	60	62	59
90	60	60	60	62	59
91	60	61	60	62	59
92	61	61	60	62	59
93	61	61	60	63	60
94	61	61	60	64	60
95	61	61	60	64	60
96	61	61	61	64	60
97	62	62	61	65	60
98	62	62	61	65	60
99	63	62	62	65	62
100	64	63	62	66	67

LOK. 9	R-verdier				
Måling	A	B	C	C	E
1	26	30	36	34	39
2	26	34	40	35	40
3	27	34	40	38	43
4	30	36	43	39	44
5	30	37	45	40	45
6	32	40	45	40	45
7	32	40	46	40	45
8	34	40	46	41	45
9	36	41	46	42	46
10	36	41	46	43	46
11	36	41	46	43	47
12	36	42	48	43	47
13	36	42	48	44	47
14	36	43	48	45	48
15	36	43	48	45	48
16	37	43	48	46	48
17	37	44	48	46	49
18	38	44	48	46	49
19	38	44	49	46	49
20	38	45	49	47	50
21	38	45	49	47	50
22	39	46	49	48	51
23	39	46	49	48	51
24	39	47	49	48	51
25	39	48	50	48	51
26	39	48	50	48	51
27	40	48	50	49	52
28	40	48	50	49	52
29	40	48	50	50	52
30	40	48	51	50	52
31	40	48	51	51	52
32	40	48	51	51	53
33	41	49	52	51	53
34	41	49	52	51	53
35	41	49	52	51	53
36	41	49	52	51	53
37	41	50	52	52	53
38	42	50	52	52	54
39	42	50	52	52	54
40	42	50	52	52	54
41	42	50	52	52	54
42	42	50	52	52	54

43	42	50	52	52	54
44	42	50	53	52	54
45	42	51	53	53	54
46	42	51	53	53	54
47	42	51	53	53	54
48	43	51	53	53	55
49	43	51	53	53	55
50	44	52	54	53	55
51	44	52	54	53	55
52	44	52	54	54	55
53	44	52	54	54	55
54	44	52	54	54	55
55	44	52	54	54	55
56	44	52	54	54	56
57	45	52	54	55	56
58	45	52	54	55	56
59	45	52	54	55	56
60	45	52	54	55	56
61	46	53	54	55	56
62	46	53	54	55	56
63	46	53	54	55	56
64	46	53	54	55	56
65	46	53	55	55	57
66	46	53	55	55	57
67	47	54	56	56	57
68	47	54	56	56	57
69	47	54	56	56	57
70	47	54	56	56	57
71	47	54	56	56	57
72	48	55	56	56	57
73	48	55	56	56	57
74	48	55	56	56	57
75	48	55	56	56	58
76	48	55	56	56	58
77	48	56	56	56	58
78	48	56	56	56	58
79	48	56	56	57	58
80	48	56	56	57	58
81	48	56	57	57	58
82	49	56	57	57	58
83	50	57	57	57	58
84	50	58	57	57	58
85	50	58	57	57	59
86	50	58	58	58	59
87	51	58	58	58	59

88	51	58	58	58	60
89	51	58	58	58	60
90	52	58	58	58	60
91	52	58	58	59	60
92	52	60	59	59	60
93	52	60	59	59	60
94	52	60	59	59	60
95	52	60	59	60	61
96	54	60	60	60	62
97	54	60	60	60	62
98	56	64	60	60	62
99	56	64	61	61	62
100	57	64	62	61	63

LOK. 10	R-verdier				
Måling	A	B	C	D	E
1	30	39	35	35	24
2	30	39	39	39	26
3	30	39	39	42	27
4	34	42	40	42	34
5	36	44	40	42	34
6	37	45	40	42	34
7	38	45	41	43	34
8	38	45	42	44	34
9	40	46	42	44	42
10	40	48	42	44	43
11	40	48	43	44	43
12	41	48	44	44	44
13	41	48	44	44	44
14	42	48	44	44	44
15	42	49	44	45	45
16	42	49	45	45	45
17	43	49	45	46	46
18	44	49	45	46	46
19	44	50	45	46	46
20	45	50	45	46	46
21	45	50	46	46	46
22	46	50	46	47	47
23	46	50	46	47	47
24	46	50	46	47	47
25	46	50	46	47	48
26	47	50	46	48	48
27	48	50	46	48	48

28	48	50	46	48	48
29	48	51	46	48	48
30	48	51	47	48	49
31	48	51	47	48	49
32	49	51	47	48	49
33	49	51	47	48	49
34	49	51	47	48	49
35	49	51	47	48	50
36	49	52	48	48	50
37	49	52	48	49	50
38	50	52	48	49	50
39	50	52	48	49	50
40	50	52	48	49	50
41	50	52	48	49	50
42	50	53	48	49	51
43	50	53	48	49	51
44	50	53	48	49	51
45	51	53	48	50	51
46	51	54	48	50	51
47	51	54	49	50	52
48	51	54	49	50	52
49	52	54	49	50	52
50	52	54	49	50	52
51	52	54	50	50	52
52	52	55	50	50	52
53	52	55	50	50	52
54	52	55	50	50	52
55	52	55	50	50	52
56	53	56	50	50	52
57	53	56	50	51	52
58	53	56	50	51	52
59	53	56	50	51	52
60	53	56	50	52	52
61	53	56	50	52	53
62	54	56	50	52	53
63	54	56	50	52	53
64	54	56	50	52	53
65	54	56	50	52	53
66	54	57	51	53	54
67	54	57	51	53	54
68	54	57	51	53	54
69	54	57	51	53	54
70	54	57	51	54	54
71	54	57	51	54	54
72	54	57	51	54	54

73	54	58	51	54	54
74	54	58	51	54	54
75	54	58	52	54	54
76	54	58	52	54	54
77	54	58	52	54	54
78	55	58	52	54	54
79	55	58	52	54	55
80	55	58	52	55	55
81	55	58	52	55	55
82	55	58	52	55	55
83	55	58	52	55	55
84	56	59	53	55	55
85	56	59	53	56	55
86	56	59	54	56	55
87	56	59	54	56	56
88	56	60	54	56	56
89	56	60	54	56	56
90	57	60	54	56	56
91	57	60	55	56	56
92	57	60	55	56	56
93	57	60	55	56	56
94	58	60	55	56	57
95	58	60	56	57	57
96	58	60	56	57	57
97	59	61	57	58	58
98	60	61	58	58	58
99	60	62	58	58	58
100	61	63	59	59	60

LOK. 11	R-verdier				
Måling	A	B	C	D	E
1	21	20	18	25	23
2	22	22	21	30	29
3	23	24	26	30	29
4	24	25	27	33	32
5	26	28	28	33	32
6	28	28	29	33	32
7	28	28	30	35	32
8	29	29	31	37	33
9	31	30	31	38	35
10	32	30	32	39	36
11	34	31	32	40	36
12	34	32	33	40	36

13	35	32	33	40	37
14	35	32	34	40	38
15	36	32	34	40	38
16	38	33	34	42	39
17	38	33	35	42	40
18	38	33	36	42	40
19	38	34	36	42	40
20	38	34	36	43	40
21	38	35	36	43	41
22	38	36	37	43	41
23	38	36	37	44	41
24	38	36	38	44	42
25	38	37	38	44	42
26	39	38	38	44	42
27	39	38	38	44	42
28	39	38	38	44	42
29	40	38	39	45	43
30	40	38	39	46	43
31	40	38	40	46	43
32	40	38	40	46	43
33	40	39	40	46	44
34	41	39	40	46	44
35	42	39	41	46	44
36	42	40	41	47	44
37	42	40	41	47	45
38	42	40	41	48	46
39	43	40	42	48	46
40	44	41	42	48	46
41	44	41	42	49	46
42	44	41	43	49	46
43	44	41	43	49	46
44	44	41	43	50	46
45	44	41	43	50	46
46	44	42	44	50	46
47	44	42	44	50	47
48	44	42	44	50	47
49	45	42	44	50	47
50	46	42	44	50	47
51	46	43	44	50	47
52	46	43	44	50	47
53	46	43	45	50	48
54	46	43	45	51	48
55	46	43	45	51	48
56	46	44	46	51	48
57	46	44	46	51	48

58	46	44	46	51	49
59	46	44	46	52	49
60	47	44	46	52	49
61	47	44	46	52	50
62	48	44	47	52	50
63	48	44	47	52	50
64	48	44	47	52	50
65	48	44	47	53	50
66	48	45	47	53	50
67	49	46	47	53	50
68	49	46	47	54	50
69	49	46	47	54	51
70	49	47	47	54	51
71	49	47	48	54	51
72	50	47	48	54	51
73	50	48	48	54	51
74	50	48	48	54	52
75	52	48	48	54	52
76	52	48	48	55	52
77	52	48	48	55	52
78	52	49	48	55	52
79	52	49	49	55	52
80	52	49	49	55	52
81	52	50	49	55	53
82	52	50	49	55	53
83	52	50	49	55	53
84	54	50	50	55	54
85	54	51	50	56	54
86	55	51	50	56	55
87	55	51	51	56	56
88	55	51	52	56	56
89	56	52	52	56	56
90	56	52	52	57	56
91	56	52	54	57	57
92	56	52	54	58	57
93	56	54	54	58	57
94	58	55	54	58	58
95	58	55	54	58	58
96	59	55	55	58	58
97	60	56	55	59	58
98	61	58	55	59	59
99	63	59	58	60	59
100	64	60	59	60	60

Vedlegg 2

Vedlegg 2 presenterer utarbeidet statistikk for hver dellokalitet (A – E).

I resultatdelen er den samlede statistikken for hver lokalitet tatt med.

2 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	38	30	31	34	35
Maximum	64	60	60	61	62
Sum	5338	5038	5136	4863	5091
Points	100	100	100	100	100
Mean	53,38	50,38	51,36	48,63	50,91
Median	54,5	51	52	49	52
Std Devia	5,8202	5,7731	5,6845	5,7343	6,0555
Variance	33,874	33,329	32,314	32,882	36,669
Std Error	0,58202	0,57731	0,56845	0,57343	0,60555
Skewness	-0,55388	-1,0629	-0,99601	-0,12634	-0,57419
Kurtosis	-0,50022	1,4236	1,7543	-0,32031	-0,13819

4 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	30	30	48	32	38
Maximum	66	65	64	62	59
Sum	5387	5404	5514	5187	5025
Points	100	100	100	100	100
Mean	53,87	54,04	55,14	51,87	50,25
Median	55,5	54,5	55	52	50
Std Devia	6,1998	4,3945	3,5249	5,241	3,6856
Variance	38,437	19,312	12,425	27,468	13,583
Std Error	0,61998	0,43945	0,35249	0,5241	0,36856
Skewness	-1,3319	-1,6433	0,0099928	-0,91367	-0,43581
Kurtosis	2,173	7,9303	-0,44328	2,0895	0,48889

7 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	40	34	28	38	38
Maximum	61	63	62	62	62
Sum	5225	5239	5332	5321	5167
Points	100	100	100	100	100
Mean	52,25	52,39	53,32	53,21	51,67
Median	53	53	55	54	53
Std Devia	4,4662	5,0069	5,063	5,0218	5,5597
Variance	19,947	25,069	25,634	25,218	30,91
Std Error	0,44662	0,50069	0,5063	0,50218	0,55597
Skewness	-0,616	-0,43989	-1,5846	-0,74206	-0,64472
Kurtosis	0,30979	0,79333	5,1773	0,51229	-0,20465

10 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	18	38	30	30	28
Maximum	61	61	61	60	64
Sum	5122	5304	5039	5047	5225
Points	100	100	100	100	100
Mean	51,22	53,04	50,39	50,47	52,25
Median	52	54	52	51	53
Std Devia	6,1473	4,9296	6,7837	4,9287	6,3761
Variance	37,789	24,301	46,018	24,292	40,654
Std Error	0,61473	0,49296	0,67837	0,49287	0,63761
Skewness	-2,1863	-0,90273	-1,4271	-0,97631	-1,0713
Kurtosis	8,388	0,43672	2,1236	2,0228	2,0225

13 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	38	31	38	32	36
Maximum	65	63	62	63	64
Sum	5449	4984	4999	5050	5314
Points	100	100	100	100	100
Mean	54,49	49,84	49,99	50,5	53,14
Median	55	51	50	50	54
Std Devia	5,2426	6,4444	5,3077	6,0528	5,2282
Variance	27,485	41,53	28,172	36,636	27,334
Std Error	0,52426	0,64444	0,53077	0,60528	0,52282
Skewness	-0,66852	-0,68339	-0,3052	-0,54099	-0,7123
Kurtosis	1,2391	0,22919	-0,61799	0,59978	0,76438

18 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	25	24	30	20	16
Maximum	59	58	60	62	62
Sum	4546	4871	4706	4727	4705
Points	100	100	100	100	100
Mean	45,46	48,71	47,06	47,27	47,05
Median	47	50	48	49	48
Std Devia	7,8218	5,7284	6,4445	8,6828	7,9473
Variance	61,18	32,814	41,532	75,391	63,159
Std Error	0,78218	0,57284	0,64445	0,86828	0,79473
Skewness	-0,75392	-1,2934	-0,4632	-1,04	-1,3903
Kurtosis	-0,082325	2,9626	-0,31924	1,2576	3,3519

22 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	30	30	36	38	36
Maximum	62	64	65	62	64
Sum	4908	5370	5174	5391	5320
Points	100	100	100	100	100
Mean	49,08	53,7	51,74	53,91	53,2
Median	50	55	52	54,5	53,5
Std Devia	6,1261	5,6506	5,6544	5,4385	5,1893
Variance	37,529	31,929	31,972	29,578	26,929
Std Error	0,61261	0,56506	0,56544	0,54385	0,51893
Skewness	-0,3551	-1,173	-0,21448	-0,77729	-0,79608
Kurtosis	0,85189	2,4619	-0,10787	0,27935	1,0028

25 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	34	42	34	40	29
Maximum	64	63	62	66	67
Sum	5466	5596	5392	5619	5204
Points	100	100	100	100	100
Mean	54,66	55,96	53,92	56,19	52,04
Median	55	57	55	58	54
Std Devia	4,9913	4,2234	5,5189	56,487	7,3635
Variance	24,914	17,837	30,458	33,832	54,221
Std Error	0,49913	0,42234	0,55189	0,58165	0,73635
Skewness	-1,1852	-1,2212	-1,2174	-0,9859	-1,0716
Kurtosis	2,5908	1,6719	1,7366	0,61391	0,67833

28 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	26	30	36	34	39
Maximum	57	64	62	61	63
Sum	4331	5067	5278	5200	5406
Points	100	100	100	100	100
Mean	43,31	50,67	52,78	52	54,06
Median	44	52	54	53	55
Std Devia	6,5577	6,7854	4,7664	6,047	5,0589
Variance	43,004	46,042	22,719	36,566	25,592
Std Error	0,65577	0,67854	0,47664	0,6047	0,50589
Skewness	-0,37674	-0,56928	-0,78529	-0,92644	-0,72218
Kurtosis	0,063553	0,3062	0,92284	0,30234	0,1788

36 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	30	39	35	35	24
Maximum	61	63	59	59	60
Sum	4995	5365	4881	5020	4990
Points	100	100	100	100	100
Mean	49,95	53,65	48,81	50,2	49,9
Median	52	54	49,5	50	52
Std Devia	6,765	5,2172	4,5343	4,7098	6,9026
Variance	45,765	27,22	20,559	22,182	47,646
Std Error	0,6765	0,52172	0,45343	0,47098	0,69026
Skewness	-1,0788	-0,7028	-0,33173	-0,40487	-1,7907
Kurtosis	0,84602	0,25023	0,24135	-0,061931	3,4537

79 m o.h.	A	B	C	D	E
Minimum	21	20	18	25	23
Maximum	64	60	59	60	60
Sum	4461	4199	4296	4875	4652
Points	100	100	100	100	100
Mean	44,61	41,99	42,96	48,75	46,52
Median	46	42,5	44	50	47
Std Devia	9,1628	8,3949	7,9961	7,4106	7,6877
Variance	83,957	70,475	63,938	54,917	59,101
Std Error	0,91628	0,83949	0,79961	0,74106	0,76877
Skewness	-0,3935	-0,26833	-0,60501	-0,8686	-0,55488
Kurtosis	0,028306	-0,2123	0,28012	0,40709	0,040042

Vedlegg 3

Vedlegg 3 viser alle frekvensdiagrammer for hver dellokalitet.

