



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Egnet jord til kistegraver

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 97 | 2022



Inghild H. Økland, Monica Jayesingha, Johanna Skrutvold, Rune Halvorsen &
Trond Knapp Haraldsen
Divisjon Miljø og naturressurser, avdeling Grøntanlegg og vegetasjonsøkologi

TITTEL/TITLE

Egnet jord til kistegraver

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Inghild H. Økland, Monica Jayesingha, Johanna Skrutvold, Rune Halvorsen og Trond Knapp Haraldsen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
30.06.2022	8/97/2022	Åpen	51412	20/00159
ISBN:	ISSN:	ANTALL NO. OF PAGES:	SIDER/ NO. OF APPENDICES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-03110-9	2464-1162	113		Ingen

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:Styringsgruppe for prosjekt *Egnet jord til kistegraver***KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:**

Carsten Furuseth

STIKKORD/KEYWORDS:

Kistegrav, nedbrytning, likvoks, jordtype, kornfordeling, tekstur, drenering, beplantning

Coffin grave, decomposition, adipocere, soil type, particle fraction, texture, drainage, plants

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Jordfag

Soil science

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Prosjektet «Egnet jord til kistegraver» har som mål å finne sammenhenger mellom god nedbrytning av kiste med innhold og ulike jordegenskaper. I denne rapporten sammenstilles resultater fra kistegravskartlegging og feltarbeid, som omfatter to datasett. Resultatene fra feltobservasjoner, jordprøveanalyser og statistiske undersøkelser danner grunnlaget for oppdaterte anbefalinger og konklusjoner. Jordtekstur, drenering og beplantning fremheves som svært viktige både ved anleggelse av nye felter og gravplasser, og ved iverksettelse av tiltak på eksisterende felter.

The project "Suitable soil for coffin graves" aims to find correlations between the impact of various soil properties and good degradation of coffin with human remains. In this report it is aimed to compare results from coffin grave mapping and fieldwork, representing two studies. The results from observations in the field, soil sample analyses, and statistic analyses form the basis for the updated recommendations and conclusions. Soil texture, drainage, and planting seems to be especially important for construction of new cemeteries as well as improvement measures on existing cemeteries.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Oslo, Rogaland, Vestland, Viken, Trøndelag
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Oslo, Sandnes, Stavanger, Bergen, Bærum, Trondheim
STED/LOKALITET:

GODKJENT /APPROVED



HÅKON BORCH

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



INGHILD HALVORSEN ØKLAND

Innhold

1	Advarsel	7
2	Formål.....	8
3	Prosjektstruktur.....	9
4	Metode	10
4.1	Gravkartlegging 2020-2021.....	10
4.2	Feltarbeid med jordprofilbeskrivelser	11
4.3	Nedbrytningsgrad	14
4.4	Statistikk.....	16
4.4.1	Test av robusthet i datasettene	17
4.4.2	Variabler i datasettene	18
4.5	Lokaliteter	25
4.5.1	Klimadata.....	25
4.5.2	Kommuner, annen informasjon	29
5	Resultater	33
5.1	Feltarbeid	33
5.1.1	Bergen.....	33
5.1.2	Bærum	35
5.1.3	Oslo	36
5.1.4	Sandnes.....	37
5.1.5	Stavanger	38
5.1.6	Trondheim	40
5.2	Nedbrytning av bløtdeler fra feltundersøkelser	40
5.2.1	God nedbrytning.....	41
5.2.2	Moderat nedbrytning	46
5.2.3	Dårlig nedbrytning.....	48
5.3	Kornfordelingskurver sortert på nedbrytning av bløtdeler	52
5.3.1	God nedbrytning av bløtdeler	52
5.3.2	Moderat nedbrytning av bløtdeler.....	56
5.3.3	Dårlig nedbrytning av bløtdeler.....	58
5.4	Statistikk.....	62
5.4.1	Samvariasjon responsvariabler	62
5.4.2	Samvariasjon forklaringsvariabler	62
5.4.3	Kistegravsundersøkelse	66
5.4.4	Feltdata.....	74
5.4.5	Samletabell for alle tester	86

6	Diskusjon.....	89
6.1	Responsvariabler.....	89
6.1.1	Kiste	89
6.1.2	Skjelett.....	89
6.1.3	Bløtdeler	90
6.1.4	Tekstiler	91
6.2	Forklaringsvariabler	91
6.2.1	Lokalitet	91
6.2.2	Gravegenskaper.....	93
6.2.3	Tiltak	94
6.2.4	Sjikt	96
6.2.5	Beplantning.....	97
6.2.6	Farge	97
6.2.7	Håndtering.....	98
6.2.8	Struktur.....	99
6.2.9	Tekstur	100
6.2.10	Drenering.....	101
6.2.11	Kjemiske egenskaper	102
6.2.12	Annet	103
6.3	Tiltak.....	104
6.3.1	Fredningstid	104
6.3.2	Beplantning.....	104
6.3.3	Drenering.....	106
6.3.4	Kalking.....	106
6.3.5	Tilførsel av kompost/bakteriekultur i grav	106
7	Konklusjon og nye anbefalinger	107
7.1	Anleggelse av nye felter og gravplasser.....	107
7.1.1	Naturlige masser versus knuste masser	107
7.1.2	Jordblandinger	108
7.1.3	Tekstur og struktur	108
7.1.4	Drenering.....	108
7.1.5	Beplantning.....	108
7.2	Tiltak ved ufullstendig nedbrytning	108
7.3	Videre studier.....	110
8	Referanser	111
8.1	Geografiske og historiske fakta for områdebeskrivelser er hentet fra:	112

*Til alle gravplassarbeidere som hjalp oss med feltarbeid,
og som daglig må forholde seg til ufullstendig nedbrutte rester.*

Tusen takk for all hjelp og innsikt dere ga oss.

*Her presenteres resultatet av samarbeidet vårt i felt,
med håp om at denne rapporten vil kunne gi dere en bedre arbeidshverdag.*

1 Advarsel

Det ligger i sakens natur at det blir presentert og diskutert resultater og observasjoner i denne rapporten som ikke er for alle. Selv om det er gjort et forsøk på å holde det så nøytralt og saklig som mulig, er det likevel informasjon i denne rapporten som noen vil ønske seg foruten på et personlig plan. Det er brukt et begrenset utvalg bilder, både av hensyn til avdøde og leserne. Bilder er brukt kun for å informere og illustrere, og for å sikre at studien er replikerbar.

2 Formål

Prosjekt *Egnet jord til kistegraver* har som mål å finne statistiske, vitenskapelige sammenhenger mellom nedbrytningsgrad og ulike faktorer som påvirker en grav, med spesielt fokus på jordsmonn.

Arbeidet i prosjektet skulle identifisere kornfordelingskurver og jordtyper som er egnet for kistegraver. Det var et mål i prosjektet å undersøke om klimaforhold hadde sammenheng med nedbrytning for å kunne tilpasse nye gravplasser til spådde klimaendringer, og lage en modell basert på dette. Det viste seg imidlertid at hverken temperatur eller nedbør ga klare, signifikante resultater. Andre variabler viste seg å ha sterk signifikant sammenheng med nedbrytningen, i alle fall innenfor begrensningene av de klimatiske variasjonene dekket i datasettet. Det var derfor ikke mulig å lage en modell for nedbrytning og jordsmonn basert på klima. Det betyr at de signifikante variablene som ble funnet å sterkt korrelere med nedbrytning, trolig har større betydning enn tidligere antatt. Resultater og tolkninger med tilhørende anbefalinger og tiltak vil derfor være dekkende for større deler av Norge. Følgelig vil de kunne benyttes også av mange gravplassmyndigheter som ikke deltok i prosjektet.

Feltarbeid, datainnsamling og statistiske undersøkelser ble benyttet for å nå prosjektets mål, og resulterte i anbefalinger for tekstur, jordstruktur, drenering og beplantning. Noen betraktninger om kalking og utvides fredningstid, er også tatt med i denne rapporten.

3 Prosjektstruktur

Behovet for å få vitenskapelig basert kunnskap om egnet jord til kistegraver har lenge vært anerkjent hos gravplassforvalterne i Norge. En styringsgruppe ble opprettet høsten 2019, bestående av KA Arbeidsgiverorganisasjonen for kirkelige virksomheter, Statsforvalteren (Gravplassrådgiveren), Bergen kirkelige fellesråd, Bærum kommune Gravplassmyndigheten, Oslo kommune Gravferdsetaten, Sandnes kommune, Park, idrett og vei, Stavanger kirkelige fellesråd og Kirkelig fellesråd i Trondheim. NIBIO ble engasjert av styringsgruppen for å innfri de bestilte undersøkelsene og leveransene.

Et forprosjekt med leveranser ble bestilt og levert vår/sommer 2020. Arbeidet inkluderer en utarbeiding av et gravkartleggingsopplegg, en geoteknisk veiledning og en sammenstilling av det faggrunlaget som eksisterte i forkant av prosjektet.

Hovedprosjekt ble bestilt høsten 2020. Arbeidet inkluderer en statistisk analyse av innsamlet data fra kistegravkartlegging, feltarbeid med jordprofilbeskrivelser og en rapport med samling av resultater og nye anbefalinger.

Gravplassmyndighetene ga tillatelse til åpning av graver som ikke lenger var i fredningstid og/eller festet for å kunne gjennomføre dette studiet.

4 Metode

Det ble gjort flere ulike undersøkelser for å nå prosjektets mål. Gravkartlegging, feltarbeid, statistiske undersøkelser av datasett, og vurdering av samlede observasjoner.

4.1 Gravkartlegging 2020-2021

Gravkartlegging 2020-2021 var en undersøkelse der alle kommunene i styringsgruppa var med. Ved hver oppgraving til gjenbruk av graver ble det besvart en rekke spørsmål knyttet til nedbrytning og observasjoner i graven, via en undersøkelse med webløsning laget av NIBIO, tilgjengelig for de deltagende gravplassmyndighetene. Skjemaet ble fylt ut for all gjenbruksgraving ved klargjøring av grav, og ble gjennomført av gravplassarbeiderne. Undersøkelsen tok for seg nedbrytningsgrad av kiste, skjelett, bløtdeler og tekstil fra 1 – svært god til 6 – svært dårlig, samt de faktorene i og ved graven som kunne observeres ved oppgraving av gjenbruksgrav.

Disse faktorene ble registrert:

- Gravfelt
 - Masseutskiftning
- Grav
 - Alder
 - Antall gravlegginger
 - Dybde ved gravlegging
 - Dobbeltgrav og posisjon
 - Sesong ved forrige gravlegging
- Vann
 - Grunnvann
 - Vanningsanlegg
- Jordsmonn
 - Tekstur
 - Grunnfarge
 - Fargeflekker
 - Sjiktgrenser
 - Rotutvikling
- Andre faktorer
 - Dryppzone
 - Kalking
 - Plast
- Nedbrytningsgrad
 - Kiste
 - Skjelett

- Tekstiler
- Bløtvev
- Gjenbruk mulig?

Det ble gjort en vurdering av nedbrytningsgraden på kiste, skjelett, bløtvev og tekstiler, med seks mulige nivåer fra svært god nedbrytning til svært dårlig.

Mål: Finne statistiske sammenhenger mellom nedbrytningsgrad og ulike faktorer som påvirker en grav, med spesielt fokus på jordsmonn. Knytte jordsmonn og klima opp mot nedbrytningsgrad.

Metode: Statistisk analyse av datasett fra gravkartlegging. Korrelasjonsanalyser mellom responsvariabler og forklaringsvariabler for å finne statistisk signifikante sammenhenger.

4.2 Feltarbeid med jordprofilbeskrivelser

Mål: Få en detaljert og grundig forståelse av jordsmonn i graver med god, middels og dårlig nedbrytning. Oppnå en større forståelse for gjenbruksmuligheter med hensyn på klima.

Start: 1. september 2020.

Slutt: 14. oktober 2021.

Metode: Jordprofilbeskrivelser etter Sveistrup (1984), med jordprøveanalyser for kornfordelingskurver, kjemiske parametere og næringsinnhold. Feltarbeid ble gjennomført i alle kommunene som er med i styringsgruppen. Gravplassmyndighetene bisto med å finne gode lokaliteter til formålet, og graver på feltdagen.

Feltarbeid ble gjennomført høsten 2020 og vår til høst 2021. Det ble gjort feltundersøkelser på gravplasser i Bergen, Bærum, Oslo, Sandnes, Stavanger og Trondheim kommune.

Gravplassmyndighetene valgte ut 12 graver som hadde gått ut på fredningstid, og som ikke lenger var festet. Dette var et krav for å lovlig åpne gravene, og hadde høyest prioritet ved utvelgelse av lokaliteter. Deretter ble det lagt vekt på variert nedbrytningsgrad. De 12 gravene ble plukket med sikte på å få 4 graver hver med antatt god, middels og dårlig nedbrytningsgrad, for å sikre et datasett som representerte hele nedbrytningsskalaen.

Feltarbeid, lokaliteter og graver ble fordelt som følger:

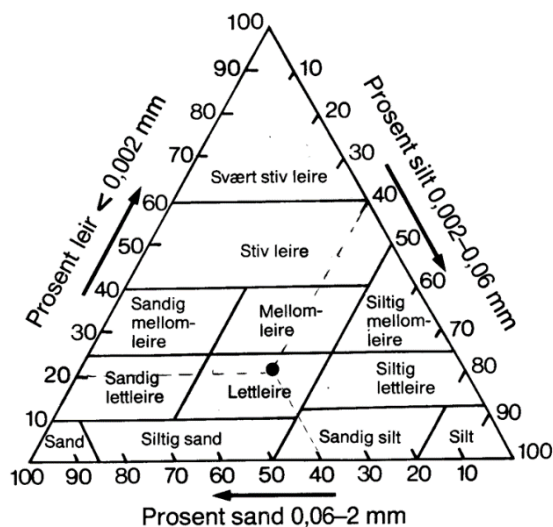
- Bergen: Gjennomført fra 26.05. til 02.06. 2021. Fana, Møllendal, Mjeldheim, Åsane, Solheim, Øvsttun og Loddefjord gravplasser.
- Bærum: Grav 1 og 2 ble undersøkt september 2020. Resten av gavene ble undersøkt i feltsesongen 2021. Gravplasser på Tanum, Haslum og Bryn.
- Oslo: Grav 1 og 2 ble undersøkt i september 2020. Resten av gravene ble undersøkt i feltsesongen 2021, fra august til oktober. Alle ble undersøkt på Vestre Gravlund.
- Sandnes: Feltarbeid ble gjennomført fra 03.05. til 07.05 2021. Det ble undersøkt graver på Sandnes nye gravlund, Soma, Gand, Høyland og Riska.
- Stavanger: Feltarbeid ble gjennomført 14.06. til 17.06. 2021. Graver ble fordelt på Eiganes, Lagård og Hundvåg gravplasser.
- Feltarbeid i Trondheim ble gjennomført 23.08. til 27.08. 2021. Graver var fordelt mellom Havstein, Stavne og Tilfredshet.

Jordprofilbeskrivelser ble gjennomført i henhold til Sveistrup (1984). Jordprofilen ble delt inn i sjikt, der hvert sjikt ble identifisert etter egenskaper, og gitt en sjiktbetegnelse (Figur 1). I hvert sjikt ble det gjort en vurdering av tekstur (jordprøveanalyse) (Figur 2), struktur, moldinnhold, basisfarge og fargeflekker (Munsell, 2009), røtter, bioporer og jordliv, smuldrende egenskaper, robusthet, plastisitet og klebrighet, fuktighet og sjiktgrense, innhold av grus og stein og enhver annen, relevant observasjon.

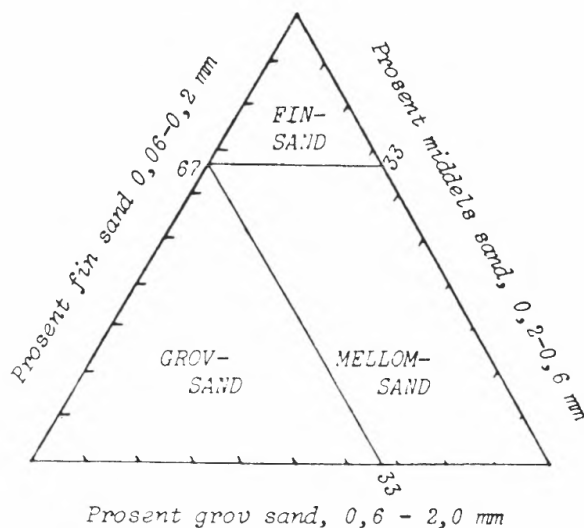


Figur 1: Jordprofil beskrevet i felt, der hvert egenskapene i hvert sjikt ble notert, blant annet tekstur, struktur, farge, røtter, bioaktivitet, fargeflekker, lommer, og annet relevant som ble observert.

Det ble tatt jordprøver av alle sjikt. Jordprøvene ble analysert av Eurofins. Det ble testet for AL-fosfor, syreløselig kalium, AL-løselig kalium, AL-løselig kalsium, AL-løselig magnesium, AL-løselig natrium, pH, volumvekt og glødetap, samt kornfordeling.



Figur 3: Jordartstrekanter for å bestemme hovedtype tekstur i jordmasser, basert på vektprosent leire, silt og sand av partikler mindre eller lik 2 mm (øvre grense for sand).



Figur 2: Andel grov, middels og fin sand for klassifisering grovsand, mellomsand og finsand basert på total vekt av sandfraksjoner.

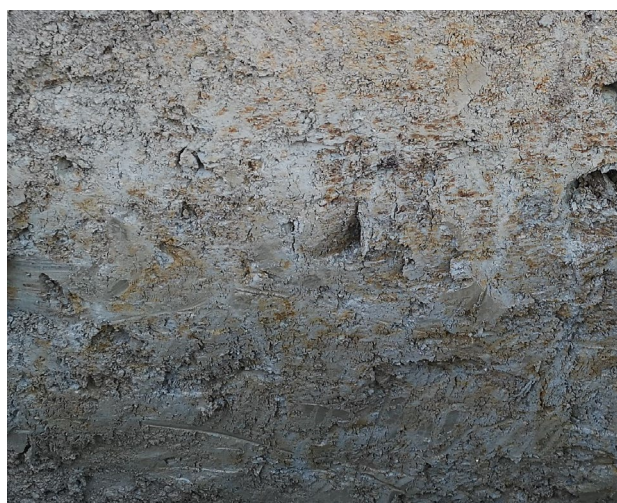
Fra kornfordeling ble det gjort beregninger av tekstur, med teksturklassifisering etter jordartstrekanter (Figur 2, Figur 3) i Sveistrup og Njøs (1984). Kun fraksjoner på 2 mm eller mindre ble inkludert i denne klassifiseringen, der analyseresultater ga vekt prosent leire, silt og sand av partikler lik eller mindre enn 2 mm (øvre grense for sand). Alle fraksjoner større enn 2 mm ble oppgitt som prosent av total vekt av tørr prøve.

Jordarts-hovedtype ble bestemt ved Figur 2. Jordarter som kom innunder sand og siltig sand, ble videre klassifisert med Figur 3, for å bestemme om den kom inn under grovsand, mellomsand eller finsand.

Basisfarge på jord (Figur 4), den dominerende fargen i sjiktet, kan gi en indikasjon på lufttransport i jorden. Varmere farger, som rødbrunt, vitner om god oksygentilgang. Grå farger (grågrønn, gråblå) tyder på at det er oksygenmangel i massene. Basisfarge endrer seg gjerne på en skala fra brunt/rødt via gult til grått.



Figur 4: Basisfarger. Venstre til høyre: Brun/rødbrun, gråbrun, gråblå.



Figur 5: Gule fargeflekker i grå matris.

Fargeflekker (Figur 5) er små (noen mm til cm) tydelige fargeendringer fra basisfargen i massen. Skarpe, gule til brunrøde fargeflekker sier noe om vannstand i jorden. Fluktuerende grunnvannstand gir tidvis oksygentilgang, tidvis anoksiske forhold, som resulterer i gule og røde fargeflekker fra jern (III) (oksidert jern, oksygentilgang) til grå/lysere områder med jern (II) (redusert jern fra oksygenfattige forhold).

Etter jordprofilbeskrivelsen ble det gjort en vurdering av nedbrytningsgrad. Det ble gravd til man fant kisterester eller rester av innhold. I de tilfeller der kistelokket var intakt, ble dette løftet og åpnet, slik at vi kunne observere innholdet. Gravene ble bare åpnet i den grad at vi kunne gjøre en vurdering av nedbrytning for kiste,

skjelett, bløtdeler og tekstil, med gradering fra 1, svært god nedbrytning, til 6, svært dårlig nedbrytning. Selv om planker ble tatt ut av graven for å se innholdet under, ble restene liggende i graven og *in situ* så godt det lot seg gjøre. Noen rester kom opp under oppgraving, for eksempel knokler fra tidligere gravlegginger som var blandet inn i fyllmassene. Alle rester ble lagt tilbake og var i graven ved gjenlukking.

Rester av kiste med innhold ble håndtert med redskaper, og kun i den grad dette trengtes for å identifisere restene og nedbrytningsgrad. For å overholde HMS-hensyn, ble restene aldri berørt direkte.

Et datasett ble ekstrahert fra jordprofilbeskrivelsene, som inkluderte fire kategorier for nedbrytningsgrad, samt egenskaper ved jordprofilen og analyseresultatene som forklarende variabler.

Enkelte faktorer er vist å påvirke nedbrytning, men ble ikke inkludert i denne undersøkelsen. Dette gjelder spesielt egenskapen ved avdøde, som alder, kjønn, vekt/fettprosent, medisinerings ved død og tiden på året for gravlegging, da disse ikke var kjent for alle graver, og dessuten har vært undersøkt grundig i tidligere studier (oppsummert i Fielder & Graw (2003)).

Dryppsoner har en potensiell påvirkning på nedbrytning, da det har beviselig effekt på lokal nedbørsmengde. Da de fleste gravene som ble undersøkt var utenfor dryppsoner, ble denne faktoren ikke inkludert i datasettet.

Det var mulig å til en viss grad se kistetype i undersøkelsene. Det ble derimot ikke gjort noen systematisk analyse av treverk fra kiste, så alle observasjoner i denne sammenhengen ble gjort i felt, med erfaringsbaserte vurderinger (kistekvalitet, materiale som papp eller treverk – eik, furu). Det

samme var tilfelle for type tekstiler (syntetisk versus naturlig). Disse er heller ikke inkludert i datasettet.

4.3 Nedbrytningsgrad

Rester ble i størst mulig grad gradert *in situ*, i graven. I noen tilfeller ble rester løftet forsiktig opp for å kunne gjøre en tilstrekkelig god vurdering av nedbrytningsgrad, for eksempel ved vann i kistedybde som forhindret sikt. Nedbrytning ble vurdert etter en skala som følger (Figur 6, Figur 7, Figur 8):

1. svært god
 - a) Kiste: Fullstendig eller nesten fullstendig
 - b) Skjelett: Ingen eller få knokkelrester
 - c) Bløtdeler: Fullstendig eller nesten fullstendig
 - d) Tekstiler: Fullstendig eller nesten fullstendig
2. god
 - a) Kiste: Noen trebiter
 - b) Skjelett: Noen grove knokler, ingen hele
 - c) Bløtdeler: Få, ikke sammenhengende rester
 - d) Tekstiler: Få, ikke sammenhengende rester
3. moderat god
 - a) Kiste: Flere, større trebiter gjenstår
 - b) Skjelett: Flere grove og noen fine knokler gjenstår, noen hele
 - c) Bløtdeler: Noen, ikke sammenhengende rester
 - d) Tekstiler: Noen, ikke sammenhengende rester
4. moderat dårlig
 - a) Kiste: Større trerester og konturer av kiste
 - b) Skjelett: Flere grove og flere fine knokler gjenstår, mange hele
 - c) Bløtdeler: Noen, sammenhengende rester
 - d) Tekstiler: Noen, sammenhengende rester
5. dårlig
 - a) Kiste: Store deler av kiste gjenstår
 - b) Skjelett: Mange knokler gjenstår, de fleste hele
 - c) Bløtdeler: Mye, sammenhengende rester
 - d) Tekstiler: Mye, sammenhengende rester
6. svært dårlig
 - a) Kiste: Intakt eller nesten intakt
 - b) Skjelett: Intakt eller nesten intakt
 - c) Bløtdeler: Intakt eller nesten intakt
 - d) Tekstiler: Intakt eller nesten intakt

4.3.1.1 Bløtdeler, nedbrytningsklasser



Figur 6: Venstre: Svært god nedbrytning av bløtdeler. Høyre: God nedbrytning av bløtdeler (noe svart materiale, samt hår).



Figur 7: Venstre: Moderat god nedbrytning av bløtdeler (likvoksklumper rundt lår). Høyre: Moderat dårlig nedbrytning av bløtdeler (Større, mer sammenhengende klumper med likvoks, nedre rygg).



Figur 8: Venstre: Dårlig nedbrytning av bløtdeler (sammenhengende likvoksmasse, overkropp). Høyre: Svært dårlig nedbrytning av bløtdeler.

4.4 Statistikk

Det ble gjennomført statistiske undersøkelser på datamaterialet samlet inn ved feltarbeid. All statistikk ble gjennomført i R.

Nedbrytningsgrad av kiste, skjelett, bløtdeler og tekstiler ble behandlet som kontinuerlige responsvariabler. Alle andre observasjoner ble behandlet som forklaringsvariabler (Tabell 1).

1. Kontinuerlige prediktor/forklaringsvariabler ble analysert med Kendall's tau.
2. Ordnet klassedelte variabler (ordnede faktorvariabler, OF) (Tabell 2) ble behandlet som kontinuerlige: Kendall's tau.
3. Kategoriske prediktorvariabler med 3 eller flere klasser ble analysert med Kruskal-Wallis' test.
4. Binære prediktorvariabler (ja/nei e.l.) ble analysert med Wilcoxon-Mann-Whitney test for ikke-parvise observasjoner. Klassenavn ble oppført alfabetisk.

En p-verdi lik eller lavere enn 0,05 ble brukt som statistisk signifikant. Statistisk signifikans betyr at det er en korrelasjon mellom nedbrytningsgrad og forklaringsvariabel, men trenger ikke å bety at forklaringsvariabelen direkte påvirker eller forårsaker nedbrytningsgraden. En signifikant variabel kan være knyttet opp mot en annen variabel som påvirker nedbrytning, uten selv å påvirke nedbrytningen. Hver variabel må tolkes i kontekst av sin natur, og en bevist årsakssammenheng vil kreve videre studier. Likevel kan man få en indikasjon på hvilke variabler som betyr noe for nedbrytning, og hvilke tiltak som burde stå i fokus på etablerte gravfelt, samt ved etablering av nye felt og gravplasser.

Gravkartlegging hadde et datasett fra svarene i webskjema, som ble fylt ut ved klargjøring av graver for gjenbruk. Ikke alle spørsmål ble besvart i alle utfyllelser, og blanke svar samt «vet ikke» måtte behandles som NA (not available) for de statistiske analysene. Alle besvarelser som manglet vurdering av nedbrytning ble tatt vekk før statistiske undersøkelser. Bærum, Bergen, Stavanger og Trondheim er inkludert i datasettet. Besvarelsene fra Oslo og Sandnes manglet delvis eller full vurdering av nedbrytningsgrad, og disse kommunene er derfor ikke representert i de statistiske undersøkelsene fra dette datasettet.

Siden blanke felter reduserte antall observasjoner, var maks antall i gravkartleggingsdatasettet 61, og det minste antall observasjoner var 38 (rottybde). Korrelasjonstester korrigerer for antall observasjoner, slik at det med få observasjoner trengs en sterkere korrelasjon for å slå ut som

signifikante effekter. For å gjøre statistiske tester, trengs et visst antall observasjoner. Færre observasjoner gir mindre robuste data, da de i mindre grad er representative for naturlig variasjon.

Feltdatasettet hadde som regel 73 observasjoner, fra 73 graver. Noen unntak forekom der en forutsetning lå til grunn for forklaringsvariabelen, for eksempel «leirjordsprofil».

Det forelå en antagelse ved statistiske undersøkelser at antall observasjoner i begge datasettene var mange nok til å dekke variasjonen i nedbrytning, og var representative for forholdene på lokalitetene (kommunene).

Det var en overvekt av svært god nedbrytning i kartleggingsdatasettet, som førte til at medianverdiene for faktorkategoriene tenderte mot 1. Høye medianverdier var derfor indikasjon på en årsakssammenheng mellom dårlig nedbrytning og den aktuelle faktorkategorien.

Signifikante kontinuerlige variabler ble testet opp mot hverandre med Kendall's tau, og resultatene satt opp i en korrelasjonstabell. Dette for å avdekke grupper med korrelerte variabler som varierer sammen.

En feilmargin i begge datasettene var den subjektive vurderingen av nedbrytningsgrad. I gravkartleggingsdatasettet var det gravplassarbeidere som jobbet med oppgraving som gjorde denne vurderingen. Deres vurdering vil ha vært farget av erfaringer fra deres områder, og hver kommune har hatt sine arbeidere til å vurdere, slik at én person ikke har sett alle gravene. I feltdatasettet ble alle vurderinger gjennomført av Inghild Økland, med bistand fra feltassistenter (Johanna Skrutvold, Monica Jayesingha), seniorforsker Trond Knapp Haraldsen (Oslo 1 og 2, Bærum 1 og 2) og gravplassarbeidere. Vurderinger kan ha blitt farget av økende erfaringsgrunnlag utover i prosjektet. Da det var mange observasjoner i hvert datasett, ble eventuelle feil fra subjektive vurderinger ansett å være små i forhold til variasjon forårsaket av statistisk signifikante forklaringsvariabler. Statistisk signifikante ble derfor antatt å være et resultat av ekte korrelasjon mellom variabler, om ikke annet ble indikert i datasettene.

4.4.1 Test av robusthet i datasettene

I ethvert datasett med tilfeldige sammenhenger kan man forvente å få noen signifikante resultater fra tilfeldigheter. Det ble testet for robusthet i datasettene, for å avdekke hvor mye man kunne stole på resultatene. Det ble testet for hvilke p-verdier man kunne forvente bare fra å gjøre statistikk, og antall signifikante man kunne få bare fra tilfeldigheter.

I feltdatasettet ble variabelen *Gravplass* testet mot nedbrytning, som en faktorvariabel. Det var 22 gravplasser i datasettet, som dermed ble 22 klasser innenfor variabelen. Dette er for mange i forhold til den statistiske metoden. Resultatene fra denne variabelen kan derfor ikke brukes til å gjøre noen tolkninger av nedbrytning som prosess, men ble likevel inkludert. Det kan være av interesse å se hvordan noen gravplasser skåret i forhold til andre. Man må da ha i tankene at noen gravplasser representeres av kun én grav, mens andre representeres av så mange som 12. Jo flere graver innenfor en gravplass, jo mer representative er resultatene.

4.4.1.1 Binomialtest

Binomialtesten tar utgangspunkt i en forventning om at 1/20 av testene vil bli signifikante fra tilfeldig variasjon. Binomialtesten sjekker antall signifikante/antall tester, og sier om de signifikante man har fått er lik eller flere enn de man kan forvente fra tilfeldighetene.

$$\text{binom.test}(x,n,0.05)$$

x=antall signifikante tester

n= antall tester

Resultatene fra testen viser om antall signifikante tester er signifikant høyere enn forventet, det vil si om antall signifikante resultater er flere enn hva man forventer om det ikke er noen sammenheng mellom respons og faktor. En signifikant binomial p-verdi tyder på at det er ekte signifikante sammenhenger i datasettet.

4.4.1.2 Bonferoni

Bonferoni korreksjon for multippeltesting antar uavhengige tester, som ikke er helt tilfelle. Likevel kan dette brukes for å gjøre en vurdering av signifikansstyrke, der signifikante Bonferoni p-verdier vektlegges høyere enn p-verdier som ikke oppfyller dette ekstra kravet.

$$0.05/\text{Antall tester gjennomført} = \text{p-verdi for multippeltest.}$$

Bonferoni-testen forteller oss hvor mye man kan stole på hver enkelt test.

4.4.1.3 Kendall's tau

På korrelasjonsanalyser med Kendall's tau, er det oppgitt en korrelasjonsverdi *tau*. Denne vil variere mellom -1 og 1. Der *tau* er mellom -0.3 til +0.3 er det som hovedregel en svak sammenheng, selv med signifikant p-verdi. Der *tau* er en høyere verdi enn +/-0.3, er det sterkere signifikante sammenhenger, resultatene er mer robuste, og det er tryggere å tolke noe fra dem.

4.4.2 Variabler i datasettene

4.4.2.1 Alle variabler

Tabell 1: Alle variabler i begge datasett. OF= Ordnet faktorvariabel, F= Faktorvariabel, K= Kontinuerlig variabel. Spørsmål 22 (er nedbrytning vurdert) og 26 (kan graven gjenbrukes) fra gravkartlegging ble ikke analysert, da alle svarene var «Ja» for de gravene der nedbrytningsgrad var registrert. Alle blanke ble behandlet som NA. Fargeflekker fra forvitret stein, samt linser med innblandet materiale ble ekskludert, for at faktoren «fargeflekker» skulle representere oksidering/redusering av jern best mulig.

Klassifika- sjon variabel	Variabel	Forkortelse	Ty- pe	Antall mulige per FV	Datasett	Under- søkelse Spør- smål	Kommentar
Respons	Nedbrytning kiste	Kiste	OF	6	Begge	18	Respons- variabel
Respons	Nedbrytning skjelett	Skjelett	OF	6	Begge	19	Respons- variabel
Respons	Nedbrytning bløtdeler	Bløtdeler	OF	6	Begge	21	Respons- variabel
Respons	Nedbrytning tekstil	Tekstil	OF	6	Begge	20	Respons- variabel
Lokalitet	Kommune	Kommune	F	6	Felt	-	
Lokalitet	Kommune, varmesum	Temperatur	K	-	Felt	-	
Lokalitet	Kommune, årsnedbør	Nedbør	OF	4	Kartleggi- ng	-	
Lokalitet	Kommune, årsnedbør	Nedbør	K	-	Felt	-	
Lokalitet	Gravplass	Plass	F	23	Felt	-	

Tabell 1: Fortsettelse.

Klassifika- sjon variabel	Variabel	Forkortelse	Ty- pe	Antall mulige per FV	Datasett	Under- søkelse Spør- smål	Kommentar
Grav	Tidligere gravlegginger	Ant_Tidl_grav	OF	3	Kartleggi ng	2	
Grav	Dato forrige gravlegging	Alder	K	-	Begge	3	Dato forrige gravlegging-dato observasjon
Grav	Gravtype	Gravtype	F	2	Kartleggi ng	4	Dobbel/Enkel
Grav	Gravdybde i cm	Gravdybde	K	-	Kartleggi ng	5	
Grav	Kistedybde cm til lokk	Kistedybde	K	-	Felt	-	
Grav	Grunnvann observert	Grunnvann	F	2	Kartleggi ng	6	Ja/Nei
Grav	Er det plast i graven	Plast	F	2	Begge	25	Ja/Nei
Tiltak	Masseutskiftet felt	Masse_Utsk	F	2	Kartleggi ng	8a	Ja/Nei. Vet ikke=NA
Tiltak	Er graven kalket	Kalk	F	2	Begge	24	Ja/Nei
Tiltak	Påvirkning av vanningsanlegg	Anlegg	F	2	Kartleggi ng	7	Ja/Nei Vet ikke=NA
Sjikt	Antall sjikt	Ant_Sjikt	K	-	Felt	-	
Sjikt	Sjiktgrense Hele profilet	Sjiktgrense_Hel	OF	3	Kartleggi ng	9	
Sjikt	Sjiktgrenser undergrunnsmasser	Sjiktgrense_Under	OF	3	Kartleggi ng	14	
Sjikt	Sjiktgrense mellom topp og underliggende	Sjiktgrense_Topp	OF	3	Felt	-	
Sjikt	Sjiktgrense mellom underliggende	Sjiktgrense_Under	OF	3	Felt	-	
Sjikt	Jordsmonnsutvikling hovedtype nederste sjikt	Jordsmonns_Hovedtype	OF	5	Felt	-	A, B, C, H
Sjikt	Jordsmonnsutviklings subtype nederste sjikt	Jordsmonns_Subtype	F	7	Felt	-	p, g, w, t, h, b
Beplantning	Grav innenfor dryppsoner til trær	Dryppsoner	F	2	Kartleggi ng	23	Ja/Nei
Beplantning	Rotutvikling dybde	Rotdybde	K	-	Begge	13	
Beplantning	Grove røtter observert	Grove_Rotter	F	2	Felt	-	Ja/Nei

Tabell 1: Fortsettelse.

Klassifika- sjon variabel	Variabel	Forkortelse	Ty- pe	Antall mulige per FV	Datasett	Under- søkelse Spør- smål	Kommentar
<i>Bepantning</i>	Grove røtter under A-sjikt (m/løvetann)	Grove_Rotter_UnderA	F	2	Felt	-	Ja/Nei
<i>Bepantning</i>	Grove røtter under A-sjikt (u/løvetann)	Grove_Rotter_UnderA_UL	F	2	Felt	-	Ja/Nei
<i>Farge</i>	Basisfarge øvre sjikt	BFarge_Opp	OF	6	Kartlegging	11	
<i>Farge</i>	Basisfarge nederste sjikt	BFarge_Ned	OF	6	Kartlegging	16	
<i>Farge</i>	Basisfarge fargetone nederste sjikt	BFarge_Tone	OF	4	Felt	-	Bestemt fra Munsell, 2009.
<i>Farge</i>	Basisfarge Value (mørk-lys) nederste sjikt	BFarge_Value	K	-	Felt	-	Bestemt fra Munsell, 2009.
<i>Farge</i>	Basisfarge Chroma nederste sjikt (gråhet-metning)	BFarge_Chroma	K	-	Felt	-	Bestemt fra Munsell, 2009. Gley har N, 10Y, 5GY, 10GY, 5G_/1, 5G_/2, henholdsvis 1-6.
<i>Farge</i>	Fargeflekker øvre sjikt	Flekk_Opp	F	2	Kartlegging	12	Ingen (Nei)/Div farge (Ja)
<i>Farge</i>	Fargeflekker nederste sjikt	Flekk_Ned	F	2	Kartlegging	17	Ja/Nei
<i>Farge</i>	Fargeflekker observert****	Flekk_Obs	F	2	Felt	-	Ja/Nei
<i>Farge</i>	Fargeflekker startdybde****	Flekk_Start	K	-	Felt	-	
<i>Håndtering</i>	Robusthet nederste sjikt	Robust	OF	5	Felt	-	
<i>Håndtering</i>	Plastisitet nederste sjikt	Plastisitet	OF	4	Felt	-	
<i>Håndtering</i>	Klebrighet nederste sjikt	Klebrighet	OF	4	Felt	-	
<i>Håndtering</i>	Fuktighet nederste sjikt	Fuktighet	OF	6	Felt	-	

Tabell 1: Fortsettelse.

Klassifika- sjon variabel	Variabel	Forkortelse	Ty- pe	Antall mulige per FV	Datasett	Under- søkelse Spør- smål	Kommentar
<i>Håndtering</i>	Kompakte lag i jordprofil, minst ett sjikt	Kompakt	F	2	Felt	-	Ja/Nei Kompakt/hard el. massiv/smør. Unntak: hard pga. stein
<i>Struktur</i>	Strukturutvikling nederste sjikt	Struktur	F	2	Felt	-	Ja/Nei
<i>Struktur</i>	Strukturutvikling alle teksturer, nederste sjikt, gradient	Struktur_Alle	OF	5	Felt	-	
<i>Struktur</i>	Strukturutvikling massiv leire, nederste sjikt	Struktur_MassivLeire	F	2	Felt	-	Ja/Nei
<i>Struktur</i>	Strukturutvikling leire nederste sjikt, gradient	Struktur_Leire	OF	5	Felt	-	
<i>Struktur</i>	Strukturutvikling sand nederste sjikt, gradient	Struktur_Sand	OF	5	Felt	-	
<i>Tekstur</i>	Mineral vs. torv	Mineral_Torv	F	2	Kartlegging	8b	Mineral/Torv
<i>Tekstur</i>	Sortering øvre sjikt	Sortering_Opp	F	2	Kartlegging	10	Usortert materiale (morene) og sortert (1,2,3,4,5), Ja/Nei
<i>Tekstur</i>	Sortering nederste sjikt	Sortering_Ned	F	2	Kartlegging	15	Ja/Nei Annet=NA
<i>Tekstur</i>	Tekstur øvre sjikt	Tekstur_Opp	OF	5	Kartlegging	10	
<i>Tekstur</i>	Tekstur nederste sjikt	Tekstur_Ned	OF	5	Kartlegging	15	
<i>Tekstur</i>	Tekstur hele profilet	Tekstur_Hel	OF	4	Felt	-	
<i>Tekstur</i>	Tekstur nederste sjikt	Tekstur_Ned	OF	6	Felt	-	
<i>Tekstur</i>	Leirprosent nederste sjikt	Leire_P	K	-	Felt	-	
<i>Tekstur</i>	Siltprosent nederste sjikt	Silt_P	K	-	Felt	-	
<i>Tekstur</i>	Sandprosent nederste sjikt	Sand_P	K	-	Felt	-	

Tabell 1: Fortsettelse.

Klassifika- sjon variabel	Variabel	Forkortelse	Ty- pe	Antall mulige per FV	Datasett	Under- søkelse Spør- smål	Kommentar
Tekstur	Grus prosent av total masse nederste sjikt	Grus_P	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	pH nederste sjikt	pH	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	Ca-AL nederste sjikt	Ca-AL	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	K-AL nederste sjikt	K-AL	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	Mg-AL nederste sjikt	Mg-AL	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	Na-AL nederste sjikt	Na-AL	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	P-AL nederste sjikt	P-AL	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	Syreløselig kalium nederste sjikt	K_Syreløselig	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	Volumvekt nederste sjikt	Volum_vekt	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	Glødetap nederste sjikt	Glødetap	K	-	Felt	-	
Tekstur	Grus prosent av total masse nederste sjikt	Grus_P	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	pH nederste sjikt	pH	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	Ca-AL nederste sjikt	Ca-AL	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	K-AL nederste sjikt	K-AL	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	Mg-AL nederste sjikt	Mg-AL	K	-	Felt	-	
Kjemiske egenskaper	Na-AL nederste sjikt	Na-AL	K	-	Felt	-	

Sandjord vil oppføre seg svært annerledes enn leirjord, selv om begge teknisk sett er strukturløse. Sand vil bestå av løse enkeltkorn uten bindinger til andre korn. Det vil fortsatt være godt med makroporer i en slik jord. Leire blir massiv på en annen måte, der kornene adherer til hverandre og skaper en masse uten makroporer. Selv om det fortsatt kan være mikroporer i slik masse, vil transport gjennom denne gå så sakte at den i praksis er ugjennomtrengelig. Eventuell transport av vann og luft vil kunne foregå i sprekker og meitemarkganger. Jo mer massiv en leirjord er, jo mindre sprekker vil man gjerne finne.

For å få frem denne forskjellen, ble det i feltdatasettet satt opp en variabel for massiv leire i nederste sjikt, der massiv leire ble skåret «ja» og alle andre, så vel leire med strukturutvikling som sand, ble skåret «nei».

4.4.2.2 Alle ordnede faktorvariabler

Tabell 2: Alle ordnede faktorvariabler, med forklaring av hver rang.

Ordn faktorvariabel	1	2	3	4	5	6	NA	Datase tt
<i>Kiste</i>	Svært god	God	Moderat god	Moderat dårlig	Dårlig	Svært dårlig	-	Begge
<i>Skjelett</i>	Svært god	God	Moderat god	Moderat dårlig	Dårlig	Svært dårlig	-	Begge
<i>Blotdeler</i>	Svært god	God	Moderat god	Moderat dårlig	Dårlig	Svært dårlig	-	Begge
<i>Tekstil</i>	Svært god	God	Moderat god	Moderat dårlig	Dårlig	Svært dårlig	-	Begge
<i>Nedbor</i>	Bærum	Trondheim	Stavanger	Bergen	-	-	-	Kartlegging
<i>Ant_Tidl_grav</i>	1	2	4, flere, ukjent				Ukjent	Kartlegging
<i>Sjiktgrense_Hel</i>	Ingen	Gradvis	Skarp	-	-	-	-	Kartlegging
<i>Sjiktgrense_Under</i>	Ingen	Gradvis	Skarp	-	-	-	-	Kartlegging
<i>Sjiktgrense_Topp</i>	Ingen	Gradvis	Skarp	-	-	-	-	Felt
<i>Sjiktgrense_Under</i>	Ingen	Gradvis	Skarp	-	-	-	-	Felt
<i>Jordsmonns_Hovedtype</i>	A	AB	B	BC	C	-	-	Felt
<i>BFarge_Opp</i>	Mørk brun	Brun	Rødbrun	Lys brun	Grønngrå, Grønngrå/gule	Grå/blågrå, Grå/blå med gule, Grå med røde	-	Kartlegging
<i>BFarge_Ned</i>	Mørk brun	Brun	Rødbrun	Lys brun	Grønngrå, Grønngrå/gule	Grå/blågrå, Grå/blå med gule, Grå med røde	-	Kartlegging
<i>BFarge_Tone</i>	10YR	2.5Y	5Y	Gley1	-	-	-	Felt
<i>Robust</i>	Løs	Løs-Skjør, kjø til løs, Svært skjør	Skjør	Skjør til fast, Løs til fast	Fast	-	-	Felt
<i>Plastisitet</i>	Nei	Svakt	Ja	Svært	-	-	-	Felt
<i>Klebrighet</i>	Nei	Svakt	Ja	Svært	-	-	-	Felt
<i>Fuktighet</i>	Tørr	Svakt fuktig	Fuktig	Svært fuktig	Våt	Vannmettet	-	Felt

Tabell 2: Fortsettelse.

Ordnet faktorvariabel	1	2	3	4	5	6	NA	Datsett
<i>Struktur_Alle</i>	Blokk, plate	Blokk til korn	Korn	Korn til massiv/ enkeltkorn, Blokk til massiv/ enkeltkorn	Massiv, enkeltkorn, strukturløs		-	Felt
<i>Struktur_Leire</i>	Blokk, plate	Blokk til korn	Korn	Korn til massiv, Blokk til massiv	Massiv/ Strukturløs	-	-	Felt
<i>Struktur_Sand</i>	Blokk, plate	Blokk til korn	Korn	Korn til massiv/ enkeltkorn, blokk til massiv/ Enkeltkorn	Massiv/ Enkeltkorn/ Strukturløs	-	-	Felt
<i>Tekstur_Opp</i>	Leire	Silt	Finsand-mellomsand	Grovsand	Grus stein blokk	-	Usortert (Morene)	Kartlegging
<i>Tekstur_Ned</i>	Leire	Silt	Finsand-mellomsand	Grovsand	Grus stein blokk	-	Usortert (Morene) og Annet	Kartlegging
<i>Tekstur_Hel</i>	Sand	Leire-sand	Sand-leire	Leire	-	-	-	Felt
<i>Tekstur_Ned</i>	Sand (grovsand, mellomsand, finsand)	Siltig sand, sandig lettleire, lettleire	Lettleire	Siltig lettleire, sandig mellomleire	siltig mellomleire, mellomleire	Stiv leire	-	Felt

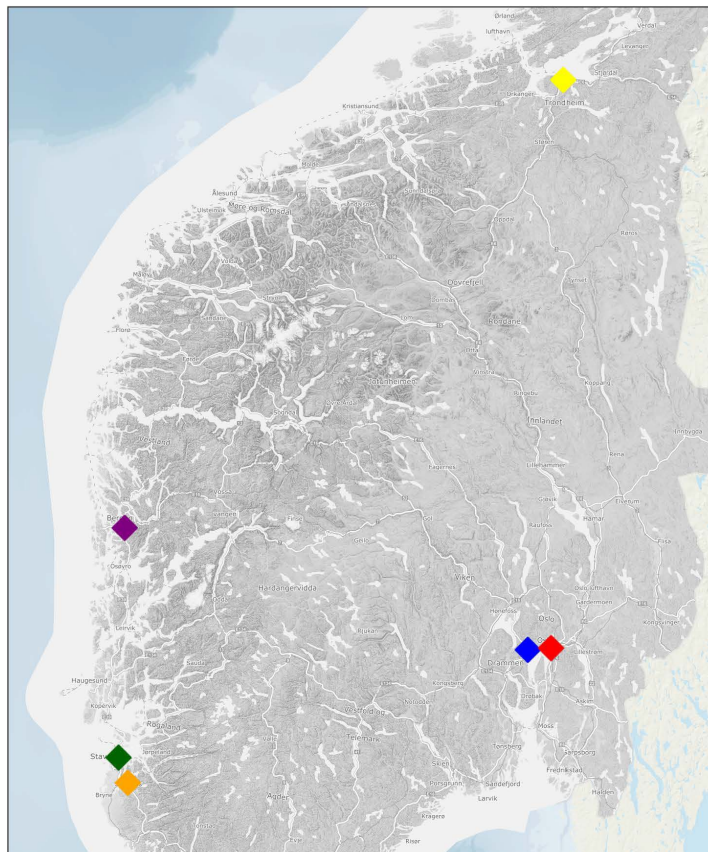
4.5 Lokalteter

Det ble undersøkt graver på gravplasser fra seks kommuner: Bergen, Bærum, Oslo, Sandnes, Stavanger og Trondheim. Prosjektet dekker flere klimasoner og geografisk utbredelse i Norge (Figur 9). Med tanke på jordsmonn er leirjord, silt, sand, morene og grus/stein/blokk representert.

4.5.1 Klimadata

Varmesum i vekstsesong/ nedbrytningssesong ble beregnet for alle gravplassene, og brukt i de statistiske analysene for påvirkning av temperatur på nedbrytning. Studier har vist at nedbrytning stopper opp ved -5°C og kaldere (Fielder & Graw, 2003), mens de begrenses ved 4°C (Forbes et al. 2005a).

Varmesum (VS), eller *effektiv temperatursum (ETS)*, defineres som gjennomsnittstemperaturer for et gitt tidsintervall, f.eks. et døgn, summert over en hel vekstsesong (f.eks. Laaksonen 1979). Avhengig av hvilken biologisk prosess man ønsker å modellere, er det vanlig å beregne varmesummen i forhold til en *basaltemperatur*, det vil si en nedre temperaturgrense der den aktuelle prosessen begynner å gi utslag. For planters vekst er en basaltemperatur på 5° vanlig å bruke (f.eks. Økland 1989). Varmesummen beregnes ofte i dag-grad-enheter (dge), men den kan også, litt forenklet, beregnes i måned-grad-enheter (mge). Fordi temperaturnormalen følger et helt regelmessig mønster gjennom året, med minimum i januar eller februar og maksimum i juli, vil varmesummen beregnet på grunnlag av måneds- og døgnmiddeltemperaturer være nesten perfekt korrelerte. Her er for enkelhets skyld brukt månedsmiddeltemperaturer for perioden 1991–2020, med basaltemperatur 5° :



Figur 9: Sør- til Midt-Norge med kommunene avmerket: Bergen (lilla), Bærum (blå), Oslo (rød), Sandnes (oransje), Stavanger (grønn) og Trondheim (gul). Kartverket.

$$VS = \sum_i (t_i - 5)$$

der i er måneder med normal månedsmiddeltemperatur $> 5^{\circ}$.

Temperaturen avtar systematisk med høyden. Undersøkelser (bl.a. Laaksonen 1976) viser at den gjennomsnittlige temperaturgradienten for Fennoskandia er ca. $-0,5^{\circ}/100$ m. Beregningene av varmesum for gravplassene tar utgangspunkt i temperaturnormalen for nærmeste meteorologiske stasjon (Tabell 3), hentet fra Norsk Klimaservicesenter (2021), som er korrigert for høyde ved å anta en temperaturreduksjon på $0,5^{\circ}$ per 100 høydemeter i alle måneder. For gravplasser der det er angitt

høydeintervall, er midten av intervallet lagt til grunn (Tabell 4). Alle beregninger er gjort med avrundning av temperaturdata til en desimal.

Tabell 3: Data med middeltemperatur (°C) fra værstasjoner i tilknytning til gravplasser, samt utregnet varmesum (Norsk Klimaservicesenter, 2021).

Stasjon	Høyde	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	VS (mge)
50500 Flesland	48	2,1	1,7	3,0	6,1	9,5	12,3	14,5	14,5	12,0	8,1	4,8	2,7	42,0
50540 Bergen – Florida	12	2,6	2,3	3,8	7,2	10,7	13,6	15,6	15,4	12,6	8,6	5,3	3,1	49,0
50810 Åsane	90	1,3	1,4	2,7	6,1	9,6	12,8	14,6	14,5	11,6	7,4	4,2	1,8	41,6
19480 Dønski	59	-3,9	-3,9	-	5,0	10,8	14,8	17,0	15,6	10,5	5,3	1,3	-	44,0
				0,3									2,3	
19710 Asker	163	-2,5	-2,3	0,7	5,3	10,6	14,4	16,7	15,6	11,4	6,1	1,7	-	45,3
													1,7	
18700 Oslo – Blindern	94	-2,3	-2,0	1,3	5,2	11,4	15,3	17,7	16,5	12,2	6,6	2,2	1,4	49,9
44300 Særheim (Klepp)	87	2,4	1,7	3,1	6,3	9,5	12,2	14,7	15,1	12,4	8,6	5,3	3,1	44,1
44640 Stavanger – Våland	72	2,5	1,8	3,6	6,8	10,3	13,0	15,4	15,5	12,7	8,7	5,6	3,2	47,8
45350 Lysebotn	5	2,1	1,7	3,2	7,2	10,6	13,5	15,6	15,7	12,6	8,5	5,5	2,6	49,0
68860 Trondheim – Voll	127	-1,0	-1,2	0,7	4,6	8,5	11,8	14,8	14,1	10,6	5,5	2,1	-	35,3
													0,9	

Tabell 4: Lokaliteter og klimadata, temperatur og nedbør. Hvilken klimastasjon som er lagt til grunn for beregning av varmesummen står i parentes sammen med gravplass.

Kommune	Gravplass	Lokalitet	Jordprofil / grav	Høyde over havet (m)	Temperatur (varmesum)	Nedbør (Årsnedbør)	Nedbør værstasjoner
Bergen	Fana (50500)	Titlestadvegen 213	1, 2	50-60	41,8	2286	Fana – Stend (50450)
Bergen	Loddefjord (50540)	Loddefjordveien 50	11	20-30	48,5	2028	Flesland (50500)
Bergen	Mjeldheim (50540)	Ekravegen 50	3, 4	25-30	48,4	2819	Gj. sn. av Åsane (50810) og Samnanger (50351)
Bergen	Møllendal (50540)	Møllendalsveien 56B	5, 6	15-40	48,4	2495	Bergen – Florida (50540)
Bergen	Solheim øvre (50540)	Fjøsangerveien 65A	10	35-50	47,8	2495	Bergen – Florida (50540)
Bergen	Solheim nedre (50540)	Fjøsangerveien 65A	9	25	48,5	2495	Bergen – Florida (50540)

Tabell 4: Fortsettelse.

Kommune	Gravplass	Lokalitet	Jordprofil / grav	Høyde over havet (m)	Temperatur (varmesum)	Nedbør (Årsnedbør)	Nedbør værstasjoner
Bergen	Øvsttun (50540)	Dynevoll 2	12	40	47,9	2391	Gj. sn. av Bergen – Florida (50540) og Fana – Stend (50450)
Bergen	Åsane (50810)	Sauråsbakken 20	7, 8	100	41,2	2162	Åsane (50810)
Bærum	Bryn (19480)	Økriveien 7-9, 1349 Rykkinn	3-7	75-85	43,3	1021	Dønski (19480)
Bærum	Haslum (19480)	Gamle Ringeriksveien 86, 1356 Bekkestua	1, 2, 10-12	100	42,6	847	Øvrevoll (19510)
Bærum	Tanum (gj.sn av 19480 og 19710)	Tanumveien 133, 1341 Slepender	8, 9	150	43,5	1077	Horni (19610)
Oslo	Vestre Gravlund (18700)	Sørkedalsveien 66, 0369 Oslo	1-12	50	51,4	836	Oslo - Blindern (18700)
Sandnes	Gand (44300)	Gand gravlund, Telthusveien, 4319 Sandnes	6, 7	20	46,8	1357	Sandnes – Rovik (44730)
Sandnes	Høyland (44300)	Høyland kirke, Gamle Ålgårdsveien 141, 4325 Sandnes	8-11	35	46,2	2053	Sviland (44800)
Sandnes	Sandnes nye Gravlund (44300)	Sandnes nye gravlund, Telthusveien 1, 4319 Sandnes	1, 2	20	46,8	1357	Sandnes – Rovik (44730)
Sandnes	Riska (gj.sn. av 44300 og 45350)	Riska gravlund, Hommersand bakken, 4311 Hommersåk	12, 13	25	47,4	1592	Gj. sn. av Rovik (44730) og Ims (44760)
Sandnes	Soma (44300)	Soma kapell, Sandnesveien 307, 4312 Sandnes	3-5	30	46,4	1256	Sola (44560)
Stavanger	Eiganes	Steingata 68, 4024 Stavanger	10-12	50	48,7	1428	Våland (44640)
Stavanger	Hundvåg	Hundvågveien 77, 4001 Stavanger	1-5	17	50,0	1207	Hundvåg (44660)
Stavanger	Lagård	Kirkegårdsven 6, 4012 Stavanger	6-9	10-15	50,1	1428	Våland (44640)

Tabell 4: Fortsettelse.

<i>Kommune</i>	<i>Gravplass</i>	<i>Lokalitet</i>	<i>Jordprofil / grav</i>	<i>Høyde over havet (m)</i>	<i>Temperatur (varmesum)</i>	<i>Nedbør (Årsnedbør)</i>	<i>Nedbør værstasjoner</i>
<i>Trondheim</i>	Havstein	Havsteinbakk en, Statsråd Krohgs veg 53, 7021 Trondheim	7-12	130	35,2	1063	Sverresborg (68125)
<i>Trondheim</i>	Stavne	7019 Trondheim	5, 6	25	38,4	933	Gj. sn. av Lade (68050) og Sverresborg (68125)
<i>Trondheim</i>	Tilfredshet	7030 Trondheim	1-4	10-25	38,6	933	Gj. sn. av Lade (68050) og Sverresborg (68125)

Tabell 5: Klimanormaler perioden 1991-2020, for kommunene i prosjektet. Nummer på værstasjon er satt i parentes under kommunenavn (Norsk Klimaservicesenter, 2021).

		<i>Bergen (50540)</i>	<i>Bærum (19480)</i>	<i>Oslo (18700)</i>	<i>Sandnes (44300)</i>	<i>Stavanger (44640)</i>	<i>Trondheim (68125)</i>
<i>Årlig Middel- temperatur</i>		8,4	5,8	7,0	7,9	8,3	5,0
<i>Årlig nedbørmengde</i>		2495	1021	836	1462	1428	1063

Se Tabell 4 og 5 for klimadata for de seks kommunene representert i prosjektet.

Nedbør er svært avhengig av lokalitet og terreng, og komplisert å skulle korrigere for høyde. Derfor ble nedbørsdata for nærmeste værstasjon til gravplassene lagt til grunn for de statistiske analysene, valgt ut med tanke på å best mulig representere plassering og høyde (Tabell 4). Der det ikke fantes én værstasjon som god nok kunne representere en gravplass, ble det tatt gjennomsnitt av to som sammen representerte plass og høyde. Da værdata er hentet fra klimastasjoner så nært mot gravplasser som mulig, antas dette å gi et godt nok bilde av nedbørsituasjon på gravplassene.

4.5.2 Kommuner, annen informasjon

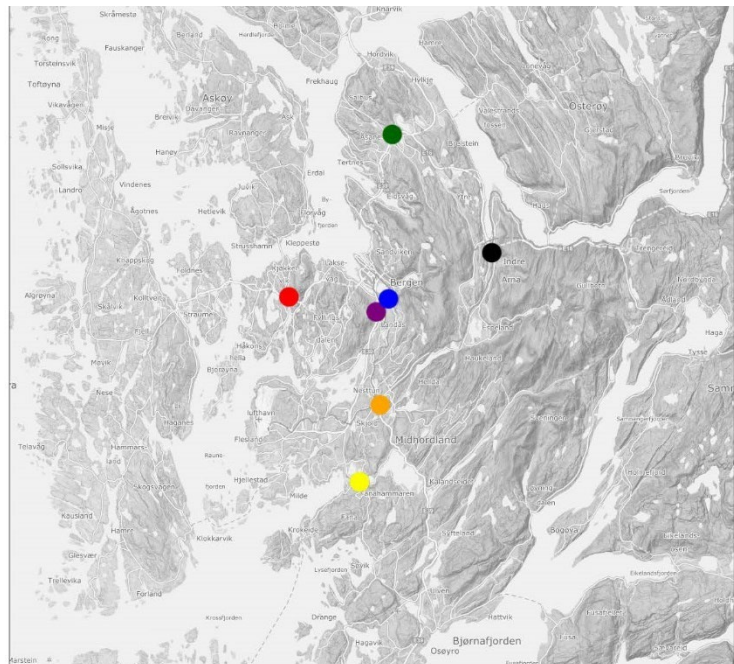
4.5.2.1 Bergen

Bergen har en lang historie som strekker seg fra vikingtiden til i dag. Bergen var Nordens største by til 1600-tallet, Norges største frem til rundt 1830, og har siden vært Norges nest største by, med 286 930 innbyggere (fjerde kvartal 2021, SSB).

Landskapet er svært kupert, og omkranset av fjell – rester fra skyvedekket fra den kaledonske fjellkjedefoldningen. Der fjellene stopper, starter kysten og sjøen. Prekambriske bergarter og grønnstein utgjør hovedsakelig berggrunnen.

Klimaet er sterkt påvirket av kysten, mildt og fuktig. Bergen har i gjennomsnitt 213 døgn med nedbør i året. Med en rekord på 84 regnværsdager i strekk registrert den 21. januar 2007 og høy årlig nedbørsmengde (Tabell 5), er dette den våteste lokaliteten i prosjektet.

Feltarbeid ble gjennomført på Fana, Møllendal, Mjeldheim, Åsane, Solheim, Øvsttun og Loddefjord gravplasser (Figur 10).



Figur 10: Feltarbeid på Bergen gravplasser: Fana (gul), Loddefjord (rød), Mjeldheim (svart), Møllendal (blå), Solheim (lilla), Øvsttun (oransje) og Åsane (grønn). Kartverket.

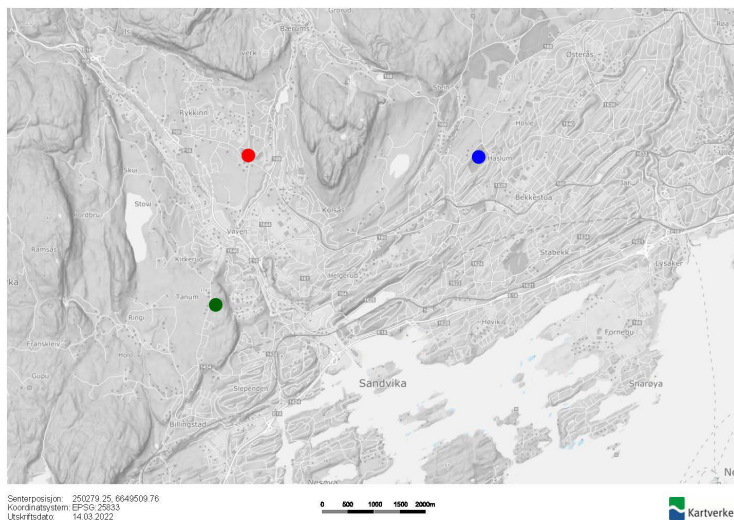
4.5.2.2 Bærum

Bærum er et forstadsområde vest for Oslo, og er Norges femte største kommune med hensyn på innbyggertall, med 128 982 innbyggere (fjerde kvartal 2021, SSB).

Bærum er preget av forhistorisk vulkanisme, med forekomster av den karakteristiske rombeperfyren som er vanlig i Osloområdet. I landskapet finner man vassdrag med Sandvikselva og flere innsjøer.

Varmeste temperatur målt i Bærum var 35,2°C i juni 1988, mens den laveste var -29,7°C i februar 1966 på Fornebu værstasjon, som ikke er i bruk lenger i dag.

Feltarbeid ble gjennomført på gravplasser på Tanum, Haslum og Bryn (Figur 11).



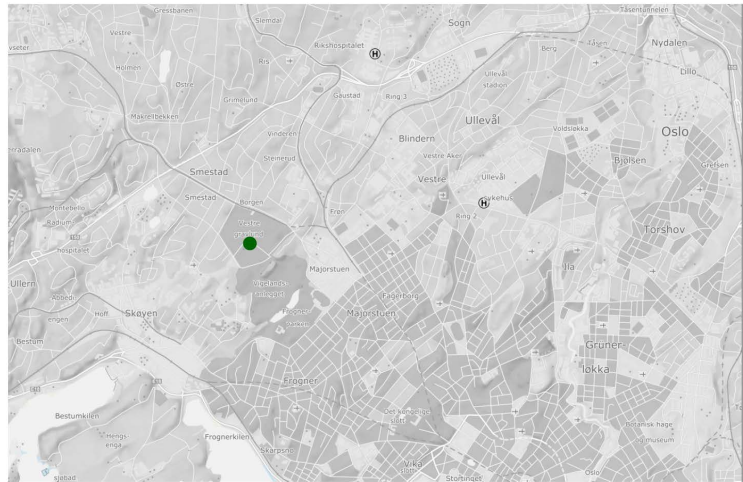
Figur 11: Feltarbeid på Bærum gravplasser: Bryn (rød), Haslum (blå) og Tanum (grønn). Kartverket.

4.5.2.3 Oslo

Oslo er Norges største kommune med et folketall på 699 827 innbyggere (fjerde kvartal 2021, SSB).

Oslogryta er en gammel kaldera, et vulkansk krater. Nedsynkning av området skjedde i perm, og førte til at mange bergarter ble bevart. Sammen med Osloriften skaper dette en spennende geologisk plass.

Knollekalk karakteriserer ryggene i Oslolandskapet, mens skifer ligger i nedsenkningene. Under disse er det alunskifer, som byr på utfordringer med etsing og radioaktivitet. Nord for sentrum ligger åser av magmatiske bergarter, mens grunnfjellet ligger mot øst. Sandrygger ble avsatt med isen. Ved slutten av siste istid var mye av Oslo dekket av hav, og alt under dagens 210 m o.h. lå under marin grense. Disse områdene er preget av leire og saltutvasking, som skaper rasfare. Forekomstene av leire har konsekvenser for gravplassene.



Figur 12: Feltarbeid i Oslo, Vestre Gravlund (grønn). Kartverket.

Feltarbeid i Oslo ble gjennomført på Vestre Gravlund (Figur 12). Vestre Gravlund er Norges største gravplass, og bærer med seg mye historie. En internasjonal krigsgravlund og minnesteiner over falne i krigen hviler innenfor gjerdene (www.oslo.kommune.no). Vestre gravlund har egne felt for Det norske misjonsselskap og Frelsesarmeen (www.oslo.kommune.no), samt et område der katolske graver er samlet.

Vestre Gravlund ble innviet i 1902, og ble utvidet flere ganger etter dette. På gravplassen praktiseres gravlegging i dobbel kistedybd.

Norges største gravlund er plassert i hjertet av Vestkant-Oslo, mellom Borgen, Frogner, Majorstuen og Skøyen, og ligger i forlengelsen av Frognerparken. Gravplassen ligger under marin grense 50 til 66 m o.h., og grunnen er således gammel havbunn. Det er tykke leiravsetninger i området.

Området er drenert med et rørsystem, men har likevel tidvis utfordringer med vann og fuktighet. Det er likevel få felter med vann, og bare dypt i leiren.

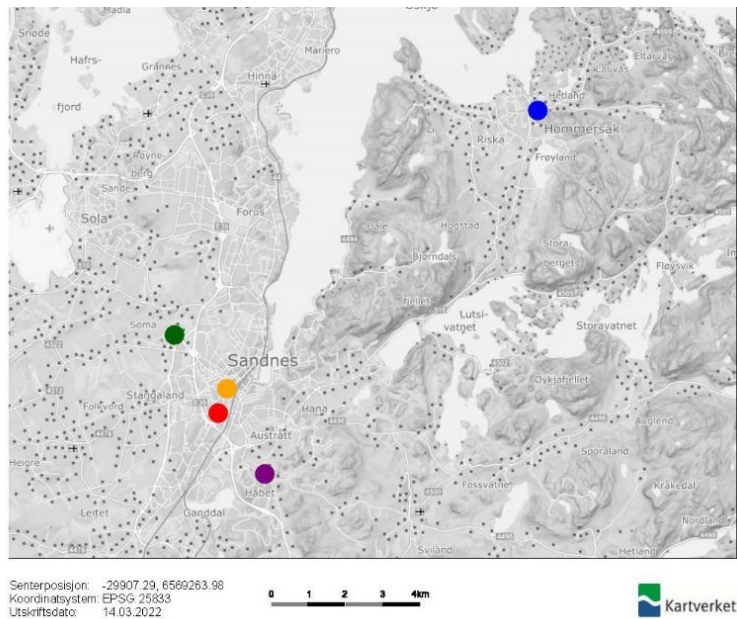
Fra 2008 og hvert år etter har det blitt gjennomført en systematisk kalking av gamle plastgraver. Tørr kalk ble brukt frem til 2013, og lesket kalk har blitt brukt i årene etter. Kalken skal svi vekk platen, slik at det går hull i den, og deretter smelte likvoks slik at nedbrytning kan starte (pers. kom. Runar Frøymyr, Seniorrådgiver Gravferdsmarkedet).

Ved oppgraving blir leiren ført bort, og det fylles igjen med en fyllmasse. Tidligere ble leiren lagt tilbake, men fra 2003 ble det brukt en fyllmasse av 0-4 mm steinsand. Fra 2020 har det blitt brukt en blanding av 0-4 mm steinsand, planterester, kompost og grus (pers. komm. Sten-Arne Skulbru).

På deler av gravlundens er det røtter fra trær og steingraver. Gravene forbundet med trær er luftigere, og gir etter erfaring svært god nedbrytning.

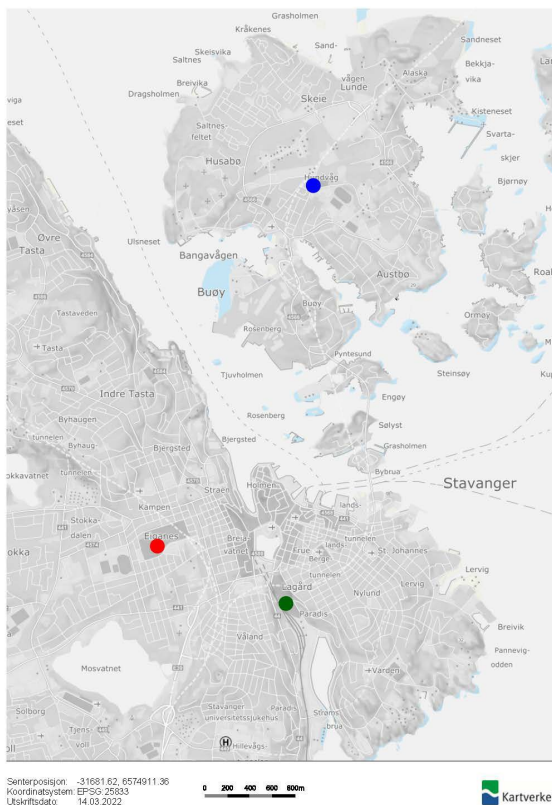
4.5.2.4 Sandnes

Sandnes er Norges ellefte største kommune med 81 305 innbyggere (fjerde kvartal 2021, SSB). I øst ligger Sandnes på metamorfe, sterkt omdannede bergarter fra den svekonorvegiske fjellkjedefoldningen, og danner et kupert heilandskap, Høg-Jæren. I vest er det skyvedekker fra den kaledonske fjellkjedefoldningen, med fylitt, glimmerskifer, granitt og øyegneis, som danner et slettelandskap, Lav-Jæren. Bebyggelsen ligger rundt Gandsfjorden og innover i dalen. Feltarbeid ble gjennomført på Sandnes nye Gravlund, Soma, Gand, Høyland og Riska (Figur 13).



Figur 13: Feltarbeid på Sandnes gravplasser: Gand (rød), Høyland (lilla), Sandnes nye Gravlund (oransje), Riska (blå) og Soma (grønn).

4.5.2.5 Stavanger



Figur 14: Feltarbeid på Stavanger gravplasser: Eiganes (rød), Hundvåg (blå) og Lagård (grønn).

Stavanger er Norges fjerde største bykommune, med 144 699 innbyggere (fjerde kvartal 2021, SSB). Geologisk tilhører området skyvedekker fra den kaledonske fjellkjedefoldningen. Kommunen er preget av tre fjorder og fem vann. Størsteparten av området ligger mellom 0 og 50 m o.h. og er et kystlandskap. Kommunen har arealer med myr, sand og stein. Klimaet i Stavanger er preget av nærhet til kysten med sin åpne og eksponerte plassering. Som andre byer langs vestkysten, sørger nærhet til Golfstrømmen for et relativt mildt klima sammenlignet med andre lokaliteter på samme breddegrad.

Feltarbeid ble gjennomført på Eiganes, Lagård og Hundvåg gravplasser (Figur 14).

4.5.2.6 Trondheim

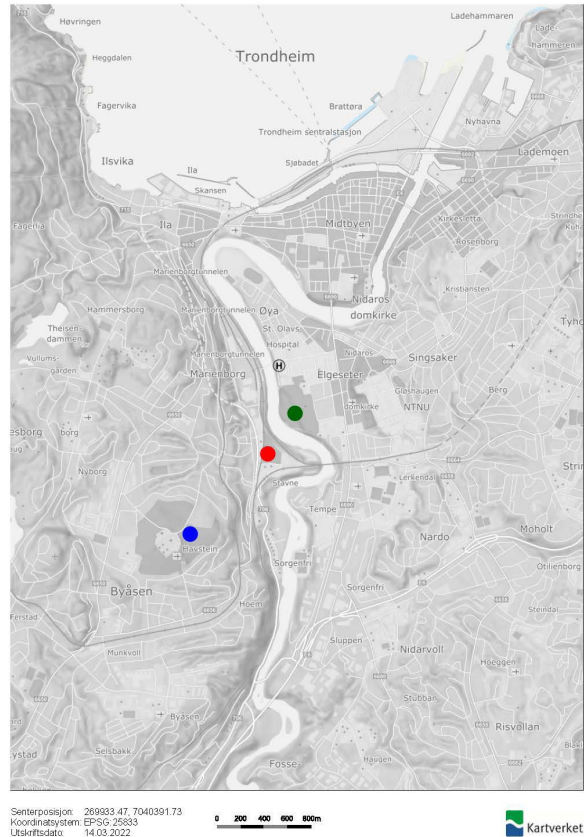
Trondheim har 210 496 innbyggere (fjerde kvartal 2021, SSB), og er Norges tredje største kommune.

Nidelva går gjennom byen. Landskapet går fra lavland til høyereliggende plataer med åser i sørøst. Sørvest ligger Heimdalsplatået, og videre vest er det fruktbare, flate leirgrunnsområder. Berggrunnen består i hovedsak av metamorfe bergarter. Byen ligger på kaledonske skiferbergarter, Trondheimsfeltet.

Trondheim ligger så vidt innenfor den tempererte klimasonen, og har et mildt fuktig klima.

Beliggenheten mellom varm og kald front (polarklimasonen) gir området et noe ustabil klima.

Feltarbeid ble gjennomført på Havstein, Stavne og Tilfredshet gravplasser (Figur 15).



Figur 15: Feltarbeid på Trondheims gravplasser: Havstein (blå), Stavne (rød) og Tilfredshet (grønn).

5 Resultater

5.1 Feltarbeid

5.1.1 Bergen

Felles for alle jordprofilene i Bergen var betydelig innslag av sand, med variasjon fra grovsand til sandig lettleire. Teksturen på massene brukt til kistegraver er derfor innenfor det teoretiske idealet funnet fra kornfordelingskurver (God nedbrytning av bløtdeler). Gjennomsnittlig mengde grus av totalt volum i sjiktene var 24, med et spenn fra minsteverdi til størst på <1 til 56.

I Bergen ble det observert fem graver med god (4, 7, 8, 9, 11), tre med moderat (5, 6, 12) og fire med dårlig (1, 2, 3, 10) nedbrutte bløtdeler.

5.1.1.1 God nedbrytning

I fem graver fordelt mellom Mjeldheim, Åsane, Solheim og Loddefjord ble det observert god nedbrytning. Plassering i landskapet varierte fra platå øverst i ås til hellende U-dalsterreng og nederst i U-dal. Lokal plassering i terrenget har mye å si for inntak av vann og transport ut av området. Selv om terreng ikke kan ha vært en alvorlig begrensende faktor i noen av tilfellene, er det heller ingen felles suksessfaktor her for å forklare god nedbrytning.

Felles for massene var at de var skjøre til løse i robusthet, selv ned til kistedybde. Strukturutviklingen var god i de øvre sjiktene, og avtok nedover. Likevel var det svak strukturutvikling også i nedre sjikt mot kistedybde.

Felles for profilene var også svært biologisk aktive øvre sjikt, moldrike, med svært mange røtter og god strukturutvikling, gjerne gryn.

En interessant observasjon for disse profilene er pH, som varierte mellom 5,3 og 7,1, og der de fleste sjiktene hadde en pH rett under 7. Dette stemmer bra med tidligere antagelser for pH i massene til god kistegravjord, basert på at både bakterier og sopp trives ved pH rundt eller litt under 7.

Det var lite av andre rester i disse gravene, med kun noen tilfeller av moderate mengder skjelett og tekstiler.

5.1.1.2 Moderat nedbrytning

Møllendal, Grønnevikken, Møllendal/Haukeland og Øvsttun hadde graver med moderat nedbrytning av bløtdeler.

Grav 5 var plassert i åsside, grav 6 på øvre del av åsside, og grav 12 nederst i åsside mot vei.

Massene varierte mellom siltig mellomsand og sandig lettleire. Rotutviklingen var dyp i gravene, og robustheten varierte mellom skjør og løs. Alle profilene var fuktige i nederste sjikt.

Mens grav 6 og 12 hadde generelt god nedbrytning av rester, var det mye igjen av både kiste og skjelett i grav 5. Dette til tross for at det var den eldste av de tre gravene, med en estimert alder på 64 år. Grav 5 hadde en nedbrytning som grenset mot dårlig, mens grav 6 og 12 grenset mot bra.

Grav 5 hadde en noenlunde intakt trekiste, med massivt treverk. Dette er typisk for gammel gravkultur, en «kvalitetskiste» som er observert å være svært resistent mot nedbrytning.

Grav 6 og 12 hadde pH like under 7, som i gravene med god nedbrytning. Grav 5 hadde en pH på 5,7 i øverste sjikt, 7,0 i det midterste, og 7,8 i det nederste sjiktet mot kiste. Dette er høyere enn hva som var observert i de gode gravene, og skilte seg fra dem.

5.1.1.3 Dårlig nedbrytning

Gravene med dårlig nedbrytning var på Fana, Mjeldheim og Solheim.

Massene var siltige lettleirer til finsand, mellomsand og grovsand.

Profil 1 skilte seg fra de andre gravene ved å ha mindre enn 1 % grus av totalvolum i begge de nederste sjiktene. Til tross for at nederste sjikt var en finsand, var massene harde og kompakte. pH var mellom 5,7 og 6,5. Det er vanskelig å identifisere en årsak til dårlig nedbrytning i denne graven, annet enn det kompakte nederste sjiktet. Robusthet varierte fra skjor til fast gjennom profilet, og det midterste sjiktet, Bw2, var også kompakt. Det var ikke rotutvikling under dette sjiktet. Kompakte masser vil begrense rotutvikling, biologisk aktivitet, strukturutvikling, og dermed også transport av vann og luft.

Profil 2 var et interessant eksempel på massehåndtering i praksis. Dette feltet var opprettet med tilførte masser. Dette var også svært tydelig i profilveggen, som besto av to separate masser, en grov skjellsand og en finsand. Det var tydelig fra hvordan massene alternerte at intensjonen, i alle fall ved planlegging av feltet, har vært å blande massene. Det ble gjort en eksperimentell, manuell blanding av massene i felt. Massene lot seg blande svært fint til en lett, løs og smuldrende blanding. Skjellsanden uten finsand var svært hard og kompakt å grave i. Skjellsanden var svakt fuktig mens finsanden var fuktig, som betyr at vannet fordeler seg ujevnt gjennom profilet, og at det er lite kommunikasjon mellom de ulike teksturene. pH i profilet var svært høy, og varierte fra 8,1 til 9,3.

Både grav 1 og 2 kan ha fått dårlig nedbrytning på grunn av kompakte masser. Årsaken til at massene ble kompakte er forskjellig i hvert tilfelle, der grav 2 er et offer for utførelse ved feltets opprettelse.

Grav 3 var overmettet på vann før kistedybde. Graven var fra original jord, som trolig har vært en myr en gang, muligens oppdyrket. Feltet var opprettet i en åsside ned mot en ravinedal. Gravplassarbeider mente at en fjellrygg i ytterkant av feltet stoppet vannet, slik at det ble et basseng mot ravinedal, et jordhull med oppsamling av vann. Graven var svært våt til tross for den tørre perioden i forkant av feltarbeidet, som tyder på at området aldri tørker opp.

5.1.1.4 Solheim

To profiler på Solheim, begge fuktige øverst og våte nedover i profilet, ca. like dype, hadde svært forskjellig nedbrytning. Jordsmonnet i profil 10 bar preg av reduserende forhold i grå masser. Her var nedbrytningen av liket svært dårlig. I kontrast var profil 9 brunt (med bare linser av grått materiale, trolig innblandet) og svært god nedbrytning. Profil 10 lå i konstruerte terrasser, høyt i terrenget, mens profil 9 lå nesten nederst i en dal, et sletteområde. Begge profilene hadde siltige sandmasser.

Terrassene var konstruert innenfor vei, mot neste trinn. Hvert trinn kan potensielt fungere som en oppsamling for vann, ved å fysisk hindre videre drenering av vann (f.eks. en konstruksjon ved hvert trinn), eller at hvert trinn i seg selv, som et platå, sinker vannet i videre avrenning. Stillestående vann fører til oksygenmangel, som fører til dannelse av likvoks og at nedbrytning stopper opp.

Profil 3 og 10 kan se ut til å ha samme problem og årsak for manglende nedbrytning. De lå begge i et platå i landskapet, en terrasse der vann samler seg opp. Manglende drenering hindrer vannet i å fraktes ut av området. Begge hadde våte til overmettede sjikt ned mot kistedybde til å støtte denne hypotesen. En emmen lukt kom fra begge gravene ved åpning. Jordsmonnet i begge gravene gikk fra mørke, 5YR og 10YR basisfarger i øvre del over i gråtoner på 5Y og Gley1 i nederste sjikt. I begge gravene var både kiste, skjelett, bløtdeler og tekstiler intakte.

5.1.1.5 Fana

På Fana gravplass studerte vi to profiler. Det første var på et felt med leire. Graven lå svært nær vei. Det var mye sand i massene, og de smuldret ved oppgraving. Likevel var nedbrytningen svært dårlig i alle kategorier i denne graven.

Den andre graven lå i et opparbeidet felt med en skjellsandblanding etter masseutskiftning. Det var svært skarpe sjiktgrenser i dette profilet. Profilet viste tydelig at de tilførte massene: topplag til grøntanlegg, skjellsand og finsand, ikke var opparbeidet etter planen. A-sjiktet hadde innblanding av siltig leire i belter. Skjellsanden og finsanden, etter intensjonen blandet til en masse, lå i stedet i lommer og belter med skarpe avgrensninger. Skjellsanden var svært kompakt og hard å grave i, og strukturløs. Finsanden lå mot kistelokk, og hadde svakt utviklet struktur. Nedbrytningen var svært dårlig i alle kategorier. Ved en prøveblanding av en del skjellsand og en del finsand, viste det seg at massene lett lot seg blande, og skapte en fin, smuldrende blanding der finstoff ville sørge for næring og struktur, mens sanden ville sørge for god drenering.

Undersøkelsene av denne graven viste at opparbeiding av dette feltet ikke har blitt gjort ordentlig, da massene ikke har blitt tilstrekkelig blandet før de ble lagt på, og topplaget ikke har blitt holdt avskilt fra de øvrige massene.

5.1.2 Bærum

Bærum hadde en god (grav 9), fire moderat (2, 3, 7, 10), og syv graver med dårlig (1, 4, 5, 6, 8, 11, 12) nedbrutte bløtdeler.

5.1.2.1 God nedbrytning

Grav 9 på Tanum var den eneste som ble vurdert til god nedbrytning av bløtdeler. Her åpnet vi to graver i likt jordsmonn, der avdøde lå ved siden av hverandre. Avdøde var begravd separat i 1980 og 1999. Kiste var svært godt nedbrutt i begge tilfeller, og det var kun antydning til bløtdeler hos den sist begravde. Skjelettet var derimot intakt, med så vel fine som grove knokler, og vi ville trolig funnet et komplett skjelett om vi hadde lett etter det. Det var mer tekstiler i graven fra 1980 enn den fra 1999, som kan tyde på en økende bevissthet om hvilke tekstiler som egner seg i en grav. Det kan eventuelt være et tilfelle av heldige tilfeldigheter i gravleggingskultur.

Profilet gikk fra siltig leire til siltig mellomsand, og besto av kun to sjikt: Ap som et tynt 15 cm topplag, og Bw, en masse med basisfarge på mørk grå til 5Y mørk olivengrå. Sjiktet hadde god strukturutvikling og inneholdt meitemark. pH var på 6,1-6,7. Røtter avtok nedover til 60 cm. Teglstein og andre blandingsmasser viste at dette feltet ble opprettet med tilførte masser.

Graven var utenfor dryppsonen til en ask, men det var grove røtter i øverste sjikt. Feltet var oppfylt og svakt hellende.

5.1.2.2 Moderat nedbrytning

Grav 2, 3, 7, 10, lokalisert på Haslum og Bryn, hadde moderat nedbrytning av bløtdeler.

Grav 2 og 3, på hver sin gravplass, hadde begge generelt god nedbrytning med lite rester.

Begge gravene var leirjordsprofiler av leire. Grav 2 hadde imidlertid økende leirinnhold nedover, med stiv leire. Rotutviklingen var dyp, også gjennom den stive leiren, og strukturutvikling var god hele veien ned. Også grav 3 hadde god strukturutvikling og rotvekst hele veien ned. Grav 2 hadde pH rett over 7, mens grav 3 hadde pH rett under 7. Grav 2 hadde under 1 % grus av totalt volum masse, mens grav 3 hadde 14 til 24 % grus av totalt volum masse.

I grav 2 ble bløtdeler kun funnet i assosiasjon med tekstiler, som tyder på at klær/liksvøpe tullet rundt kroppen kan ha forårsaket konserveringen i dette tilfellet.

I grav 3 lå klumper av likvoks rundt knoklene. Det var typisk et lag av svart, omdannet organisk materiale utenpå likvoksen, og kremhvitt innover i klumpene. Dette viser at nedbrytning har startet, men stoppet opp underveis innover, og ført til ufullstendig nedbrytning. Av tekstiler var det bare syntetiske blonderemser igjen, og alt annet var borte.

Grav 7 og 10, på hver sin gravplass, hadde mye rester generelt, spesielt skjelettet, som grenset mot dårlig nedbrytning. Massene besto av lettleire både i grav 7 og 10. Begge profilene hadde moderat utviklet struktur i topplaget, og skarpkantet blokk nedover. Rotutviklingen var god og dyp i begge tilfeller, med grove røtter fra trær. Profilet i grav 7 var svært rotete nedover, med separate masser av leire, sand og A-sjikt materiale, som kan være en effekt av tidligere gravlegging.

I grav 7 ble det observert plast i assosiasjon med bløtdelene, mens bløtdelene i grav 10 lå inntil et likklede. Hvorvidt det siste har påvirket nedbrytningsgraden er usikkert.

5.1.2.3 Dårlig nedbrytning

Grav 1, 4, 5, 6, 8, 11 og 12, fordelt på Haslum, Bryn og Tanum, hadde dårlig nedbrutte bløtdeler, vurdert til dårlig og svært dårlig (5 og 6). De var alle assosiert med våte forhold på kistedyp, plast (fra kistebunn eller syntetisk kisteklede), eller begge deler.

Terreng ved de syv lokalitetene varierte fra øverst på åsrygg med helning i alle retninger, til svakt skrånende terreng, til lokal nedsenkning ved grav. Det var derfor ikke mulig å forutse nedbrytning basert på terreng. Feltene som huset grav 1, 4, 5 og 8 hadde hatt tiltak i form av terrengheving, eller var relativt nyanlagte/oppbygde felt.

Dominerende tekstur varierte fra grav til grav. Grav 1, 4, 5 og 11 var leirprofiler med høy leirandel. Grav 6 og 8 var dominert av mellomsand og grovsand, mens grav 12 hadde mellomsand øverst og mellomleire nederst.

I feltet til grav 4 var det feilplassert kontaktdrenering. Kontaktdrenering var plassert svært dypt, i gley-grå siltig mellomleire, med massiv struktur og faste, svært plastiske og klebrige masser. Stagnert vann i leirmassene kan forklare likvoksdannelsen i grav 4, samtidig som leiren har fungert som forseglende lag mot overflaten.

Det var tydelige problemer med stagnert vann og ufullstendig til manglende drenering på alle de dårlige gravene utenom grav 6. I grav 6 var det grove sandmasser, god strukturutvikling, ingen tegn til oksygenmangel, og en god bioaktivitet i de øvre lagene. De eneste faktorene observert som kan ha forhindret nedbrytning er et plastfragment, som kan tyde på at det har vært plast i graven, og et hardt, kompakt lag i de nederste 60-90 cm. I tillegg ble det observert svært mye tekstiler i graven, og det kan tenkes at noen av disse var av syntetisk materiale.

5.1.3 Oslo

Alle gravene i Oslo var på Vestre Gravlund. Det ble gravd i dobbel dybde, til ca. 170 cm. Jordsmonnet var generelt svært likt på alle feltene som ble undersøkt, med unntak av grav 4, som var en steinrøysgrav.

5.1.3.1 God nedbrytning

Seks graver, grav 1, 3, 4, 7, 8 og 9, hadde god nedbrytning av bløtdeler. Alle gravene lå i flatt til slakt hellende terreng, og noen lå i lokale søkk.

Grav 1 og 9 var ikke kalket. Grav 3, 4, 7 og 8 var kalket. Alle gravene, kalket eller ikke, hadde i hovedsak pH på 7-8 gjennom hele profilet.

Alle gravene hadde masser av mellomleire eller stiv leire. Det var noe grus i topplaget, og ellers lite til ingenting av denne fraksjonen nedover. Grav 4 var en steinrøysgrav, der det var mellomleire i øverste sjikt og ellers en sandig lettleire med store blokker fra 30 cm dybde og nedover. Grav 4 var også unntaket med grusfraksjon, som det var rikelig av fra toppen og hele veien ned.

Utenom grav 4, som hadde skjøre masser og strukturutvikling med skarpkantet blokk i nederste sjikt, så hadde alle gravene massiv struktur mot kistedybden.

Profil 3, 4 og 7 hadde god, dyp rotutvikling, og grav 4 hadde grove røtter hele veien ned. Grav 1, 8 og 9 hadde røtter kun i de øvre lagene, som ikke strakte seg dypt ned.

5.1.3.2 Moderat nedbrytning

Grav 6 og 10 hadde moderat nedbrytning av bløtdeler. Begge gravene lå i svakt hellende til flatt felt.

Begge gravene hadde masser med tekstur mellomleire til siltig mellomleire, og struktur med skarpkantet blokk til massiv ned i dypet. Begge gravene hadde røtter til ca. halv dybde. Begge hadde bioporer og meitemark i øvre del, og grav 10 hadde store, tydelige meitemarkganger ned til 1 m, og deretter små ganger. I begge profiler startet fargeflekkene i øvre del av profilet, undergrunnsmassene.

Grav 6 var kalket, mens grav 10 ikke var det. Begge gravene hadde pH på 6,8 i øverste sjikt, og pH på 7,2 til 7,6 i de nedre sjiktene. Grav 6 hadde sterk eim til tross for kalking. Også grav 10 hadde eim.

5.1.3.3 Dårlig nedbrytning

Grav 2, 5, 11 og 12 hadde dårlig nedbrutte bløtdeler.

Alle gravene hadde masser med tekstur mellomleire til stiv leire. Utenom noe grus i topplaget, var det nesten ikke grus i massene. Blokkstruktur dominerte i øvre masser, mens leiren ble massiv mot kiste. Profil 2 og 12 hadde meitemarkganger frem til ca. 1 m dyp. Profil 5 og 11 hadde bioturbasjon og meitemark i øvre halvmetere. Profil 2, 5 og 12 hadde dyp rotutvikling, mens røtter stoppet sammen med bioturbasjon og ganger i profil 11.

Grav 2, 5 og 12 var kalket. Grav 11 var ikke kalket. Grav 2 og 5 hadde høye pH-verdier i undergrunnsmassene på 8,0 til 8,6. Grav 11 hadde pH på 7,6 til 7,9 på undergrunnsmassene, mens grav 12 hadde pH på 6,8 til 7,2.

Grav 2 og 12 hadde vann i kistedybde, mens 5 og 11 var relativt tørre. Alle gravene hadde en sterk eim.

5.1.4 Sandnes

Alle gravene undersøkt på Sandnes gravplasser var dominert av sand, især mellomleire og sandig lettleire. Sjiktgrensene var ofte utydelige og gradvise, og brune farger dominerte profilene helt til kistebunn. Det var god drenering av vann i massene. Nedbrytningen var generelt god på gravplassene, med lite likvoks. Der det forekom rester, var det i hovedsak knokler. Noe likvoks ble observert, men klumpvis og få sammenhengende stykker, og ingen hele kropp. Fire graver hadde markant dårligere nedbrytning enn de andre, og tre av disse hadde plast i graven.

Det er interessant å merke seg nedbrytningen av bløtdeler i Sandnes. Av 13 graver ble ni klassifisert med god nedbrytning (1-2), tre ble klassifisert med moderat nedbrytning (3-4), mens bare én ble klassifisert som dårlig (5-6). Graver med god nedbrytning skulle utgjøre fire graver, 33 % av utvalget av 12 graver, men endte opp med å dominere med hele 69 % av utvalget, selv med en ekstra grav inkludert (13 graver til sammen).

Det ble funnet sykehusarmbånd (ett funn), sykehuskladder (ofte) og intravenøst utstyr (ett funn) i gravene, som vitner om svikt i stell av den avdøde. Begravelsesbyråene er ansvarlige for riktig, verdig stell av liket før begravning.

Av de fire gravene på Høyland, var det en med dårlig og to med moderat dårlig nedbrutte bløtdeler. Den fjerde hadde god nedbrytning.

5.1.4.1 God nedbrytning

De ni gravene med godt nedbrutte bløtdeler (1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13) hadde alle sandprofiler. Åtte av gravene hadde grove røtter (trærøtter). Nedbrytningsgrad på kiste, skjelett og tekstiler varierte fra god til dårlig, og det var plast i en av gravene.

5.1.4.2 Moderat nedbrytning

To av de tre gravene med moderat nedbrytning (4, 8, 9) hadde plast i graven. Graven uten plast hadde jordsmonn av siltig mellomsand, god rotutvikling og god naturlig drenering. Ingen fargeflekker ble observert. Nederste sjikt var imidlertid svært hardt og kompakt. Det var store blokker med stein i de nederste 20 m, og tettpakket rundt dem. Massene var fuktige i dette laget. Det kompakte nederste sjiktet kan ha medvirket til mangelfull nedbrytning av bløtdeler i denne graven.

5.1.4.3 Dårlig nedbrytning

Graven med dårlig nedbrytning av bløtvev (10) var assosiert med plast. Graven med dårlig nedbrytning hadde sandjord med mye grus i alle sjikt, hellende terreng og drenering i nedkant. Bioturbasjon stoppet på 45 cm dybde, mens røtter, fine og grove, gikk ned til 95 cm. pH var på 5,7 til 6,5. Det var vanskelig å finne noen grunn til dårlig nedbrytning i denne graven, utenom forekomsten av plast.

5.1.5 Stavanger

5.1.5.1 God nedbrytning

Til sammen syv graver med god nedbrytning (grav 4, 6, 7, 8, 9, 11 og 12) forekom i Stavanger, fordelt på Lagård, Hundvåg og Eiganes. Lagård hadde fire av de syv gravene. Terrenget var flatt til svakt hellende.

Tekstur i gavene varierte fra siltig grovsand til leittleire, men mellomsand var oftest å observere. Fire av de syv gravene hadde grove røtter i profilet. Seks av gravene hadde svært dårlig nedbrytning av skjelett, mens grav 4 var unntaket, med god nedbrytning av alt kisteinnhold, mens kisten selv var intakt. Grav 4 fungerte som en vannfelle, og var svært våt i bunnen.

5.1.5.2 Moderat nedbrytning

Graver med moderat nedbrytning av bløtdeler (grav 3, 5) forekom på Hundvåg. Begge gravene hadde teksturer fra sand til leittleire, med noe siltinnhold. Grav 5 var i en helning mot kirken, mens grav 3 var nederst i helningen mot kirkemur. Den ene graven hadde kun gressplen rundt seg, mens den andre hadde en hekk og en lønn i nærheten, og dermed hadde grove røtter i de øvre lagene av profilet.

5.1.5.3 Dårlig nedbrytning

Tre av gravene (1, 2, 10) i Stavanger hadde dårlig nedbrutte bløtdeler. De var lokalisert på Hundvåg og Eiganes.

De to gravene på Hundvåg bar preg av problemer med vann, og lokale bassenger i hver grav i feltene de tilhørte. Bjørk i området hadde grunne røtter, som støtter under observasjonen om vannproblemer og høy vannstand i grunnen, da denne tresorten ikke liker å ha røttene ned i vann.

Graven på Eiganes hadde grove røtter ned til kistedybde, og var tørr under oppgraving. Gravplassarbeidere meldte imidlertid at feltet var svært vått i vinterhalvåret, som ble støttet av observerte fargeflekker fra 65 cm og helt ned. Kisten var forseglet i massiv, fast og grå siltig mellomsand. Gråfargen vitnet om oksygenmangel i disse massene, og nedbrytning stopper opp uten oksygen. Det ble også meldt at vanlig praksis tidligere var å legge tilbake massene, ofte de dypeste først, når man fylte igjen en grav. Dermed kom de massivt struktureløse massene over kiste som et forseglende lag.

Graven på Eiganes hadde fine, løse og brune masser fylt på over det grå laget, som en delvis masseutskiftning. Selv om både de påfylte massene og de opprinnelige var siltig mellomsand, satt de påfylte massene utenpå profilveggen, mens veggen selv var svært hard og kompakt. Fargen var også svært forskjellig mellom påfylte og naturlige masser, der naturlige masser reflekterte fluktuerende

grunnvannstand. Dette passet bra med gravplassarbeidernes observasjon om at feltet var tørt i sommerhalvåret, og vått i vinterhalvåret. De kompakte gravveggene fungerer trolig som en vannfelle, og skaper lokale «badekar» i hver enkelt grav.

5.1.5.4 Hundvåg

Hundvåg hadde en grav med god, to med moderat og to med dårlig nedbrytning av bløtdeler.

Spesielt for noen felter på Hundvåg var de store utfordringene med vann. Disse ble karakterisert av svært våte graver, der vann sto i graven, i kisten, og kom rennende inn fra nabogravene ettersom jorden ga etter for trykket ved oppgraving. Jorden ellers i graven kunne være tørr både over og under og inn i profilveggen, som forsterker hypotesen om at vannet forekommer svært lokalt, fanget i vannbad/bassenger/badekar skapt av gravene selv. Det var store utfordringer med likvoks i disse gravene, og i noen graver var kroppene nesten helt intakte. Skjelettet var ofte intakt inni bløtdelene. Gravene var av en slik tilstand at de som regel ikke kunne brukes på nytt, hverken i enkel eller dobbel gravdybde.

I felt D ble hver grav en vannfelle og et eget lite basseng/«badekar». Hver grav er vendt på tvers av vannets fallretning. Graver vendt i samme fallretning som vannet vil ha mindre flate til å ta inn vann, hvor man hypotetisk sett kan motvirke effekten av vannfelle, spesielt om gravene kobles mot et drencsystem.

Også graven med god nedbrytning var våt i kistedybde, med en vannfellefunksjon. Graven lå rett utenfor dryppsonen til et lønnetre. Det var mange fine røtter i nesten hele dybden, men ingen grove røtter. Graven hadde en plastremse i profilveggen, og en omtrent intakt kiste. Ellers var det lite til ingen rester. Da det ikke ble observert likvoks i denne graven, var det trolig sjeldent eller aldri stagnert vann her, som tyder på en drenering til tross for tendensene til å skape en vannfelle.

I ettertid har det blitt funnet at vei på nedsiden av Hundvåg har kuttet drencrør, også hoveddrencrør til gravplassen, og effektivt stoppet transport av vann ut av gravplassen, med det resultat at gravplassen ble et basseng for vannet.

5.1.5.5 Lagård

Lagård gravplass er svært gammel, og alle gravene var brukt flere ganger. Et særpreg ved gravplassen er såkalte singelgraver, der jorden er dekket med et lag av singel/pukk i stedet for gressplen. Jorden under singelen var typisk mørk brun helt ned, og gjennomarbeidet av røtter fra platanlønn, taxus og sypress. Selv om gravene ofte inneholdt hele skjeletter (disartikulert), ble det observert lite til ingen bløtdeler, og alt observert var svært omdannet. Det var tydelig at røttene strakte seg ned i og inn i gravene, og det ble observert skalle og knokler gjennomfiltret og gjennomgrodd av røtter (Figur 16). Selv om det er mer skjelettdeler igjen i disse gravene enn ideelt ønsket (siden fine så vel som grove knokler gjenstår), hadde gravene på Lagård gravplass svært god funksjonalitet.

5.1.5.6 Eiganes

Flere graver i Stavanger med trær nært beplantet til graven demonstrerte effekter fra røtter på nedbrytning og jord i profilene, blant annet alm. Jorden var løs rundt røttene, som har skapt gode poresystemer for vann og luft. Det var typisk at røtter, der det er mulig, vokste inn i kisten, synlig som egne rotlag i kistedybde i profilet, samt knokler gjennomfiltret av røtter.



Figur 16: Skalle med «rotnøste» inni, der røtter har vokst seg inn gjennom åpninger i kraniet. Foto: Inghild Økland.

Røttene finner trolig vann og næring fra innholdet i kisten. Rotgraver var dermed ofte tørre, og bløtdeler godt nedbrutt. Hodeskaller der røttene har funnet veien inn gjennom åpninger, og der det dannes rotnøster inni skallen, var vanlig på gravplassen (Figur 16).

5.1.6 Trondheim

Alle gravene på Tilfredshet hadde god nedbrytning. Gravene i Stavne varierte fra moderat til dårlig nedbrutt, mens Havstein hadde graver i hele spekteret, dog kun én godt nedbrutt, mens to var moderat og de siste tre hadde dårlig nedbrutte bløtdeler.

5.1.6.1 God nedbrytning

Fem graver i Trondheim (1,2,3,4,10) hadde godt nedbrutte bløtdeler. Av disse var fire fra Tilfredshet, og en fra Havstein. Gravene lå i alt fra flatt til sterkt hellende terreng, fra øverst i bakke til nederst. Dominerende tekstur i de fem gravene var lettleire til mellom sand/grovsand, men to av gravene hadde et sjikt med mellomleire. Fire av fem profiler hadde grove røtter. På tre av gravene fra Tilfredshet var skjelettet moderat til dårlig nedbrutt, selv om alt annet var borte. Grav 1 var en kalket plastgrav, mens de andre gravene ikke var kalket.

Graven på Havstein var forventet å ha dårlig nedbrytning av bløtdeler, da feltet ligger nederst på gravplassen, og tar inn store mengder vann. Massene var våte og harde til tross for trerøtter. Trerøttene var fra bjørk, og gikk derfor først og fremst i øvre del av laget. Massene gikk fra siltig lettleire til siltig mellomleire med massiv struktur i nedre del. Profilet hadde basisfarge i 2.5Y til 5Y, forskjellige sjatteringer av *oliven*, fra mørke øverst til lysere nedover. Det var fargeflekker i nederste sjikt, som indikerte grunnvannsfluktusjon og til tider reduserende forhold (oksygenmangel). Nedbrytningen av kiste var svært dårlig, og nedbrytningen av tekstiler var moderat god. Det var ingen opplagte grunner til at nedbrytningen av bløtdeler skulle være bra i denne graven. Den gravlagte var over 90 år gammel, som derimot kan ha hatt en betydning. Likvoks er en hovedårsak til bremsert eller stagnert nedbrytning. Siden likvoks dannes av fettvev, og mange eldre blir svært tynne i tiden før de dør, kan det hende nedbrytning var bra i dette tilfellet pga. iboende egenskaper ved den avdøde.

5.1.6.2 Moderat nedbrytning

Tre graver (5, 9, 11) fordelt på Stavne og Havstein hadde moderat nedbrutte bløtdeler. Den ene hadde masser av lettleire og mellom sand (grav 5 på Stavne), mens de to andre hadde siltige masser med lettleire og mellomleire (grav 9 og 11 fra Havstein). Alle tre gravene hadde masser med basisfarge i Gley-spekteret (gråtoner) i bunnsjiktet, som tyder på oksygenmangel. Alle tre gravene inneholdt plast i kistebunn eller svart likklede i noe som trolig var syntetisk stoff. Grav 5 og 9 var våte og hadde sterk eim, mens grav 11 var tørr og luktfri. Grav 11 inneholdt en nesten intakt bunad, men også kiste og skjelett var godt bevart. Tekstiler kan ha vært medvirkende til manglende nedbrutte bløtdeler i disse gravene.

5.1.6.3 Dårlig nedbrytning

Fire graver (6, 7, 8, 12) hadde dårlig nedbrutte bløtdeler. Av disse var en på Stavne, og tre på Havstein. Alle hadde leirjord. Tre varierte fra lettleire til mellomleire, mens den siste (8) hadde lettleire og siltig lettleire hele veien ned. To av gravene var svært våte, de andre to var bare svakt fuktig. Struktur var svake blokk til massiv i nederste sjikt. Alle profilene hadde kun svært fine eller fine røtter i undergrunnsjorden.

5.2 Nedbrytning av bløtdeler fra feltundersøkelser

Ifølge Gravplassforskriften § 12. *Gravlegging*, skal det bare være grove knokler og kisterester igjen i graven ved gjenbruk, og alle bløtdeler skal være borte. Med hensyn på regelverket er det derfor åpning

for en noe ufullstendig nedbrytning. Grove knokler som skalle og lårbein er å finne i nesten alle graver, mens de finere knoklene som i fingre og tær kan bli gjemt inni massene og lett overses ved oppgraving.

Nedbrytning eller konservering av treverk er svært avhengig av kistens materialer. Ble den lagd av harde treslag, slik som var vanlig i gamle dager, går nedbrytningen sakte. Myke treslag eller papp, som har blitt vanligere i moderne tid, brytes gjerne ned lettere. Kistens håndtak er en god indikasjon på kistetype, der støpejernshåndtak tyder på gamle kister, plasthåndtak indikerer at graven er fra 60- til 80-tallet, og trehåndtak har blitt vanlig i nyere tid. Fra plast ble moderne på 50-tallet, har det blitt brukt i kistebunn til å hindre avrenning. Selv om plast ikke lenger er lov å bruke i kisten da det ikke brytes ned, fant vi plast inni kister fra hele 90-tallet, brukt i foringen, gjerne i liggeunderlaget. Dette har konsekvenser for nedbrytning av bløtdeler. Der det ble funnet plast, var det ofte vi fant intakt hud mot denne, selv der det ellers var god nedbrytning.

Konserverte bløtdeler gir ikke rom for gjenbruk ifølge gravferdsloven. Det er etiske utfordringer ved de konserverte bløtdelene, og for dem som jobber på gravplassen, er det svært belastende å eksponere bløtdeler. Graverne kan aldri vite hva de møter når de graver opp en brukt grav. De kan møte lukkt, kropp, hud, hår, fingre, og til og med intakte ansikter, der de pårørende ville kunne gjenkjent personen, selv etter 50 eller 80 år i jorden.

Siden bløtdeler er den største utfordringen en gravplass kan møte med henhold på nedbrytning og gjenbruk, blir dette fokuset for den videre vurderingen av felles egenskaper i graver. På den annen side er medieoppslag om funn av eksponerte knokler på gravplasser ikke uvanlig, og indikerer at folk forventer at også knokler brytes ned. De 73 gravene ble sortert etter god (1,2), moderat (3,4) og dårlig (5,6) nedbrytning, for å finne felles faktorer i observasjonene.

5.2.1 God nedbrytning

God nedbrytning av bløtdeler innebærer at man finner få eller ingen rester av likvoks eller organisk materiale (Figur 17).



Figur 17. Venstre: Grove knokler som lårbein er vanlig. Her er det også mørkt organisk materiale, og noen blonder og morkne trebiter fra kiste. Denne graven er typisk, svært vellykket grav. Høyre: Så bra kan en grav se ut. I dette tilfellet var det hverken kiste, skjelett, bløtdeler eller tekstiler å finne. Foto: Inghild Økland.

God nedbrytning (1-2): Bergen jordprofil 4, 7, 8, 9, 11. Bærum jordprofil 9. Oslo jordprofil 1, 3, 4, 7, 8, 9. Sandnes jordprofil 1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13. Stavanger 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12. Trondheim jordprofil 1, 2, 3, 4, 10. Til sammen 33 graver av 73, 45% av utvalget. Det er verdt å merke seg at av alle gravplassene med flere graver enn de 4 som ble beregnet, var Sandnes den mest ekstreme med hele 5 graver ekstra. Det var derfor i stor grad Sandnes som bidro til økningen fra tiltenkte 33 % til 45 % av utvalget (med 7 av de 12 prosentene økning).

Tabell 6: Feltobservasjoner på graver med godt nedbrutte bløtdeler.

Kommune	Prøfelig	Siste gravlegging	Nedbrutt bløtdeler	Plast	Fuktighet nedre sjikt	Løst vann i graven	Struktur utvikling nedre sjikt	Tekstur øvre sjikt	Tekstur nedre sjikt	Teksturendring gjennom sjikt	Grus Øvre del	Antall sjikt	Røttened til	Profil dybde	Kalking
Bergen	4	1982	2	Ja	Svakt	Nei	Få skarpe blokk til stukturløs	Siltig grovsand	Finsand	Sand	27-1	4	81	115	Nei
Bergen	7	1987	1	Nei	Fuktig	Nei	Strukturløs	Siltig mellommsand	Mellomsand	Sand	27-55	4	30	135	Nei
Bergen	8	1989	1	Nei	Fuktig	Nei	Svakt utviklet skarp blokk til korn og enkeltkorn	Siltig mellommsand	Mellomsand	Sand og leire	29-39	4	55	130	Nei
Bergen	9	1954	1	Nei	Våt	Nei	Moderat utviklet, skarpe blokk	Grovsand	Siltig mellommsand	Sand	19-27	5	120	140	Nei
Bergen	11	1946	1	Nei	Fuktig	Nei	Svakt utviklet blokk til korn og enkeltkorn	Siltig grovsand	Siltig grovsand	Sand	24-31	3	110	130	Nei
Bærum	9	1999	2	Ja	Fuktig	Nei	Grove, skarpe blokk	Siltig lettleire	Siltig mellommsand	Leire og sand	6-15	2	60	100	Nei
Oslo	1	1975	1	Nei	Våt	Nei	Svært massiv	Mellomleire	Siltig mellomleire	Leire	25-1	4	60	195	Nei
Oslo	3	1975	2	Nei	Fuktig	Nei	Massiv	Siltig mellomleire	Siltig mellomleire	Leire	6-1	4	130	185	Ja 2011
Oslo	4	1974	1	Ja	Fuktig	Nei	Skarpe blokk	Mellomleire	Sandig lettleire	Leire	12-28	2	160	160	Ja 2011
Oslo	7	1977	2	Ja	Fuktig	Nei	Massiv	Grovsand	Siltig mellomleire	Sand-leire	9-0	5	140	160	Ja 2011 2008
Oslo	8	1975	1	Nei	Tørr	Ja	Massiv	Siltig lettleire	Siltig mellomleire	Leire	16-0	4	80	165	Ja 2011
Oslo	9	1998	1	Ja	Svakt	Nei	Svak blokk øverst til massiv	Mellomleire	Siltig mellomleire	Leire	12-2	3	60	165	nei

Tabell 6: Fortsettelse.

Kommune	Prøvel	Siste gravlegging	Nedbrøytning bløtde ler	Plas	Fuktighet nedre sjikt	Løst vann i graven	Struktur utvikling nedre sjikt	Tekstur øvre sjikt	Tekstur nedre sjikt	Teksturendring gjennom sjikt	Grus Øvre- nedre	Antal sjikt	Røttenedtil	Profil dybde	Kalning
Sandnes	1	1962	1	Nei	Svakt	Nei	Skarpkant et blokk til plate	Grovsand	Siltig mello msand	Sand	17-1	5	85	85	Nei
Sandnes	2	1958	1	Nei	Svakt	Ja	Blokk til plate	Siltig mello msand	Sandig lettleire	Sand-leire	8-18	3	114	125	nei
Sandnes	3	1997	1	Ja	Svakt	Nei	Avrundet til skarp blokk	Siltig mello msand	Siltig mello msand	Sand	8-17	2	125	125	nei
Sandnes	5	1998	2	Nei	Fukti	Ja	Avrundet blokk til enkeltkorn	Siltig mello msand	Siltig mello msand	Sand	9-13	3	55	130	nei
Sandnes	6	1963	1	Nei	Fukti	Nei	Grove, skarpe plater til enkeltkorn	Sandig lettleire	Mello msand	leire-Sand	13-24	5	81	110	nei
Sandnes	7	1969	2	Nei	Fukti	Nei	Enkeltkorn	Sandig lettleire	Mello msand	leire-sand	5-7	6	135	135	nei
Sandnes	11	1998	2	Ja	Fukti	Nei	Få, skarpe blokk til enkeltkorn	Siltig mello msand	Siltig grovsand	Sand	18-29	2	110	110	nei
Sandnes	12	1984	2	Nei	Fukti	Nei	Moderat utviklet skarp blokk og gryn	Siltig mello msand	Siltig grovsand	Sand	19-49	5	130	130	nei
Sandnes	13	1999	2	Nei	Fukti	Nei	Moderat utviklet skarpe blokk til enkeltkorn	Sandig lettleire	Siltig mello msand	Sand	31-20	2	120	120	nei
Stavanger	4	1979	1	Nei	Tørr til svakt	Nei	Plate	Siltig grovsand	Siltig mello msand	Sand	25-21	3	70	80	nei
Stavanger	6	1998	1	Nei	Fukti	Nei	Velutviklet skarpe blokk	Siltig grovsand	Siltig grovsand	Sand	30	1	75	75	nei
Stavanger	7	1996	1	Nei	Svakt	Nei	Svakt utviklet blokk og korn til enkeltkorn	Siltig grovsand	Lettleire	Sand-Leire	43-36	2	110	110	nei

Tabell 6: Fortsettelse.

Kommune	Prøfelig	Siste gravleggning	Nedbrytning bløtdeler	Plast	Fuktighet nederste sjikt	Løst vann i graven	Struktur utvikling nedre sjikt	Tekstur øvre sjikt	Tekstur nedre sjikt	Tekstur gjennomsnitt	Grus Øvre del	Antall sjikt	Røttened	Profil dybde	Kalkinnhold
Stavanger	8	1981	1	Nei	Fuktig	Nei	Skjøre, skarpe blokk til strukturløse	Siltig mello msand	Mello msand	Sand	47-4	4	102	130	nei
Stavanger	9	1997	1	Ja	Fuktig	Nei	Skjøre blokk	Siltig grovsand	Siltig grovsand	Sand	44-47	2	160	160	nei
Stavanger	11	1967	1	Ja	Svært	Ja	Godt utviklet skarpe blokk	Siltig mello msand	Siltig mello msand	Sand	41-30	3	60	60	nei
Stavanger	12	1994	1	Nei	Fuktig	Nei	Moderat til svakt utviklet skarpe blokk til løs	Siltig mello msand	Siltig mello msand	Sand	15-24	4	130	130	nei
Trondheim	1	1977	1	Ja	Svakt	Nei	Strukturløse	Lettleire	Grovsand	Leire-sand	23-48	2	105	105	nei
Trondheim	2	1939	1	Nei	Svakt	Nei	Strukturløse	Siltig mello msand	Mello msand	Sand	9-0	4	110	110	Ja, 2017
Trondheim	3	1949	1	Nei	Svakt til tørr	Nei	Strukturløse	Siltig mello msand	Siltig mello msand	Sand	5-30	3	66	105	nei
Trondheim	4	1933	1	Nei	Fuktig	Nei	Strukturløse	Siltig grovsand	Grovsand	Sand-leire	33-47	3	50	110	nei
Trondheim	10	1993	1	Ja	Svakt	Ja	Massiv	Siltig lettleire	Siltig mello mleire	Leire	16-2	3	105	105	nei

33 av de 73 gravene som ble undersøkt, 45 % av datasettet, hadde god nedbrytning av bløtdeler. Tabell 6 oppsummerer nøkkelobservasjoner for gravene.

18 av de 33 gravene hadde dominerende sandprofiler. 8 av gravene hadde en kombinasjon av sand og leire. 6 profiler var dominert av leire. Fem av de seks leirjordsprofilene var fra Oslo (1, 3, 4, 8, 9). Selv om jordarten ikke var silt, var det mange av massene som var siltige.

Mengden grus i massene varierte svært mye, alt fra ca. 50 % til 0 % av total masse.

Strukturutviklingen i nederste sjikt varierte fra avrundet blokk til moderat og svakt utviklet, skarpkantet blokk, til noe platestruktur og flere strukturløse sjikt, men med løse sandmasser. Transport av vann og luft skal i teorien fungere bra i alle disse tilfellene. På fem graver var nederste sjikt massivt eller svært massivt. I tillegg var det et sjikt som gikk fra svakt utviklet blokkstruktur til

massiv. I alle seks tilfeller (Oslo 1, 3, 7, 8 og 9, samt Trondheim 10) besto massen av en siltig mellomleire, og alle forekomster av siltig mellomleire hadde massiv struktur.

Rotdybden varierte fra svært dypt til ganske grunt. Bare én grav hadde en så grunn rotutvikling som 30 cm, og seks graver hadde en rotutvikling på under halve profildybden, men en rotdybde på minst 50 cm. De siste 26 gravene hadde en rotutvikling på minst halve dybden. Mange hadde rotutvikling gjennom alle sjikt og ned til bunn.

Kun 5 av de 33 gravene hadde fritt vann i kistedybde. Fuktighet i nederste sjikt varierte fra tørr til våt, uten noe tilsynelatende system. Fuktige sjikt var svært vanlig, i hele 18 av de 33 gravene.

11 av de 33 gravene, hele 33 %, hadde rester av plast i graven, enten fra innkapsling av avdøde eller som en del av kistebunn/underlag for å hindre avrenning.

Av de fem profilene i Oslo med god nedbrytning, var det fire som var kalket (3, 4, 7, 8). En av de fem gravene fra Trondheim var også kalket.

Selv som dominerende leirjordsprofiler, massive nedre sjikt, vått nederste sjikt på nr. 1 og plast i nr. 9, hadde både Oslo 1 og 9 god nedbrytning. Ingen av dem var kalket, og ingen av dem hadde fritt vann i kistedybde. Selv med dobbel dybde (henholdsvis 195 og 165 cm), gikk røttene bare ned til 60 cm. Det er uvisst hva som fikk disse gravene til å fungere så bra, når forholdene tilsynelatende ikke lå til rette for nedbrytning.

5.2.2 Moderat nedbrytning

Moderat nedbrutte bløtdeler (Figur 18) forekom som klumper av likvoks, identifisert som kremhvit, fibrøs substans. Delvis nedbrutt organisk materiale forekom som svart substans.



Figur 18: Moderat nedbrutte bløtdeler. Venstre: Lårbein med bevarte bløtdeler fra lår, med tekstil rundt. Høyre: Deler av brystkasse/overkropp bevart som likvoks (hvit substans), mens delvis nedbrutte rester er svarte. Foto: Inghild Økland.

Moderat nedbrytning (3-4): Bergen jordprofil 5, 6, 12. Bærum jordprofil 2, 3, 7, 10. Oslo jordprofil 6, 10. Sandnes jordprofil 4, 8, 9. Stavanger jordprofil 3, 5. Trondheim jordprofil 5, 9, 11. Til sammen ble 17 graver klassifisert med moderat nedbrytning, 23 % av det totale gravantallet. Dette er et lavere tall enn de 33 % som i utgangspunktet ble forsøkt funnet. Dette tyder på at moderat nedbrytning er sjeldnere enn antatt, og at tilstanden i virkeligheten ofte er mer polarisert. Dette viser også hvor vanskelig det er å forutsi nedbrytningsgrad i en grav.

Tabell 7: Feltobservasjoner på graver med moderat nedbrutte bløtdeler.

Kommune	P	Siste gravlegging	Ne dbrytning bløtdeler	Plast	Fuktighet i nederte sjikt	Løst vann i graven	Struktur- utvikling Nedre sjikt	Tekstur øvre sjikt	Tekstur nedre sjikt	Tekstur nedre sjikt	Grus	Antall sjikt	Røtter	Profildybde	Kalking
Bergen	5	1957	4	Nei	Fuktig	Nei	Svakt utviklet skarp blokk	Siltig mellom sand	Siltig mellom sand	Sand	15-26	3	10 2	120	Nei
Bergen	6	1975	3	Ja	Fuktig	Nei	Moderat utviklet korn	Siltig grovsand	Siltig grovsand	Sand	37-36	3	11 3	113	Nei
Bergen	12	1990	3	Nei	Svært	Nei	Blokk til korn og massiv	Siltig mellom sand	Sandig lettleire	Sandleire	14-32	3	90	120	Nei
Bærum	2	1989	3	Ja	Svakt	Nei	Skarp blokk til korn	Lettleire	Stiv leire	Leire	1-1	5	13 0	130	Nei
Bærum	3	1998	3	Nei	Svakt	Nei	Godt utviklet avrundet blokk til korn	Lettleire	Lettleire	Leire	14-24	2	90	90	Nei
Bærum	7	1987	3	Ja	Svakt	Nei	Skarpe blokk	Sandig lettleire	Lettleire	Leire	31-21	2	90	90	Nei
Bærum	10	1997	4	Ja	Tørr	Nei	Svært godt utviklet skarp blokk, noen plater	Lettleire	Lettleire	Leire	15-11	3	10 0	100	Nei
Oslo	6	1966	4	Ja	Fuktig	Nei	Svakt utviklet skarpe blokk til massiv	Mellom leire	Siltig mellomleire	Leire	6-2	4	60	170	Ja, 2009
Oslo	10	1940	3	Nei	Svakt	Nei	Massiv	Mellom leire	Siltig mellomleire	Leire	13-0	4	80	145	Nei
Sandnes	4	2001	4	Ja	Svakt	Nei	Skarp blokk til plater	Sandig lettleire	Siltig mellom sand	Leire-sand	11-19	3	10 0	140	Nei
Sandnes	8	1998	4	Nei	Fuktig	Nei	Skarp blokk til enkeltkorn	Siltig mellom sand	Siltig mellom sand	Sand	14-24	3	10 5	120	nei
Sandnes	9	1990	4	Ja	Fuktig	Nei	Skarp blokk til plate	Sandig lettleire	Siltig grovsand	Leire-sand	18-34	3	12 5	125	nei
Stavanger	3	1962	3	Nei	Svakt	Ja	Skarpe blokk til plater	Sandig lettleire	Siltig mellom sand	Leire-sand	2-23	4	73	83	nei

Tabell 7: Fortsettelse.

Kommune	Periode	Sist gravlagt	Nettdele	Plast	Fuktighet i nedre sjikt	Løst vann i graven	Strukturutvikling	Tekstur øvre sjikt	Tekstur nedre sjikt	Tekstur nedre sjikt	Grus	Antal	Røt	Profildybde	Karakter
Stavanger	5	1979	4	Ja	Våt til tørr	Nei	Skarp blokk	Siltig mellom sand	Siltig mellom sand	Sand	2-14	3	60	100	nei
Trondheim	5	1997	4	Nei	Våt	Nei	Dårlig utviklet blokk til massiv	Siltig mellom sand	Lettleire	Sand-Leire	13-8	3	50	100	nei
Trondheim	9	1989	3	Ja	Tørr	Nei	Massiv	Siltig mellom leire	Siltig mellom leire	Leire	2-2	4	60	110	Nei
Trondheim	11	1994	4	Ja	Svakt	Nei	Massiv	Siltig lettleire	Siltig lettleire	Leire	6-3	3	112	2	nei

Tabell 7 oppsummerer nøkkelobservasjoner for gravene.

Fire av de 17 gravene hadde sandjordsprofiler, mens fem av gravene hadde profiler fra sand til leire eller leire til sand. De resterende åtte gravene hadde leirjordsprofiler, hele 47 % av gravene. Grusinnhold varierte fra 0 til 37 % av totalt volum. Tre graver hadde massivt nedre sjikt, mens de andre gravene hadde en form for strukturutvikling i de nedre sjiktene, enten plater eller blokk. To av disse gikk fra svak strukturutvikling til massive. I alle profilene unntatt ett, gikk rottybden ned minst halve profilets dybde. De 17 gravene varierte fra våt til tørr i nedre sjikt, med *svakt fuktig* som vanligste observasjon i syv graver. Av de 17 gravene var det 10 som hadde en observasjon av plast. Én av disse var kalket.

5.2.3 Dårlig nedbrytning

Dårlig nedbrytning av bløtdeler forekom som sammenhengende masser av likvoks, hår, hud og negler (Figur 19).

Dårlig nedbrytning (5-6): Bergen jordprofil 1, 2, 3, 10. Bærum jordprofil 1, 4, 5, 6, 8, 11, 12. Oslo jordprofil 2, 5, 11, 12. Sandnes jordprofil 10. Stavanger jordprofil 1, 2, 10. Trondheim jordprofil 6, 7, 8, 12. Til sammen ble 23 graver klassifisert til dårlig nedbrytning av bløtdeler. Dette utgjør 31 % av utvalget, og har god overenstemmelse med de 33 % som ble forsøkt funnet.



Figur 19: Intakt kropp med hud, armer og negler, slik det forekom i felt. Hode og ansikt var ikke bevart. Foto: Inghild Økland.

Tabell 8: Feltobservasjoner på graver med dårlig nedbrutte bløtdeler

Kommune	Profil	Siste gravleggning	Nedbrytning bløtdeler	Plas	Vann i kistedybde	Fuktighet mot kistedybde	Kalk	Struktur utvikling nedre sjikt	Tekstur øvre sjikt	Tekstur nedre sjikt	Teksturing gjennom sjikt	Grus Øvre del	Antall sjikt	Røtter ned til	Profildybde
Bergen	1	1988	6	Nei	Nei	Fuktig	Nei	Skarpe blokk	Siltig mellom sand	Finsand	Sand	11-1	5	88	110
Bergen	2	1994	6	Ja	Nei	Fuktig	Nei	Svake, skarpe blokk til strukturløss	Siltig mellom sand	Finsand	Sand	3-10	3	110	110
Bergen	3	1988	6	Nei	Ja	Våt til overmettet	Nei	Svak blokk til strukturløss/enkeltkorn	Siltig lett eire	Siltig finsand	Leire-sand	19-40	3	55	110
Bergen	10	1961	6	Nei	Nei	Våt til svært våt	Nei	Blokk til strukturløss/massiv	Siltig mellom sand	Siltig grovsand	Sand	9-36	3	55	130
Bærum	1	2000	6	Ja	Ja	Våt	Nei	Svake korn til massiv	Mellom eire	Stiv leire	Leire	1-1	4	120	120
Bærum	4	1998	6	Ja	Ja	Svært fuktig	Nei	Kakete grove blokk til massiv	Siltig mellom sand	Siltig mellom eire	Sand-leire	7-6	3	40	130
Bærum	5	1985	6	Ja	Ja	Fuktig til svært fuktig	Nei	Massiv	Lett leire	Siltig mellom eire	Leire	13-2	4	30	110
Bærum	6	1996	6	Ja	Nei	Fuktig	Nei	Skarp blokk	Sandig lett eire	Siltig grovsand	Leire-sand	22-23	3	55	90
Bærum	8	1998	6	Nei	Ja	Svakt fuktig	Nei	Skarp blokk	Siltig mellom sand	Lett leire	Sand-leire	4-24	3	60	110
Bærum	11	1993	5	Ja	Ja	Våt	Nei	Massiv	Lett leire	Stiv leire	Leire	6-0	3	50	112
Bærum	12	1993	6	Ja	Ja	Fuktig	Nei	Skarp blokk til massiv	Siltig mellom sand	Mellom eire	Sand-leire	5-0	4	40	113

Tabell 8: Fortsettelse.

Kommune	Profil	Siste gravleggning	Nedbrytning bløtdele	Plast	Vann i kistedybde	Fuktighetsgrad mot kistedybde	Kalking	Struktur utvikling nedre sjikt	Tekstur øvre sjikt	Tekstur nedre sjikt	Teksturendring gjennom sjikt	Grus Øvre - nedre	Antall sjikt	Røtterne d til	Profildybde
Osl o	2	1966	5	Ja	Ja	Vannmettet	Ja, 2011	Massiv	Siltig lett eire	Siltig mellom eire	Leire	1-1	7	110	170
Osl o	5	1962	6	Ja	Nei	Svakt fuktig	Nei	Lite utviklet, svært grov blokk til massiv	Mell omleire	Stiv leire	Leire	7-0	3	150	175
Osl o	11	1989	5	Nei	Nei	Fuktig	Nei	Massiv	Lett leire	Stiv leire	Leire	10-0	4	65	170
Osl o	12	1973	5	Nei	Ja	Våt	Ja, 2011	Massiv	Mell omleire	Stiv leire	Leire	6-0	4	150	150
Sandnes	10	1993	5	Ja	Nei	Fuktig	Nei	Enkeltkorn	Siltig mellom oms and	Grovsand	Sand	24-26	5	95	130
Stavanger	1	1973	6	Ja	Ja (125)	Tørr	Nei	Grove blokk til massiv	Siltig mellom oms and	Siltig mellom oms and	Sand	1-24	5	60	85
Stavanger	2	1977	5	Ja	Nei	Svært fuktig	Nei	Skarp blokk til plater	Siltig mellom oms and	Siltig mellom oms and	Sand	15-30	5	110	110
Stavanger	10	1997	6	Nei	Nei	Våt	Nei	Massiv strukturløs	Siltig grov sand	Siltig mellom oms and	Sand	53-22	5	140	140
Tro ndheim	6	1985	6	Nei	Nei	Våt	Nei	Massiv	Lett leire	Mell omleire	Leire	5-3	4	30	110
Tro ndheim	7	1996	6	Nei	Nei	Svakt fuktig	Nei	Skarpe grove blokk til massiv	Lett leire	Siltig mellom omleire	Leire	4-0	3	40	112
Tro ndheim	8	1991	6	Nei	Nei	Svakt fuktig	Nei	Svakt utviklet skarp blokk til massiv	Lett leire	Siltig lett eire	Leire	4-2	4	80	115
Tro ndheim	12	1991	6	Ja	Ja	Fuktig	Nei	Massiv	Lett leire	Siltig lett eire	Leire	20-2	3	120	120

I Tabell 8 oppsummeres nøkkelobservasjoner for gravene.

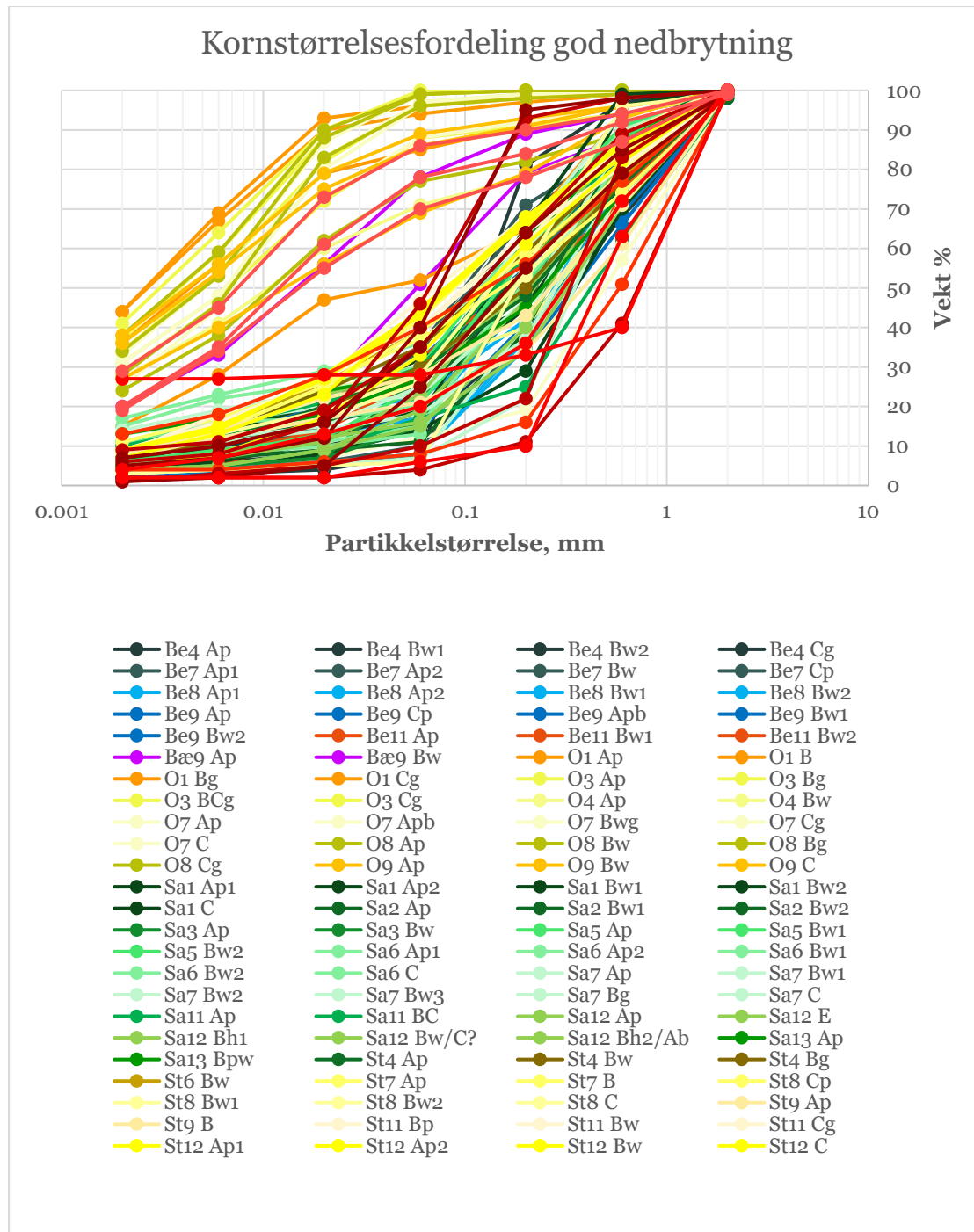
Av de 23 gravene med dårlig nedbrytning, hadde syv sandjordsmonn. Fem profiler besto av sand og leire, og elleve profiler hadde leirjordsmonn, dvs. 64 % av gravene. Volumprosent grus varierte fra 0 til 53 %, men 15 graver hadde 10 % eller mindre i nederste sjikt.

Ni profiler hadde massivt nederste sjikt, der syv av disse var leirjordsprofiler, og de to siste var massive i form av strukturløse/enkeltkorns sandmasser. Ni profiler gikk fra svak struktur til massiv, strukturløs i nederste sjikt. Det vil si at av de 23 gravene med dårlig nedbrytning, var 18 stykker, 78 %, massive/strukturløse eller nært opptil dette.

Ni av 23 graver hadde rottdybde på halvparten av gravdybde eller mindre, dvs. 39 %. 11 av gravene, 48 %, var svært fuktig til overmettet i nederste sjikt. Det ble observert plast i 13 av gravene, 57 % av de 23. To graver var blitt kalket.

5.3 Kornfordelingskurver sortert på nedbrytning av bløtdeler

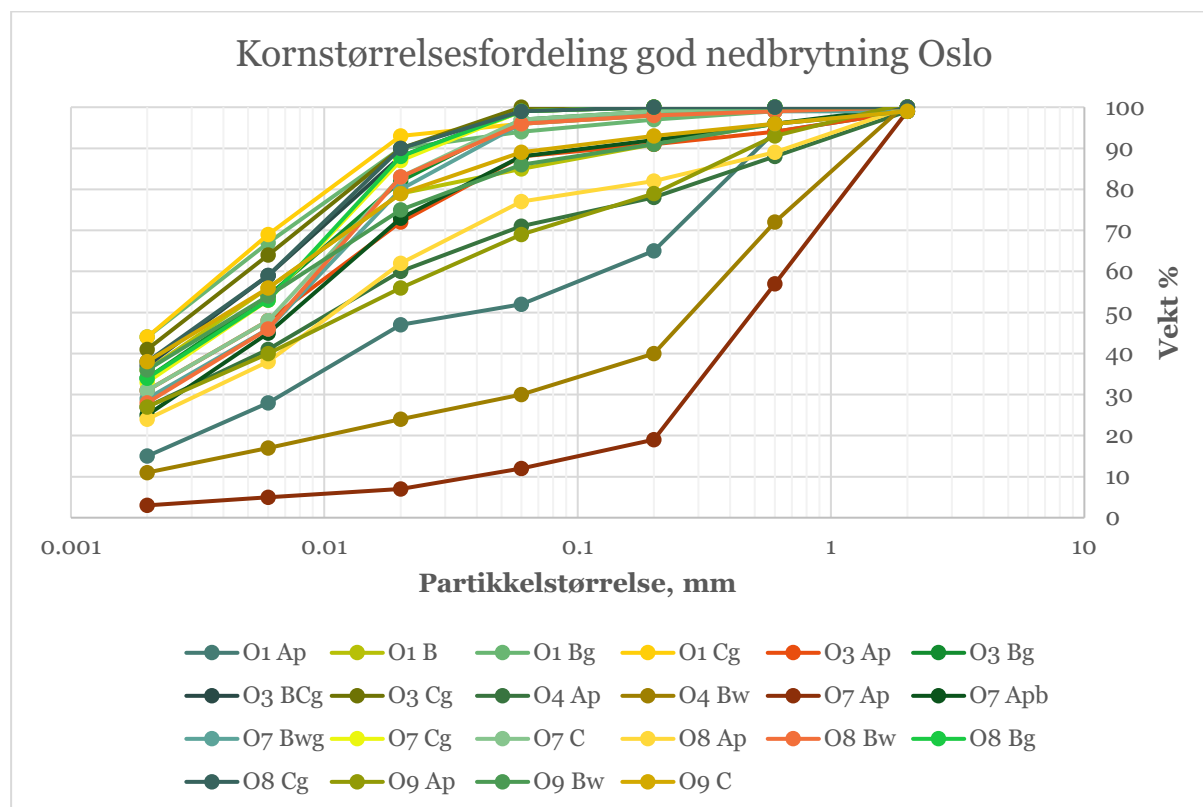
5.3.1 God nedbrytning av bløtdeler



Figur 20: Kornfordelingskurver til alle sjiktene som inngår i profiler/graver med god nedbrytning av bløtdeler. Sjikt fra samme profil ble gitt samme farge, og hver kommune ble tildelt en fargetype for å skape oversikt og se trender i de 111 kurvene. Bergen (Be) er blå nyanser, Bærum (Bæ) har lilla, Oslo (O) har oransje, Sandnes (Sa) har grønne, Stavanger (St) har gule, og Trondheim (T) har røde fargenyanser. Tall representerer grav/profil, og bokstavkoden bak representerer sjikt. Da de fleste kurver havnet over hverandre i et visst intervall, er hver enkelt kurve ikke alltid synlig. Kurvene fra Bergen, Sandnes, Stavanger og Trondheim fulgte ca. samme intervall, mens de fleste av kurvene fra Oslo var på oversiden, og Bærums kurver mellom.

Totalt 33 av de 73 profilene hadde god nedbrytning av bløtdeler. Figur 20 viser kornfordelingskurver fra alle sjikt som var i jordprofiler fra graver med god nedbrytning. Kornfordelingskurvene er konsentrert rundt et bestemt område. Dette indikerer at jordtekstur bør være innenfor dette idealintervallet for å legge til rette for god nedbrytning.

Åtte profiler skiller seg ut fra de andre, med et mye høyere leirinnhold. Disse er fra alle profilene i Oslo, samt Bærum 9 og Trondheim 10. Oslos kornfordelingskurver fra graver med godt nedbrutte bløtdeler fordelte seg som vist på Figur 21.

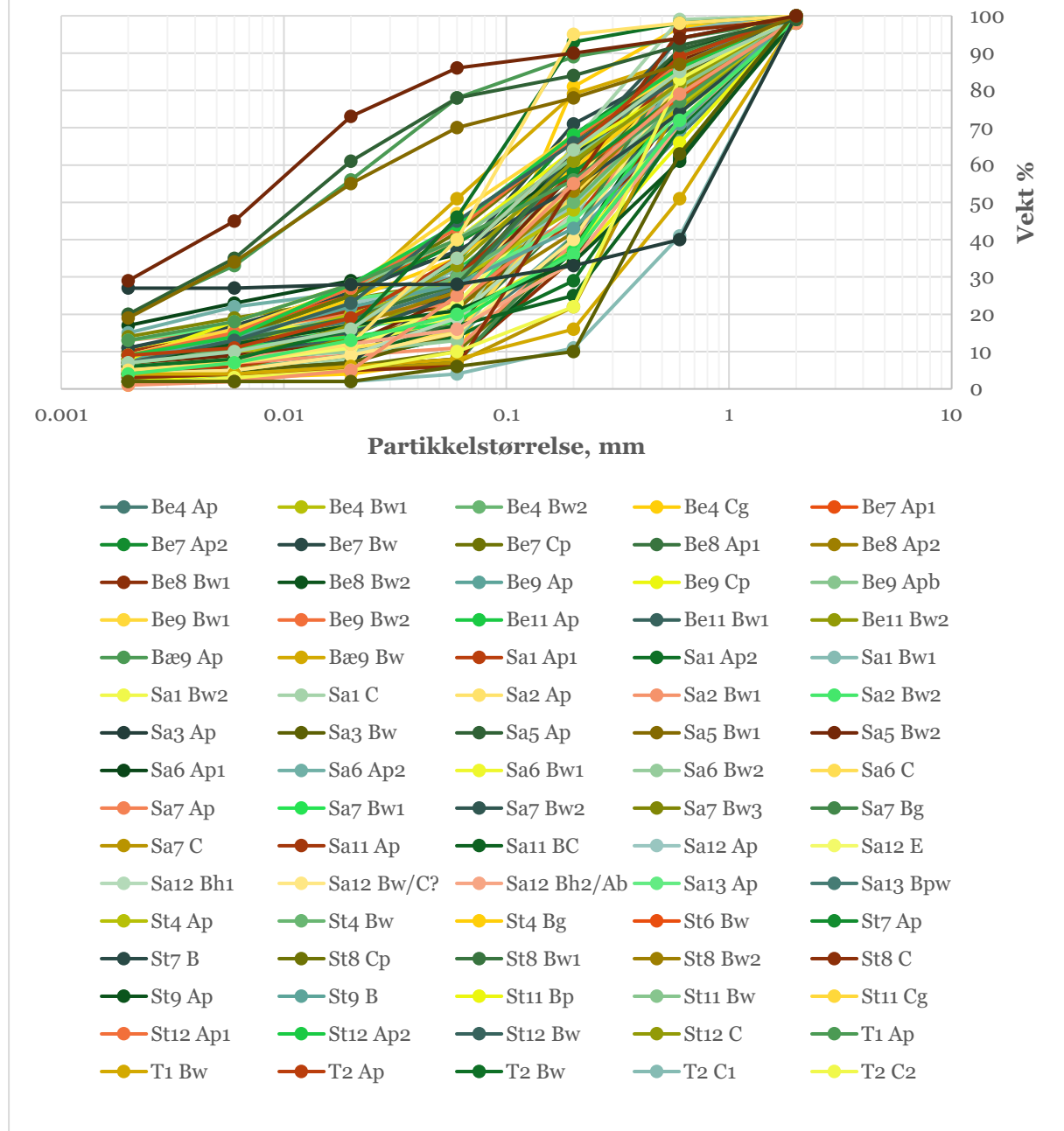


Figur 21: Oslos kornfordelingskurver fra graver med godt nedbrutte bløtdeler. O står for Oslo. Tall representerer grav/profil, og bokstavkoden bak representerer sjikt.

Oslo profil 1, 3, 4, 7, 8 og 9 hadde god nedbrytning av bløtdeler. Da Oslos kornfordelingskurver skilte seg ut fra de andre stedene, ble disse vist i et eget diagram for å få et klarere bilde av forskjellene (Figur 21). Sjiktene O4 Bw, O7 Ap og O1 Ap skiller seg fra disse, og er mer like kurvene fra de andre plassene. De resterende sjiktene har et høyt innhold av leire og silt (69 % til 100 % av total masse), og lite sand (31 % til 0 % av total masse).

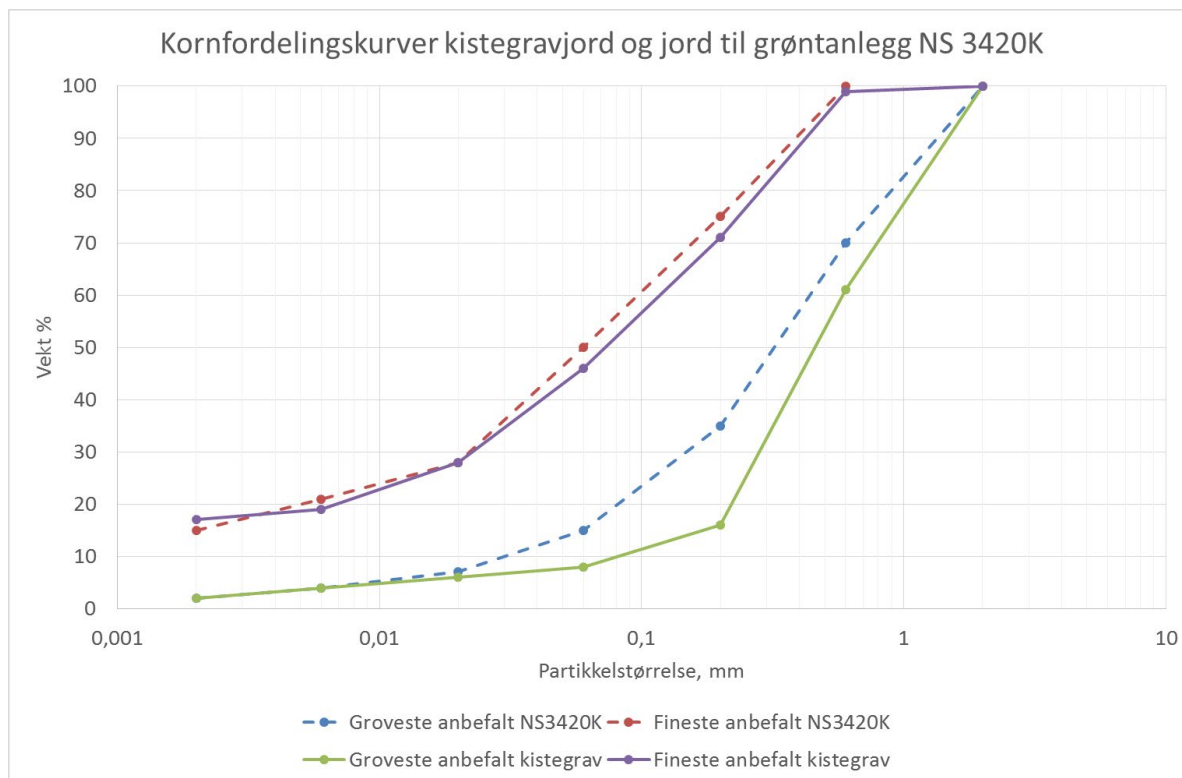
Grav 3, 4, 7 og 8 ble kalket i 2011, mens grav 1 og 9 ikke har vært behandlet med kalk. Kalkingen kan ha påvirket nedbrytningen positivt, men det er vanskelig å vite, i og med at vi ikke kjenner til nedbrytningsgrad i disse gravene før kalkingen fant sted. Dessuten var det tre leirprofiler, Oslo 1, 9 og Trondheim 10, som skilte seg ut med god nedbrytning, selv om disse også var leirprofiler som ikke har blitt kalket. God nedbrytning kan altså også forekomme i leirprofiler, men det er usikkert hvilke andre faktorer som spiller inn for å skape god nedbrytning i disse. Det er dessuten økende forekomst av leirprofiler i graver med moderat til dårlig nedbrytning (se under: Moderat nedbrytning av bløtdeler og Dårlig nedbrytning av bløtdeler), som tyder på at god nedbrytning i slike sjikt inntreffer sjeldnere.

Kornstørrelsesfordeling god nedbrytning alle utenom Oslo



Figur 22: Kornfordelingskurver for alle sjikt med god nedbrytning, ekskludert Oslo. Kommuneene er representert med bokstavkode: Bergen (Be), Bærum (Bæ), Oslo (O), Sandnes (Sa), Stavanger (St) og Trondheim (T). Tall representerer grav/profil, og bokstavkoden bak representerer sjikt.

Når Oslo, Vestre Gravlund, som domineres av leirjord, tas ut av diagrammet, er det bare Trondheim profil 10 og Bærum profil 9, sjikt Ap som skiller seg ut fra de andre kornfordelingskurvene (Figur 22). De andre kurvene fra graver med god nedbrytning er konsentrert i et intervall der sand dominerer teksturen.



Figur 23: Teoretisk maks og min for kornfordelingskurver, basert på grensene for høyeste ansamling av kornfordelinger i Figur 20 og Figur 22, i forhold til angitte anbefalinger for tekstur av anleggsjord i NS 3420K (Standard Norge 2022).

Tabell 9: Kornfordeling i idealintervall for tekstur.

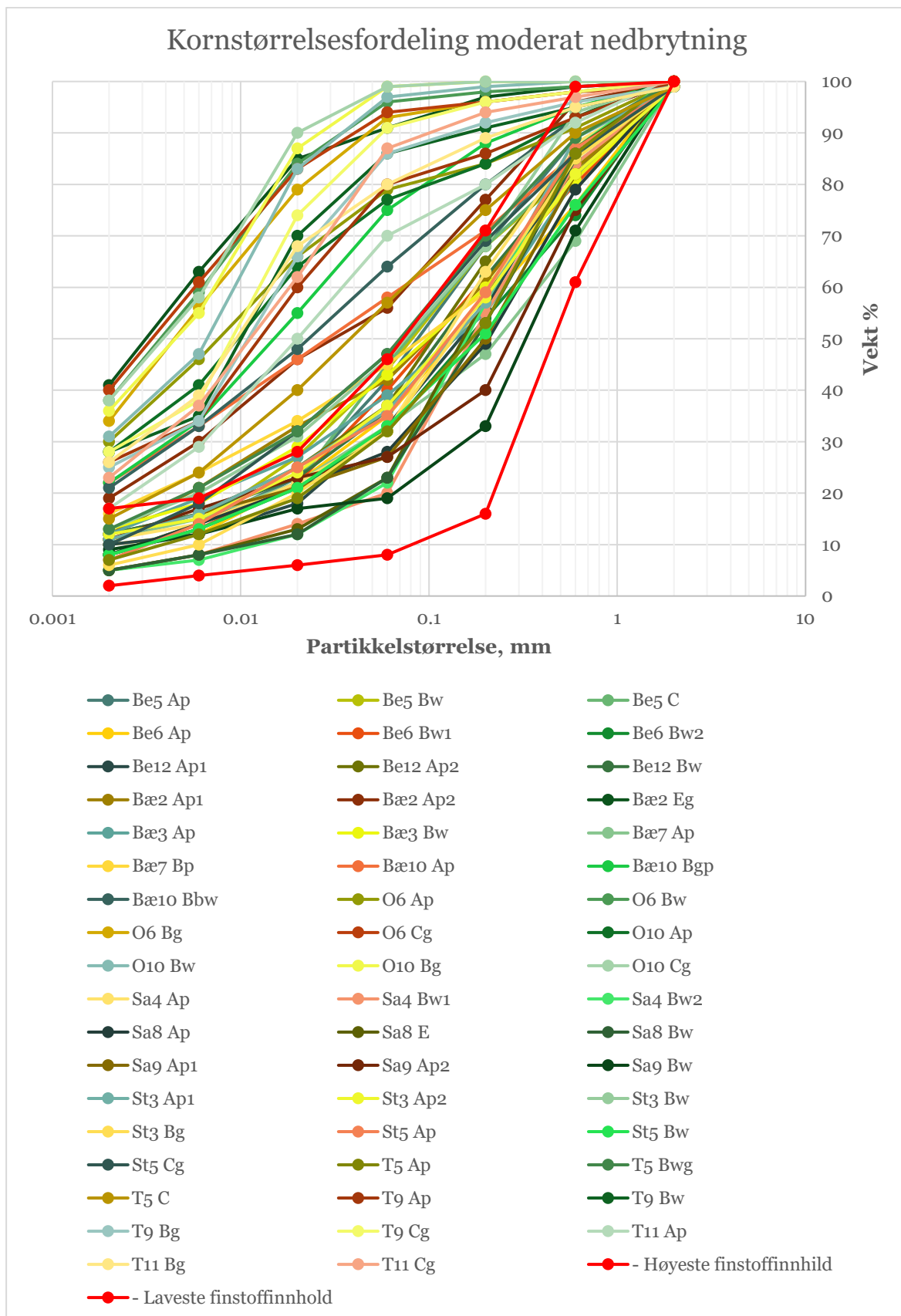
	Leire		Silt		Sand			Jordart
Kornstørrelse	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	-
Høyeste finstoffinnhold	17	19	28	46	71	99	100	Lettleire
Laveste finstoffinnhold	2	4	6	8	16	61	100	Grovsand
Fineste anbefalt NS3420K	15	21	28	50	75	100		Lettleire
Groveste anbefalt NS3420K	2	4	4	15	35	70	100	Grovsand

Ut ifra den høyeste ansamlingen av kornfordelingskurver, er det laget en teoretisk maks og min for tekstur til kistegravjord (Figur 23, Tabell 9). I jordartsammenheng tilsvarer disse en lettleire (med sandinnhold på minst 54%) og en grovsand (der fordelingen av sand er 8 % fin sand, 45 % middels sand og 39 % grov sand). Lettleire defineres som masse der minst 50 % av massene er sand, opptil 75 %. Lettleire defineres også med et leirinnhold på 10 til 25 %. Når det gjelder anbefalingen om finstoffinnhold, er det stor grad av sammenfall med anbefalt finstoffinnhold i anleggsjord i henhold til NS 3420K. Ettersom det er stor grad av sammenfall i tilrådingene om finstoff i anleggsjord i henhold til NS 3420K og kistegravjord i vår undersøkelse, kan det være grunn til å ta utgangspunkt i avgrensningen som er gjort i NS 3420K. Når det gjelder avgrensningen i forhold til grovt materiale, viser våre undersøkelser av kistegravene i sand ofte gir meget gode nedbrytningsforhold. Derfor vil en kunne oppnå god funksjon med kistegravjord som mellom sand og til dels som grovsand (Figur 23).

5.3.2 Moderat nedbrytning av bløtdeler

Også en moderat nedbrytning av bløtdeler viste en tendens til ansamling av kornfordelingskurver innenfor det samme området som ved god nedbrytning, innenfor den teoretisk gode teksturfordelingen vist ved røde kurver (Figur 24).

Ti graver hadde sandjordsprofiler, derav seks var klassifisert som moderat dårlig (nivå 4) og de resterende fire gravene var klassifisert som moderat god (nivå 3). Seks graver hadde leire/siltjordsprofiler, derav tre var klassifisert som moderat god (nivå 3) og tre var klassifisert som moderat dårlig (nivå 4). En grav hadde en blanding, med sand øverst og silt i det nederste sjiktet, og var klassifisert som moderat dårlig (nivå 4).

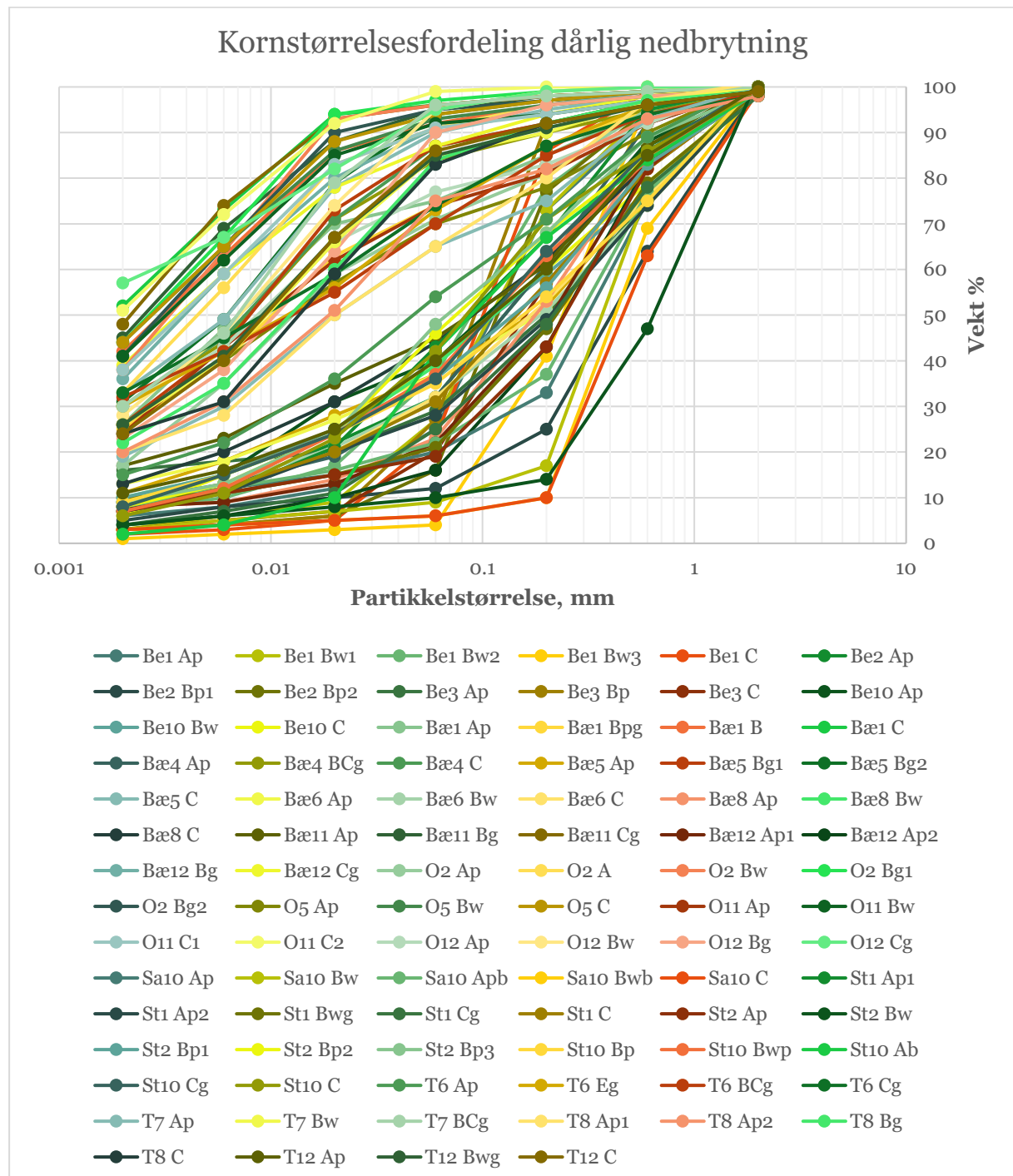


Figur 24: kornfordelingskurver fra graver med moderat nedbrutte bløtdeler. Kommuneene er representert med bokstavkode: Bergen (Be), Bærum (Bæ), Oslo (O), Sandnes (Sa), Stavanger (St) og Trondheim (T). Tall representerer grav/profil, og bokstavkoden bak representerer sjikt.

5.3.3 Dårlig nedbrytning av bløtdeler

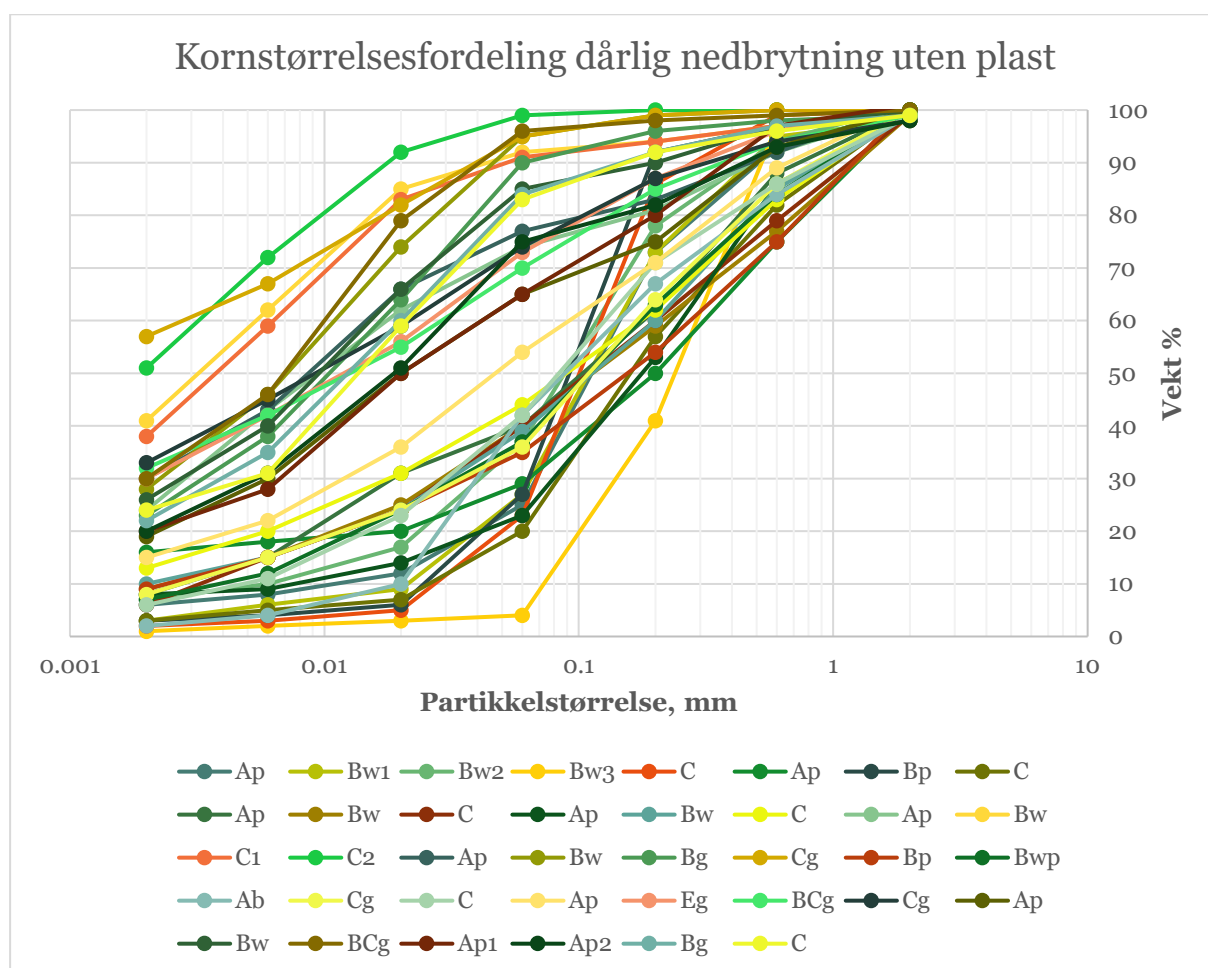
Dårlig nedbrytning, kornfordelingskurver.

Fra grafen (Figur 25) er det vanskelig å se noe mønster eller tendenser i resultatene. Kurvene er omtrent likt fordelt mellom leirrik og leirfattig tekstur.



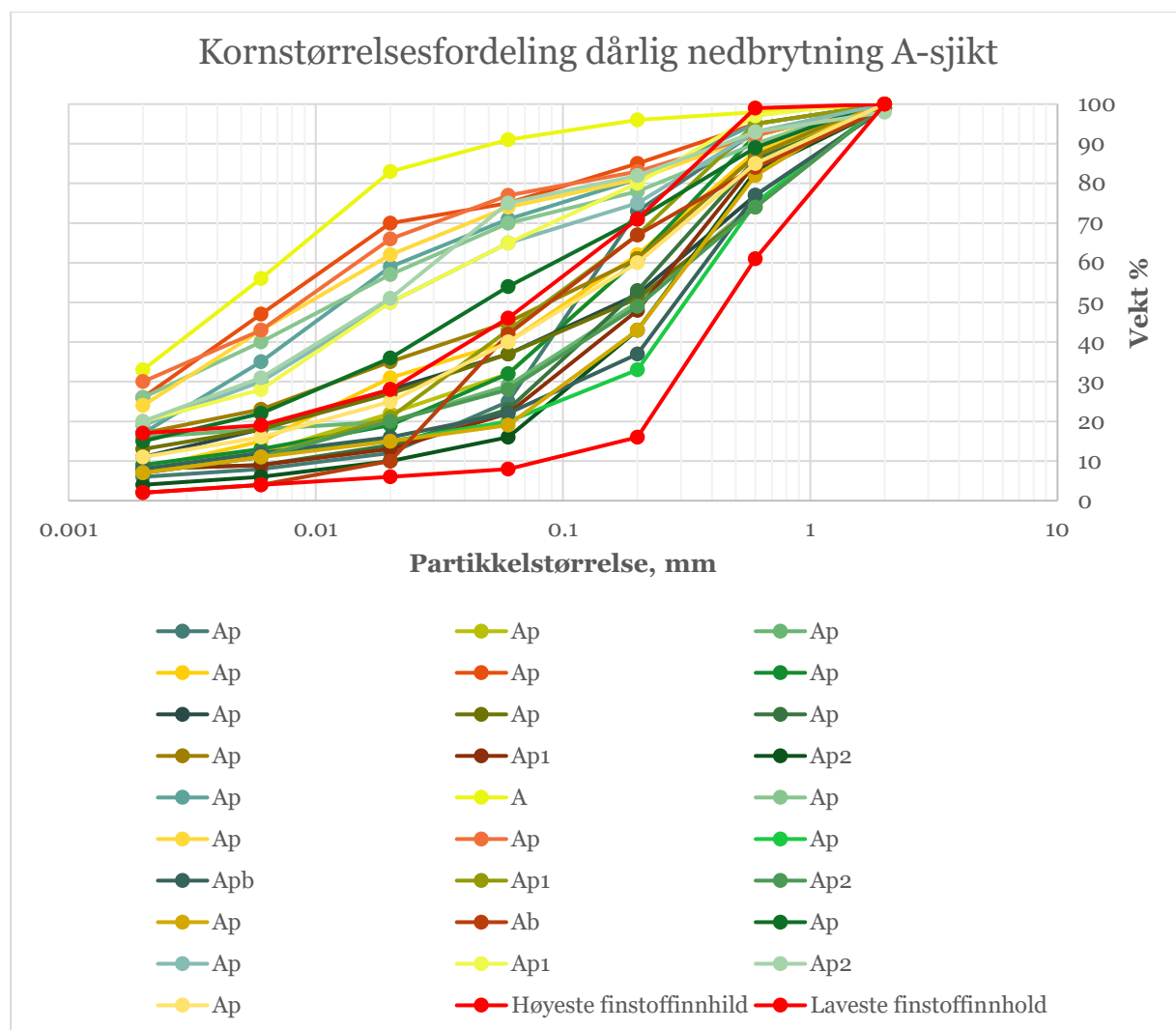
Figur 25: Kornstørrelsesfordeling fra graver med dårlig nedbrytning. Kommunene er representert med bokstavkode: Bergen (Be), Bærum (Bæ), Oslo (O), Sandnes (Sa), Stavanger (St) og Trondheim (T). Tall representerer grav/profil, og bokstavkoden bak representerer sjikt.

Da plast ofte ble funnet sammen med bløtvev, og i teorien ser ut til å bevare bløtvevet, ble graver med plast sortert ut fra diagrammet over, for å se om dette var årsaken til dårlig nedbrytning i graver med tekstur i idealintervallet. Det var vanskelig å se noe mønster i dataene (Figur 26), da kurvene fortsatt var jevnt fordelt mellom leirrik og leirfattig tekstur. Plast har selvfølgelig blitt brukt i kiste og som svøp rundt lik uavhengig av jordens tekstur, men om plast hadde vært hovedårsaken til dårlig nedbrytning i lettleire/sandjordsprofiler, skulle man forventet at de fleste eller alle kurvene innenfor idealt tekstur-intervallet forsvant fra grafen når man fjernet alle gravene som har hatt plast. Da sjiktene likevel fordeler seg ca. likt mellom leirfattig og leirrik tekstur, viser dette at graver kan ha dårlig nedbrytning av bløtdeler selv med leirfattige, sandrike profiler (den teoretiske idealteksturen for kistegravjord), og at andre underliggende faktorer (som hverken er tekstur eller plast) har påvirket nedbrytning i disse gravene.



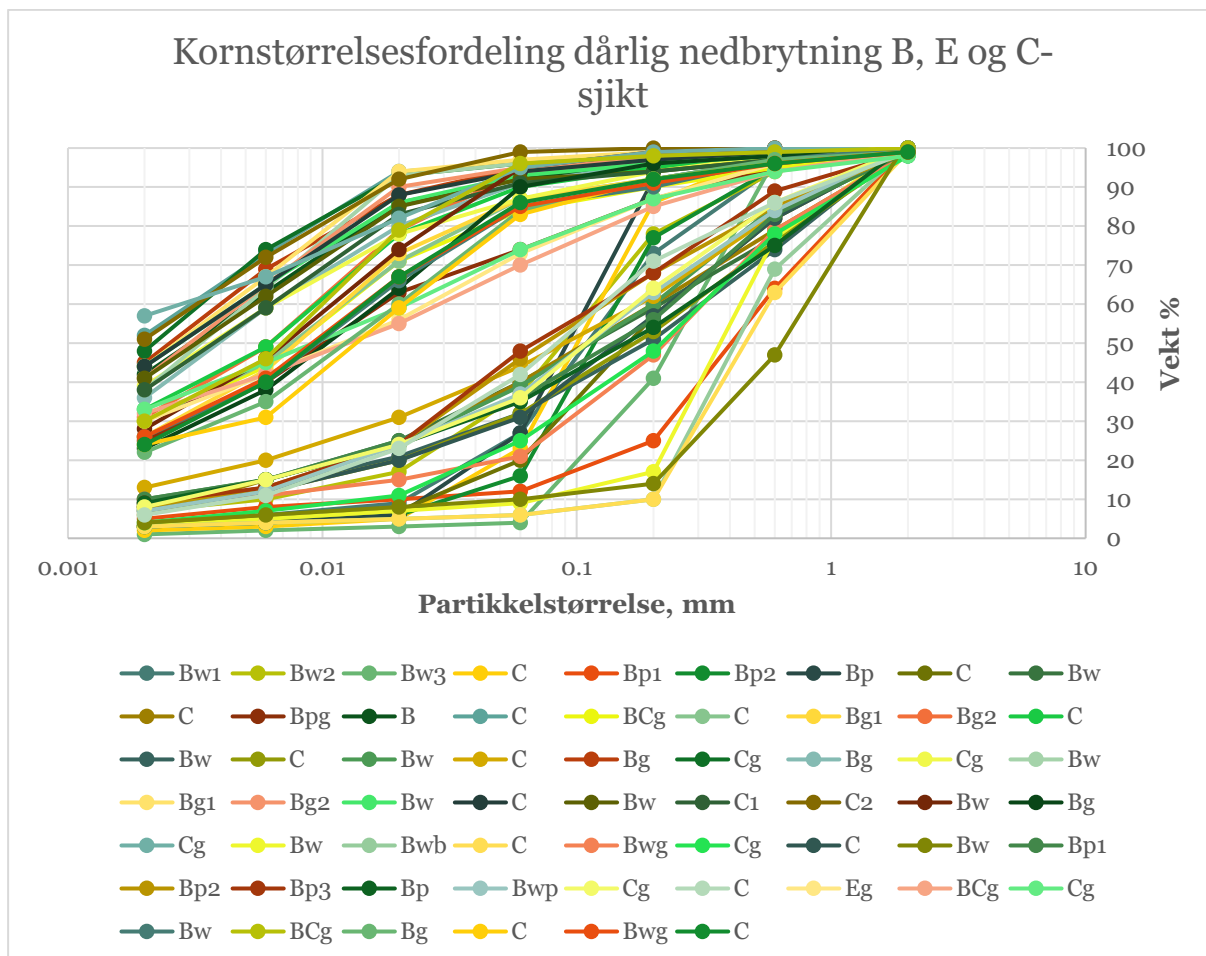
Figur 26: Dårlig nedbrytning, sjikt fra plastgraver sortert ut. Bokstavkoden representerer sjikt.

Siden A-sjikt blir påvirket av grøntanlegget og ofte har en annen sammensetning enn underliggende sjikt, ble disse separert fra resten. A-sjikt ble plassert i eget diagram, og B, C og E-sjikt ble plassert i et eget diagram (Figur 27).



Figur 27: A-sjikt separat, med idealkurveintervall. Bokstavkoden representerer sjikt.

Som forventet, var de fleste av A-sjiktene sandrike i tekstur, og fulgte sådan «idealintervallet» for tekstur funnet fra sjiktcurver med god nedbrytning.



Figur 28: Kornfordelingskurver på undergrunnsjord med dårlig nedbrytning. Bokstavkoden representerer sjikt.

Selv når B, C og E-sjikt separeres ut, er det ingen klar tendens det ene eller den andre veien for sjiktene med dårlig nedbrytning (Figur 28). Bergen 1, 2, 3, 10, Bærum 6, 8 Sandnes 10, Stavanger 1, 2, 10 er sandjordsprofiler av sand, siltig sand og sandig leittleire, til sammen ti graver.

Bærum 1, 4, 5, 11, 12, Oslo 2, 5, 11, 12, Trondheim 6, 7, 8, 12 er leirjordsprofiler med 22% til 57% leire, fra en rik leittleire til stiv leire, til sammen 13 graver.

Det er en svak antydning til at leirjordsprofiler (13 graver) dominerer over sandjordsprofiler (10 graver) med dårlig nedbrytning. Dårlig nedbrytning skjer i både sandjord og leirjord, med og uten plast. Det er derfor andre, underliggende faktorer som fører til dårlig nedbrytning i disse profilene, ikke bare teksturen alene.

5.4 Statistikk

5.4.1 Samvariasjon responsvariabler

Samvariasjon av variabler ble undersøkt med Kendall's tau korrelasjonsanalyse.

5.4.1.1 Kartlegging

Tabell 10: Samvariasjon mellom responsvariabler i kartleggingsdatasettet. Øvre halvdel til høyre: p-verdi, 0.05 signifikans, markert med bold skrift. Nedre halvdel til venstre: tau-verdi.

<i>Variabel</i>	<i>Kiste</i>	<i>Skjelett</i>	<i>Bløtdeler</i>	<i>Tekstiler</i>
<i>Kiste</i>	x	<0.0001	0.0324	0.0021
<i>Skjelett</i>	0.5192	X	0.0046	0.0009
<i>Bløtdeler</i>	0.2433	0.3282	x	<0.0001
<i>Tekstiler</i>	0.3392	0.3740	0.5496	x

5.4.1.2 Feltarbeid

Tabell 11: Samvariasjon mellom responsvariabler i feltdatasettet. Øvre halvdel til høyre: p-verdi, 0.05 signifikans, markert med bold skrift. Nedre halvdel til venstre: tau-verdi.

<i>Variabel</i>	<i>Kiste</i>	<i>Skjelett</i>	<i>Bløtdeler</i>	<i>Tekstiler</i>
<i>Kiste</i>	x	0.0333	<0.0001	0.0123
<i>Skjelett</i>	0.2050	X	<0.0001	<0.0001
<i>Bløtdeler</i>	0.3796	0.4276	x	<0.0001
<i>Tekstiler</i>	0.2376	0.4453	0.5327	x

Alle kombinasjoner av responsvariabler samkorrelerte med en signifikant p-verdi (Tabell 10, Tabell 11). Kiste og skjelett samt bløtdeler og tekstiler hadde særlig sterk samvariasjon i kartleggingsdatasettet. I feltdatasettet var det svært sterk samvariasjon mellom de fleste kombinasjonene av variabler. Kiste hadde en svakere korrelasjon med skjelett og tekstiler. Samvariasjon mellom responsvariabler øker sjansen for at de samme forklaringsvariablene forklarer variasjonen i flere responsvariabler. Sjansen for at de samme forklaringsvariablene skal bli signifikante øker med en sterk korrelering mellom responsvariablene.

5.4.2 Samvariasjon forklaringsvariabler

Samvariasjon av forklaringsvariabler ble undersøkt med Kendall's tau korrelasjonsanalyse (Tabell 12, Tabell 13). En signifikant p-verdi viser at verdiene er korrelert. En sterk korrelasjon betyr at man kan forvente at dersom en av forklaringsvariablene er signifikant for en responsvariabel, så vil flere være det.

Dersom for eksempel nedbør og gravdybde har en sterk korrelasjon, så vil man kunne forvente at begge er signifikante for nedbrytning dersom en av dem er det.

Kun kontinuerlige variabler ble testet, og kun de som hadde signifikante p-verdier i tester mot responsvariabler.

5.4.2.1 Kartleggingsundersøkelse

Tabell 12: Samvariasjon mellom kontinuerlige forklaringsvariabler i kartleggingsdatasettet. Øvre halvdel til høyre: p-verdi, 0.05 signifikans, markert med bold. Nedre halvdel til venstre: tau-verdi.

Variabel	Nedbor	Alder	Ant_Tidl_Grav	Gravdybde	Sjiktgrense_Under	Tekstur_Opp	Tekstur_Ned
Nedbor	x	0.1224	0.0002	<0.0001	0.0118	0.0022	0.0977
Alder	0.1890	X	0.2854	0.1501	0.4410	0.0703	0.2186
Ant_Tidl_Grav	0.4440	-0.1378	x	0.0054	0.0267	0.7896	0.3805
Gravdybde	0.4986	0.1680	0.3295	x	0.0401	0.0087	0.1142
Sjiktgrense_Under	0.2864	0.0976	0.2758	0.2306	x	0.4249	0.9757
Tekstur_Opp	0.3720	0.2308	0.0350	0.3151	0.1014	x	<0.0001
Tekstur_Ned	0.2056	0.1602	-0.1174	0.1932	-0.0041	0.7925	x

Nedbør korrelerte med antall tidligere graver, gravdybde, sjiktgrense undergrunnsjord og tekstur øvre sjikt, uten at det er lett å finne en opplagt sammenheng. Det var en svært sterk korrelasjon mellom tekstur i nedre og øvre sjikt, som kan forventes.

5.4.2.2 Feltarbeid

Tabell 13: Samvariasjon mellom kontinuerlige forklaringsvariabler i feltdatasettet. Øvre halvdel til høyre: p-verdi, 0.05 signifikans. Nedre halvdel til venstre: tau-verdi.

Variabel	Alde	Temperatur	Nedbor	Sjiktgrense_Under	Jordsmønns_Hovedtype	Ro	BF	BF	Ro	Pl	Kl	Te	Te	Le	Sil	Sa	Gr	Ca	K	M	K
Alder	x	0.0428	0.4963	0.0739	0.0830	0.4165	0.2028	0.5098	0.5804	0.6857	0.6748	0.8597	0.2215	0.4148	0.492	0.657	0.744	0.6197	0.844	0.962	0.702
Temperatur	0.168	x	0.6175	0.0572	0.8845	0.0153	0.703	0.0268	0.3210	0.0434	0.0346	0.2987	0.3975	0.0548	0.2926	0.0792	0.9236	0.4613	0.7340	0.2394	0.1993
Nedbor	-0.0567	-0.002	x	0.0857	0.0052	0.385	0.0001	0.9069	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0037
Sjiktgrense_Under	0.180	--0.1813	-	x	0.0006	0.216	0.0025	0.168	0.168	0.400	0.325	0.133	0.779	0.837	0.508	0.455	0.0249	0.185	0.5317	0.201	0.0385
Jordsmønns_Hovedtype	0.1671	-0.0142	-0.0274	0.3779	x	0.0203	<0.0001	0.0040	0.0028	0.0195	0.0127	0.0761	0.0458	0.1023	0.0084	0.0084	<0.0001	0.0992	0.0217	0.095	0.0645

Tabell 13: Fortsettelse.

Varia bel	Al de r	Te m pe ra tu r	Ne db or	Sji kt gr en se _U nd er	Jo rd sm on _H ov ed ty pe	Ro td yb de	BF ar ge _T e	BF ar ge _V ue	Ro bu st ite t	Pl as tis ite t	Kl eb rig he t	Te ks tu r_ He l	Te ks tu r_ Ne d	Le ire _P	Sil t_ P	Sa nd _P	Gr us _P	Ca _A L	K_ AL	M g_ AL	K_ Sy rel øs eli g										
Rotdyb de	0.0 66 9	0.1 92 0	0.0 72 7	- 0.1 16 8	- 0.2 24 8	X	0. 01 41	0.3 37 8	0.0 75 0	0.2 39 7	0.1 67 6	0.2 50 6	0.3 49 9	0.5 43 7	0.1 63 1	0.3 09 1	0.6 66 5	0.4 391 2	0.1 76 4	0.8 97 7	0.1 20 7										
BFarge _Tone	0.1 14 6	0.0 28 5	- 0.3 50 8	0.3 80 7	0.5 88 3	- 0.2 221	x 0. 01 04	0.3 37 8	0.0 75 0	0.2 39 7	0.1 67 6	0.2 50 6	0.3 49 9	0.5 43 7	0.1 63 1	0.3 09 1	0.6 66 5	0.4 391 2	0.1 76 4	0.8 97 7	0.1 20 7										
BFarge _Value	0.0 48 1	- 0.2 04 9	- 0.0 10 9	0.1 60 6	0.3 09 8	- 0.0 87 9	0.2 571	x 0. 01 73	0.5 96 1	0.4 78 0	0.6 21 9	0.6 83 5	0.6 41 0	0.4 06 3	0.9 75 8	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5	0.1 84 7											
Robust het	- 0.0 49 9	0.0 90 8	- 0.4 59 3	0.1 42 7	0.3 177 6	- 0.1 61 6	0.5 07 3	0.2 39 7	x 0. 00 1	0.1 07 00 1	0.2 39 7	0.3 07 00 1	0.4 09 00 1	0.5 07 00 1	0.6 21 00 1	0.6 83 00 1	0.6 41 00 1	0.4 06 00 1	0.9 75 00 1	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5								
Plastisi tet	0.0 36 6	0.1 85 2	- 0.4 36 4	0.0 87 4	0.2 48 9	- 0.1 06 9	0.5 21 9	- 0.0 53 4	0.5 86 8	x 0. 00 1	0.1 21 00 1	0.2 09 00 1	0.3 09 00 1	0.4 09 00 1	0.5 09 00 1	0.6 09 00 1	0.7 09 00 1	0.8 09 00 1	0.9 09 00 1	0. 00 00 1	0.1 09 00 1	0.2 09 00 1	0.3 09 00 1	0.4 09 00 1							
Klebrig het	0.0 38 0	0.1 93 7	- 0.4 14 2	0.1 02 1	0.2 65 4	- 0.1 25 4	0.5 33 2	- 0.7 152 2	0.5 65 2	0.9 87 5	x 0. 00 1	0.1 07 00 1	0.2 39 00 1	0.3 07 00 1	0.4 09 00 1	0.5 07 00 1	0.6 21 00 1	0.6 83 00 1	0.4 06 00 1	0.9 75 00 1	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5							
Tekstur _Hel	- 0.0 161	- 0.0 96	- 0.6 01	0.1 57 2	0.1 90 5	- 0.1 05 3	0.3 45 2	- 0.0 50 1	0.4 74 3	0.4 86 9	0.4 92 8	x 0. 00 1	0.1 07 00 1	0.2 39 00 1	0.3 07 00 1	0.4 09 00 1	0.5 07 00 1	0.6 21 00 1	0.6 83 00 1	0.4 06 00 1	0.9 75 00 1	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5						
Tekstur _Ned	- 0.1 09 1	0.0 76 5	- 0.5 71 0	0.0 28 7	0.2 09 6	- 0.0 83 8	0.4 08 4	- 0.0 40 5	0.6 32 5	0.6 611 60	0.6 45 9	x 0. 00 1	0.1 07 00 1	0.2 39 00 1	0.3 07 00 1	0.4 09 00 1	0.5 07 00 1	0.6 21 00 1	0.6 83 00 1	0.4 06 00 1	0.9 75 00 1	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5						
Leire_ P	- 0.0 67 2	0.1 60 1	- 0.5 62 7	0.0 193 0	0.1 58 50	- 0.0 50 2	0.3 76 9	- 0.0 42 7	0.6 04 1	0.6 89 5	0.6 751 24	0.6 24 8	0.8 44 3	x 0. 00 1	0.1 07 00 1	0.2 39 00 1	0.3 07 00 1	0.4 09 00 1	0.5 07 00 1	0.6 21 00 1	0.6 83 00 1	0.4 06 00 1	0.9 75 00 1	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5				
Silt_ P	- 0.0 55 7	0.0 87 0	- 0.4 29 5	0.0 61 9	0.2 52 6	- 0.1 143	0.5 121 4	0.0 75 0	0.5 97 0	0.6 48 3	0.6 42 7	0.4 88 2	0.7 01 2	0.6 22 6	x 0. 00 1	0.1 07 00 1	0.2 39 00 1	0.3 07 00 1	0.4 09 00 1	0.5 07 00 1	0.6 21 00 1	0.6 83 00 1	0.4 06 00 1	0.9 75 00 1	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5			
Sand_ P	0.0 36 1	- 0.1 44 8	0.5 155 8	- 0.0 69 7	0.2 02 52	0.0 83 22	- 0.4 81 5	- 0.0 02 8	- 0.6 167 5	- 0.7 176	- 0.7 09	- 0.5 30	- 0.7 99	- 0.7 751	- 0.8 48	x 0. 00 1	0.1 07 00 1	0.2 39 00 1	0.3 07 00 1	0.4 09 00 1	0.5 07 00 1	0.6 21 00 1	0.6 83 00 1	0.4 06 00 1	0.9 75 00 1	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5		
Grus_ P	- 0.0 26 9	- 0.0 08 0	0.4 82 6	- 0.2 12 8	- 0.3 83 3	0.0 35 8	- 0.5 01 6	- 0.2 81 3	- 0.5 05 7	- 0.4 20 4	- 0.4 02 6	- 0.4 10 0	- 0.5 112 8	- 0.4 49 8	- 0.4 211 4	0.4 93 4	x 0. 00 1	0.1 07 00 1	0.2 39 00 1	0.3 07 00 1	0.4 09 00 1	0.5 07 00 1	0.6 21 00 1	0.6 83 00 1	0.4 06 00 1	0.9 75 00 1	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5	
Ca_ AL	- 0.0 40 4	- 0.0 60 8	- 0.3 98 1	0.1 23 7	0.1 57 9	- 0.0 63 3	0.3 14 0	- 0.1 21 2	0.3 73 6	0.4 59 4	0.4 67 0	0.5 49 9	0.5 36 4	0.4 93 9	0.4 123 69	- 0.4 78 4	- 0.3 03 2	x 0. 00 1	0.1 07 00 1	0.2 39 00 1	0.3 07 00 1	0.4 09 00 1	0.5 07 00 1	0.6 21 00 1	0.6 83 00 1	0.4 06 00 1	0.9 75 00 1	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5
K_ AL	- 0.0 16 0	0.0 28 2	- 0.6 14 6	0.0 58 7	0.2 20 8	- 0.1 112	0.3 99 5	- 0.0 13 9	0.5 86 8	0.5 95 5	0.5 74 2	0.6 23 8	0.7 20 6	0.6 98 8	0.6 65 8	- 0.7 193	- 0.4 59 7	x 0. 00 1	0.1 07 00 1	0.2 39 00 1	0.3 07 00 1	0.4 09 00 1	0.5 07 00 1	0.6 21 00 1	0.6 83 00 1	0.4 06 00 1	0.9 75 00 1	0. 00 22	0.1 81 3	0.8 83 2	0.7 57 5

Tabell 13: Fortsettelse.

Variable	Alde	Temperatur	Nettoprodukt	Sjiktgrensen	Jorddybde	Rotdybde	Basisfarge	Basisfarge	Robusthet	Plastisitet	Klebrighet	Te	Te	Leire	Silt	Sand	Grus	Ca	K	Mg	K
	r	pe	or	gr	sm	yb	ge	ge	st	tis	eb	ks	ks	ire	t	nd	us	_A	AL	g	Syreløselig
Mg_AL	-	-	-	0.1	0.1	-	0.2	-	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.4	-	-	0.6	0.6	x	<0
	0.0	0.0	0.5	19	591	0.0	62	0.0	43	73	66	18	63	50	64	0.5	0.4	80	16		.0
	03	96	09	0		10	8	27	7	9	3	4	2	6	1	017	40	7	9		00
	9	9	4			5		9								4					1
K_Syre	0.0	-	-	0.1	0.1	-	0.4	0.1	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	-	-	0.4	0.4	0.3	x
løselig	311	0.1	0.2	931	76	0.1	94	20	06	74	79	56	01	76	75	0.4	0.3	174	48	98	
		07	03		9	26	9	2	9	0	3	7	4	3	4	26	05		0	3	
		3	9			9									0	5					

Alder på graven hadde ikke signifikant korrelasjon med noen variabler. Sjiktgrense undergrunnsjord korrelerte bare med fire variabler, og rottybde korrelerte kun med basisfarge tone. Basisfarge tone samkorrelerte med en rekke jordvariabler, mens basisfarge value bare hadde to signifikante p-verdier.

Svært mange jordegenskaper hadde sterk signifikans på $p < 0.0001$, som betyr at disse ofte øker og minker sammen. For eksempel varierer robusthet, plastisitet og klebrighet sammen, slik at en jordmasse ofte er fast, svært plastisk og svært klebrig samtidig. Dette er egenskaper som kjennetegner massiv leirjord. Dersom den ene av disse forklaringsvariablene kommer ut som signifikant for nedbrytning, vil man forvente at de andre også er signifikante.

5.4.3 Kistegravsundersøkelse

5.4.3.1 Kistegravsundersøkelse – Kiste

Tabell 14: Korrelasjonsanalyser av kiste mot forklaringsvariabler i kartleggingsdatasettet. p-verdier som oppfyller Bonferoni-kravet er markert med rødt. Bold er brukt på p-verdier med statistisk signifikans, $p \leq 0.05$, p i 4 desimaler. Negativ signifikans er markert med kursiv, dvs. at jo høyere faktoren blir, jo lavere blir responsvariabel (som betyr en bedre nedbrytning med høyere forklaringsvariabler). Faktorklasser er oppgitt i alfabetisk rekkefølge med medianverdier. Lav medianverdi tilsvarer bedre nedbrytning enn høyere verdier, der 1 er beste nedbrytning.

Variabel	Antall observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier		p-verdi
			M1	M2	
Nedbor	61	-0.3224			0.0029
Ant_Tidl_Grav	55	-0.2708			0.0214
Alder	41	-0.1262			0.2897
Gravtype	61		2.0	2.0	0.8227
Gravdybde	57	-0.2807			0.0086
Grunnvann	60		2.0	2.0	0.6420
Plast	60		4.0	2.0	0.0205
Masse_Utsk	56		1.5	2.0	0.3572
Kalk	59		4.0	2.0	0.0091
Anlegg	59		2.0	2.0	0.1704
Sjiktgrense_Hel	61	0.0316			0.7780
Sjiktgrense_Under	61	-0.0980			0.3881
Dryppzone	61		2.0	2.0	0.2437
Rotdybde	38	-0.0051			0.9684
BFarge_Opp	61	0.0156			0.8856
BFarge_Ned	61	0.1370			0.2049
Flekk_Opp	58		3.0	2.0	0.0068
Flekk_Ned	61		3.0	2.0	0.1269
Mineral_Torv	53		2.0	1.0	0.0907
Sortering_Opp	61		2.0	1.0	0.0142
Sortering_Ned	60		2.0	1.0	0.0066
Tekstur_Opp	50	-0.1686			0.1626
Tekstur_Ned	48	-0.0665			0.5781

Resultater av korrelasjonsanalyse mellom kiste og forklaringsvariabler i kartleggingsdatasettet er presentert i Tabell 14. Av 23 tester ble 8 signifikante. Binomialtest fikk p-value = **9.713e-06**. Bonferoni p-verdi = $0.05/23 = 0.00217 \approx 0.0022$.

Binomtesten viser at testene sammen har statistisk signifikans, at det er sammenhenger mellom forklaringsvariabler og responsvariabler mer enn man kan forvente av tilfeldighetene.

Ingen av de statistisk signifikante forklaringsvariablene var sterke nok til å passere Bonferoni-testen. Det vil si at selv om det er statistisk signifikante sammenhenger i datasettet, er de svake.

Årlig nedbørmengde, gravegenskaper som antall tidligere gravlegginger, gravdybde og plast antydte å påvirke nedbrytning av kiste. Det var en negativ korrelasjon mellom disse variablene og nedbrytning, slik at økt nedbør, økt antall graver og økt gravdybde ble assosiert med bedre nedbrytning.

Kalking hadde en sterkt signifikant p-verdi, der «Ja» hadde en medianverdi på 4 og «nei» hadde en medianverdi på 2. Graver som har vært kalket var dermed oftere assosiert med dårlig nedbrytning (4=moderat dårlig nedbrytning), mens ikke-kalkede graver var assosiert med god nedbrytning (2=god nedbrytning).

Observerte fargeflekker i øvre sjikt kom ut som signifikant, med en korrelasjon mellom observerte fargeflekker og dårligere nedbrytning.

Sortering av masser kom også ut som signifikant, både i øvre del av graven og nedre. I begge tilfeller var det usorterte masser (morene) som assosieres med den beste nedbrytningen.

5.4.3.2 Kistegravsundersøkelse – Skjelett

Tabell 15: Korrelasjonsanalyser av skjelett mot forklaringsvariabler i kartleggingsdatasettet. p-verdier som oppfyller Bonferoni-kravet er markert med rødt. Bold er brukt på p-verdier med statistisk signifikans, $p \leq 0.05$, p i 4 desimaler. Negativ signifikans er markert med kursiv, dvs. at jo høyere faktoren blir, jo lavere blir responsvariabel (som betyr en bedre nedbrytning med høyere forklaringsvariabler). Faktorklasser er oppgitt i alfabetisk rekkefølge, med medianverdier. Lav medianverdi tilsvarer bedre nedbrytning enn høyere verdier, der 1 er beste nedbrytning.

Variabel	Antall observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier		p-verdi
			M1	M2	
Nedbor	61	-0.3765			0.0006
Ant_Tidl_Grav	55	-0.1454			0.2252
Alder	41	-0.1270			0.2945
Gravtype	61		1.5	2	1.0000
Gravdybde	57	-0.3308			0.0023
Grunnvann	60		1	2	0.0860
Plast	60		3	1	0.0052
Masse_Utsk	56		1	1.5	0.4771
Kalk	59		3	1	0.0112
Anlegg	59		2	1	0.0048
Sjiktgrense_Hel	61	-0.1574			0.1672
Sjiktgrense_Under	61	-0.2158			0.0619
Dryppzone	61		2	1	0.1267
Rotdybde	38	0.1401			0.2861
BFarge_Opp	61	0.0217			0.8439
BFarge_Ned	61	0.0439			0.6901
Flekk_Opp	58		2	1	0.0485
Flekk_Ned	61		2	2	0.9806
Mineral_Torv	53		2	1	0.3929
Sortering_Opp	61		2	1	0.0853
Sortering_Ned	60		2	1	0.0575
Tekstur_Opp	50	-0.1773			0.1490
Tekstur_Ned	48	-0.0814			0.5163

Resultater av korrelasjonsanalyse mellom skjelett og forklaringsvariabler i kartleggingsdatasettet er presentert i Tabell 15. Av 23 tester var 6 signifikante. Binomialtest angav en p-verdi = **0.0008**. Bonferoni p-verdi = $0.05/23 = 0.00217 \approx 0.0022$.

Binomtesten viser at testene sammen har statistisk signifikans, at det er sammenhenger mellom forklaringsvariabler og responsvariabler mer enn man kan forvente av tilfeldighetene.

Kun én av de statistisk signifikante forklaringsvariablene var sterke nok til å passere Bonferoni-testen. Det vil si at selv om det er statistisk signifikante sammenhenger i datasettet, er de svake, med unntak av nedbør.

Nedbør, gravdybde, plast, kalk, vanningsanlegg og fargeflekker i øvre sjikt kom alle ut som signifikante for nedbrytning av skjelett. Både plast, vanningsanlegg og tilstedeværelse av fargeflekker var assosiert med dårligere nedbrytning.

Nedbør hadde sterkest signifikant p-verdi, med en negativ korrelasjon mellom nedbrytning og nedbør. Det vil si at økt nedbør var assosiert med bedre nedbrutt skjelett.

5.4.3.3 Kistegravsundersøkelse – Bløtdeler

Tabell 16: Korrelasjonsanalyser av bløtdeler mot forklaringsvariabler i kartleggingsdatasettet. p-verdier som oppfyller Bonferoni-kravet er markert med rødt. Bold er brukt på p-verdier med statistisk signifikans, $p \leq 0.05$, p i 4 desimaler. Negativ signifikans er markert med kursiv, dvs. at jo høyere faktoren blir, jo lavere blir responsvariabel (som betyr en bedre nedbrytning med høyere forklaringsvariabler). Faktorklasser er oppgitt i alfabetisk rekkefølge, med medianverdier. Lav medianverdi tilsvarer bedre nedbrytning enn høyere verdier, der 1 er beste nedbrytning.

Variabel	Antall observasjoner <i>r</i> (<i>n</i>)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier**		p-verdi*
			M1	M2	
Nedbor	61	-0.1879			0.0990
Ant_Tidl_Grav	55	0.0151			0.9028
Alder	41	-0.1537			0.2209
Gravtype	61		1	1	0.1877
Gravdybde	57	-0.1338			0.2344
Grunnvann	60		1	1	0.7024
Plast	60		1	1	0.5186
Masse_Utsk	56		1	1	0.3237
Kalk	59		1	1	0.3077
Anlegg	59		1.5	1	0.0099
Sjiktgrense_Hel	61	-0.0358			0.7612
Sjiktgrense_Under	61	0.0731			0.5411
Dryppsoner	61		1.5	1	0.0223
Rotdybde	38	0.2171			0.1091
BFarge_Opp	61	0.0981			0.3896
BFarge_Ned	61	0.1338			0.2397
Flekk_Opp	58		2	1	0.0003
Flekk_Ned	61		2	1	0.0217
Mineral_Torv	53		1	1	0.0745
Sortering_Opp	61		1	1	0.4861
Sortering_Ned	60		1	1	0.3739
Tekstur_Opp	50	-0.3684			0.0038
Tekstur_Ned	48	-0.3535			0.0065

Resultater av korrelasjonsanalyse mellom bløtdeler og forklaringsvariabler i kartleggingsdatasettet er presentert i Tabell 16. Av 23 tester ble 6 signifikante. Binomialtest: p-verdi = **0.0008** Bonferoni p-verdi = $0.05/23 = 0.00217 \approx 0.0022$.

Binomtesten viser at testene sammen har statistisk signifikans, at det er sammenhenger mellom forklaringsvariabler og responsvariabler mer enn man kan forvente av tilfeldighetene.

Kun én av de statistisk signifikante forklaringsvariablene var sterk nok til å passere Bonferoni-testen. Det vil si at selv om det er statistisk signifikante sammenhenger i datasettet, er de svake, med unntak av observerte fargeflekker i øvre sjikt.

For nedbrytning av bløtdeler var det dryppsoner, vanningsanlegg, observerte fargeflekker i øvre og nedre del av grav samt tekstur i øvre og nedre del av grav som kom ut som signifikante.

Dryppsoner har en svak signifikans, der graver innenfor dryppsoner har en svakt dårligere nedbrytning. Graver innenfor dryppsoner hadde en median på 1.5, altså mellom svært god og god nedbrytning, mens graver utenfor dryppsoner hadde en median på 1. Vanningsanlegg hadde en noe sterkere signifikans, men fortsatt bare en forskjell i median på 1.5 mot 1. Flekker øverst i graven hadde en sterk statistisk signifikans, som tyder på at der fargeflekkene opptrådte også i øvre del av grav, var nedbrytning i graven dårligere. Tekstur hadde en signifikans, både i øvre og nedre del av graven. Høyere verdier av tekstur (sand) korrelerte med bedre nedbrytning.

5.4.3.4 Kistegravsundersøkelse – Tekstil

Tabell 17: Korrelasjonsanalyser av tekstil mot forklaringsvariabler i kartleggingsdatasettet. p-verdier som oppfyller Bonferoni-kravet er markert med rødt. Bold er brukt på p-verdier med statistisk signifikans, $p \leq 0.05$, p i 4 desimaler. Negativ signifikans er markert med kursiv, dvs. at jo høyere faktoren blir, jo lavere blir responsvariabel (som betyr en bedre nedbrytning med høyere forklaringsvariabler). Faktorklasser er oppgitt i alfabetisk rekkefølge, med medianverdier. Lav medianverdi tilsvarer bedre nedbrytning enn høyere verdier, der 1 er beste nedbrytning.

Variabel	Antall observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier**		p-verdi*
			M1	M2	
Nedbor	61	-0.4345			<0.0001
Ant_Tidl_Grav	55	-0.1629			0.1751
Alder	41	-0.3183			0.0090
Gravtype	61		1.5	1	0.8233
Gravdybde	57	-0.3223			0.0031
Grunnvann	60		1	1	0.4438
Plast	60		1	1	0.8158
Masse_Utsk	56		1	1	0.5697
Kalk	59		1	1	0.3468
Anlegg	59		4	1	0.0001
Sjiktgrense_Hel	61	-0.0874			0.4442
Sjiktgrense_Under	61	-0.2739			0.0180
Dryppsoner	61		1.5	1	0.8588
Rotdybde	38	0.0890			0.5012
BFarge_Opp	61	-0.0055			0.9601
BFarge_Ned	61	0.1075			0.3296
Flekk_Opp	58		3	1	0.0942
Flekk_Ned	61		2	1	0.4365
Mineral_Torv	53		2	1	0.0089
Sortering_Opp	61		2	1	0.0493
Sortering_Ned	60		2	1	0.0344
Tekstur_Opp	50	-0.3660			0.0030
Tekstur_Ned	48	-0.2432			0.0533

Resultater av korrelasjonsanalyse mellom tekstil og forklaringsvariabler i kartleggingsdatasettet er presentert i Tabell 17. Av 23 tester ble 9 signifikante. Binomialtest: p-verdi = **8.395e-07**. Bonferoni p-verdi = $0.05/23 = 0.00217 \approx 0.0022$.

Binomtesten viser at testene sammen har statistisk signifikans, at det er sammenhenger mellom forklaringsvariabler og responsvariabler mer enn man kan forvente av tilfeldighetene.

To av de statistisk signifikante forklaringsvariablene var sterke nok til å passere Bonferoni-testen. Bare nedbør og vanningsanlegg har sterke signifikante sammenhenger med nedbrytning av tekstil.

Nedbørsmengde hadde en svært sterk signifikant effekt på nedbrytning av tekstiler, med en negativ korrelasjon som tyder på bedre nedbrutte tekstiler der det var mer nedbør. I tillegg kom gravens alder, gravdybde, vanningsanlegg, sjiktgrenser i undergrunnsmasser, mineral vs. torv, sortering av masser i øvre og nedre del av grav samt tekstur i øvre del av grav ut som signifikante.

Vanningsanlegg hadde en sterk signifikans, der vanning av grøntanlegget var sterkt korrelert med dårlig nedbrytning (med en median på 4, moderat dårlig).

En gruppe med faktorer relatert til tekstur (mineral vs. torv, sortering av masser i øvre og nedre del av grav, tekstur i øvre del av grav) kom alle ut som signifikante. Selv om de hver for seg har en svak signifikans, styrkes dette resultatet av at 4/5 teksturfaktorer ble signifikante.

5.4.4 Feltdata

5.4.4.1 Feltdata – Kiste

Tabell 18: Korrelasjonsanalyser av kiste mot forklaringsvariabler i feltdatasettet. p-verdier som oppfyller Bonferoni-kravet er markert med rødt. Bold er brukt på p-verdier med statistisk signifikans, $p \leq 0.05$, p i 4 desimaler. Negativ signifikans er markert med kursiv, dvs. at jo høyere faktoren blir, jo lavere blir responsvariabel (som betyr en bedre nedbrytning med høyere forklaringsvariabler). Faktorklasser er oppgitt i alfabetisk rekkefølge, med medianverdier. Medianverdier for variabel «Gravplass» er presentert i Tabell 19. Lav medianverdi tilsvarer bedre nedbrytning enn høyere verdier, der 1 er beste nedbrytning.

Variabel	Ant. observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier							p-verdi
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
Kommune	73		2	2.5	2	4	4.5	6	0.2793	
Temperatur	73	- 0.1407							0.1142	
Nedbor	73	0.0465							0.6029	
Plass*	73								0.0778	
Alder	73	- 0.0787							0.3705	
Kistedybde	73	-0.1132							0.2051	
Plast	73		4	4					0.8295	
Kalk	73		2	4					0.1403	
Ant_Sjikt	73	0.0866							0.3677	
Sjiktgrense_Topp	73	- 0.0295							0.7781	
Sjiktgrense_Under	73	0.0652							0.5184	
Jordsmonns_Hovedtype	73	0.2255							0.0293	
Jordsmonns_Subtype	42		2	5.5	1	3.5	5	1	2	0.0593
Rotdybde	73	- 0.2422							0.0061	
Grove_Rotter	73		4	4					0.3458	
Grove_Rotter_UnderA	73		2	5					0.0214	
Grove_Rotter_UnderA_UL	73		3	4					0.0832	
BFarge_Tone	73	0.3155							0.0012	
BFarge_Value	73	0.3043							0.0019	
BFarge_Chroma	73	0.0908							0.3509	
Flekk_Obs	73		4	2					0.0066	
Flekk_Start	55	0.0595							0.5702	
Robusthet	73	0.3111							0.0013	
Plastisitet	73	0.1624							0.0941	
Klebrighet	73	0.1722							0.0759	
Fuktighet	73	0.0291							0.7643	
Kompakt	73		4	3					0.2919	

Tabell 18: Fortsettelse.

Variabel	Ant. observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier							p-verdi
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
Struktur	73		4	4						0.9709
Struktur_Alle	73	0.0140								0.8859
Struktur_MassivLeire	73		4.5	3						0.1437
Struktur_Leire	34	0.1951								0.1843
Struktur_Sand	39	- 0.1774								0.1834
Tekstur_Hel	73	- 0.0294								0.7639
Tekstur_Ned	73	0.0401								0.6749
Leire_P	73	0.0591								0.5024
Silt_P	73	0.1860								0.0334
Sand_P	73	- 0.1280								0.1424
Grus_P	73	-0.1377								0.1201
pH	73	- 0.0453								0.6073
Ca_AL	73	0.0192								0.8258
K_AL	73	0.1222								0.1632
Mg_AL	73	0.0635								0.4664
Na_AL	73	-0.1191								0.1739
P_AL	73	- 0.0716								0.4114
K_Syreløselig	73	0.2503								0.0041
Volum_vekt	73	- 0.0218								0.8122
Glødetap	73	- 0.0660								0.4513

Resultater av korrelasjonsanalyse mellom kiste og forklaringsvariabler i feltdatasettet er presentert i Tabell 18. Av 47 tester var 9 signifikante. Dette gir en Binomialtest: p-value = **0.0005**. Bonferoni p-verdi = $0.05/47 = 0.00109 \approx 0.0011$.

Binomtesten viser at testene sammen hadde statistisk signifikans, at det var sammenhenger mellom forklaringsvariabler og responsvariabler mer enn man kan forvente av tilfeldighetene.

Ingen av de statistisk signifikante forklaringsvariablene var sterke nok til å passere Bonferoni-testen. Det vil si at selv om det var statistisk signifikante sammenhenger i datasettet, var de svake.

Jordsmonns-hovedtype, robusthet, prosent silt og syreløselig kalium kom ut som signifikant.

To tester for røtters effekt, rotdybde og forekomst av grove røtter under A-sjiktet, kom ut som signifikante. Siden det er to forklaringsvariabler, står de litt sterkere enn én alene.

Flere verdier for farge kom ut som signifikante: Basisfarge tone og value, samt fargeflekker observert. Hver for seg var disse signifikant svake, men sto litt sterkere sammen i å vise at farge på jorden korrelerte med nedbrytning.

Tabell 19: Medianverdier for variabel «Gravplass», med gravplassene som klasser, kiste.

<i>Plass</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>M8</i>	<i>M9</i>	<i>M10</i>	<i>M11</i>	<i>M12</i>	<i>M13</i>	<i>M14</i>	<i>M15</i>	<i>M16</i>	<i>M17</i>	<i>M18</i>	<i>M19</i>	<i>M20</i>	<i>M21</i>	<i>M22</i>
<i>Median</i>	2	4	6	6	3	2	6	3	6	2.5	1	3.5	3.5	4	2	3	3.5	5	6	2	1	2
<i>Gravplass</i>	2	5	3	2	2	5	6	4	5	4	1	2	2	2	1	2	2	3	2	2	4	12

M1-M22: Åsane, Bryn, Eiganes, Fana, Gand, Haslum, Havstein, Høyland, Hundvåg, Lagård, Loddefjord, Sandnes nye gravlund, Mjeldheim, Møllendal, Øvstun, Riska, Solheim, Soma, Stavne, Tanum, Tilfredshet, Vestre Gravlund.

5.4.4.2 Feltdata – Skjelett

Tabell 20: Korrelasjonsanalyser av skjelett mot forklaringsvariabler i feltdatasettet. p-verdier som oppfyller Bonferoni-kravet er markert med rødt. Bold er brukt på p-verdier med statistisk signifikans, $p \leq 0.05$, p i 4 desimaler. Negativ signifikans er markert med kursiv, dvs. at jo høyere faktoren blir, jo lavere blir responsvariabel (som betyr en bedre nedbrytning med høyere forklaringsvariabler). Faktorklasser er oppgitt i alfabetisk rekkefølge, med medianverdier. Medianverdier for variabel «Gravplass» er presentert i Tabell 21. Lav medianverdi tilsvarer bedre nedbrytning enn høyere verdier, der 1 er beste nedbrytning.

Variabel	Antall observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier							p-verdi
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
Kommune	73		3.5	6	3.5	3	6	6	0.0879	
Temperatur	73	- 0.1929							0.0341	
Nedbor	73	0.0569							0.5331	
Plass	73		*	*	*	*	*	*	0.0160	
Alder	73	- 0.2406							0.0074	
Kistedybde	73	- 0.1237							0.1755	
Plast	73		5.5	5					0.3992	
Kalk	73		3	6					0.0752	
Ant_Sjikt	73	- 0.1277							0.1937	
Sjiktgrense_Topp	73	- 0.0601							0.5744	
Sjiktgrense_Under	73	0.0439							0.6704	
Jordsmonns_Hovedtype	73	0.1814							0.0862	
Jordsmonns_Subtype	42		6	4	6	4	6	2	2	0.3121
Rotdybde	73	- 0.1362							0.1313	
Grove_Rotter	73		5	5					0.8838	
Grove_Rotter_UnderA	73		4.5	5					0.9295	
Grove_Rotter_UnderA_UL	73		6	5					0.6298	
BFarge_Tone	73	0.0959							0.3312	
BFarge_Value	73	- 0.1097							0.2730	
BFarge_Chroma	73	0.0081							0.9352	
Flekk_Obs	73		5	4.5					0.8753	
Flekk_Start	55	- 0.0572							0.5906	
Robusthet	73	- 0.0037							0.9701	
Plastisitet	73	0.0571							0.5650	
Klebrighet	73	0.0707							0.4756	
Fuktighet	73	0.0901							0.3633	

Tabell 20: Fortsettelse.

Variabel	Antall observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier							p-verdi
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
Kompakt	73		5	6						0.6163
Struktur	73		5.5	5						0.4436
Struktur_Alle	73	- 0.0382								0.7009
Struktur_MassivLeire	73		5	5						0.8608
Struktur_Leire	34	- 0.1423								0.3394
Struktur_Sand	39	0.0186								0.8922
Tekstur_Hel	73	0.0097								0.9227
Tekstur_Ned	73	0.0864								0.3768
Leire_P	73	0.0358								0.6910
Silt_P	73	0.0468								0.6001
Sand_P	73	- 0.0336								0.7064
Grus_P	73	- 0.0301								0.7362
pH	73	- 0.0046								0.9594
Ca-AL	73	0.0259								0.7717
K-AL	73	- 0.0100								0.9108
Mg-AL	73	- 0.0412								0.6433
Na-AL	73	-0.1531								0.0871
P-AL	73	0.0948								0.2875
K_Syreløselig	73	- 0.0190								0.8307
Volum_vekt	73	- 0.0445								0.6355
Glødetap	73	0.0879								0.3258

Resultater av korrelasjonsanalyse mellom skjelett og forklaringsvariabler i felddatasettet er presentert i Tabell 20. Av 47 tester er 3 signifikante. Binomialtest: p-verdi = 0.5093. Bonferoni p-verdi = $0.05/47 = 0.00109 \approx 0.0011$.

Binomialtesten viser at testene sammen ikke hadde statistisk signifikans, at antallet signifikante variabler var det man kan forvente av tilfeldighetene når man gjør statistiske analyser.

Ingen av de statistisk signifikante forklaringsvariablene var sterke nok til å passere Bonferoni-testen. Det vil si at selv om skulle være statistisk signifikante sammenhenger i datasettet, er de svake.

Selv om alder, temperatur og plass kom ut som signifikante variabler, tilsier binomialtesten og Bonferoni-testen at disse resultatene ikke burde brukes i tolkning av årsakssammenhenger. Ifølge

disse resultatene var det ingen av de testede variablene som hadde en signifikans for nedbrytning av skjelett.

Tabell 21: Medianverdier for variabel «Gravplass», med gravplassene som klasser, skjelett.

<i>Plass</i>	<i>M</i> <i>1</i>	<i>M</i> <i>2</i>	<i>M</i> <i>3</i>	<i>M</i> <i>4</i>	<i>M</i> <i>5</i>	<i>M</i> <i>6</i>	<i>M</i> <i>7</i>	<i>M</i> <i>8</i>	<i>M</i> <i>9</i>	<i>M1</i> <i>0</i>	<i>M1</i> <i>1</i>	<i>M1</i> <i>2</i>	<i>M1</i> <i>3</i>	<i>M1</i> <i>4</i>	<i>M1</i> <i>5</i>	<i>M1</i> <i>6</i>	<i>M1</i> <i>7</i>	<i>M1</i> <i>8</i>	<i>M1</i> <i>9</i>	<i>M2</i> <i>0</i>	<i>M2</i> <i>1</i>	<i>M2</i> <i>2</i>
<i>Media</i> <i>n</i>	2	5	6	6	1,5	6	6	6	2	6	1	2	5	3,5	2	6	3,5	2	6	6	4,5	3,5
<i>Grave</i> <i>r</i>	2	5	3	2	2	5	6	4	5	4	1	2	2	2	1	2	2	3	2	2	4	12

M1-M22: Åsane, Bryn, Eiganes, Fana, Gand, Haslum, Havstein, Høyland, Hundvåg, Lagård, Loddefjord, Sandnes nye gravlund, Mjeldheim, Møllendal, Øvsttun, Riska, Solheim, Soma, Stavne, Tanum, Tilfredshet, Vestre Gravlund.

5.4.4.3 Feltdata – Bløtdeler

Tabell 22: Korrelasjonsanalyser av bløtdeler mot forklaringsvariabler i feltdatasettet. p-verdier som oppfyller Bonferoni-kravet er markert med rødt. Bold er brukt på p-verdier med statistisk signifikans, $p \leq 0.05$, p i 4 desimaler. Negativ signifikans er markert med kursiv, dvs. at jo høyere faktoren blir, jo lavere blir responsvariabel (som betyr en bedre nedbrytning med høyere forklaringsvariabler). Faktorklasser er oppgitt i alfabetisk rekkefølge, med medianverdier. Medianverdier for variabel «Gravplass» er presentert i Tabell 23. Lav medianverdi tilsvarer bedre nedbrytning enn høyere verdier, der 1 er beste nedbrytning.

Variabel	Antall observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier							p-verdi
			M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	
Kommune	73		3	5.5	2.5	2	1	3.5	0.0808	
Temperatur	73	-0.1771							0.0474	
Nedbor	73	- 0.0615							0.4927	
Plass	73								0.0256	
Alder	73	-0.1787							0.0426	
Kistedybde	73	0.0142							0.8744	
Plast	73		4	2					0.0906	
Kalk	73		2	3					0.4502	
Ant_Sjikt	73	0.1117							0.2469	
Sjiktgrense_Topp	73	0.0487							0.6424	
Sjiktgrense_Under	73	0.2765							0.0063	
Jordsmonns_Hovedtype	73	0.2690							0.0095	
Jordsmonns_Subtype	42		4	3.5	2	2.5	2	3	1	0.3126
Rotdybde	73	-0.1636							0.0648	
Grove_Rotter	73		3	3					0.7880	
Grove_Rotter_UnderA	73		2	4					0.0494	
Grove_Rotter_UnderA_UL	73		2	3					0.1001	
BFarge_Tone	73	0.3661							0.0002	
BFarge_Value	73	0.0287							0.7701	
BFarge_Chroma	73	-0.1366							0.1618	
Flekk_Obs	73		3	1					0.0042	
Flekk_Start	55	- 0.0775							0.4544	
Robusthet	73	0.3047							0.0017	
Plastisitet	73	0.2976							0.0022	

Tabell 22: Fortsettelse.

Variabel	Antall observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier							p-verdi
			M	M	M	M	M	M	M	
			1	2	3	4	5	6	7	
<i>Klebrighet</i>	73	0.3178								0.0011
<i>Fuktighet</i>	73	0.1824								0.0606
<i>Kompakt</i>	73		3	2						0.1120
<i>Struktur</i>	73		3	3						0.9756
<i>Struktur_Alle</i>	73	0.0368								0.7067
<i>Struktur_MassivLeire</i>	73		4, 5	2						0.0090
<i>Struktur_Leire</i>	34	0.0449								0.7563
<i>Struktur_Sand</i>	39	-								0.4681
		0.0990								
<i>Tekstur_Hel</i>	73	0.2161								0.0276
<i>Tekstur_Ned</i>	73	0.2797								0.0035
<i>Leire_P</i>	73	0.2633								0.0029
<i>Silt_P</i>	73	0.2522								0.0040
<i>Sand_P</i>	73	-								0.0026
		0.2633								
<i>Grus_P</i>	73	-0.2191								0.0137
<i>pH</i>	73	0.1688								0.0562
<i>Ca-AL</i>	73	0.2988								0.0276
<i>K-AL</i>	73	0.2357								0.0035
<i>Mg-AL</i>	73	0.2375								0.0029
<i>Na-AL</i>	73	0.1015								0.2478
<i>P-AL</i>	73	0.1419								0.1047
<i>K_Syreløselig</i>	73	0.3332								0.0001
<i>Volum_vekt</i>	73	0.0376								0.6832
<i>Glødetap</i>	73	0.1356								0.1225

Resultater av korrelasjonsanalyse mellom bløtdeler og forklaringsvariabler i feltdatasettet er presentert i Tabell 22. Av 47 tester var 22 signifikante. Eksakt binomialtest: $p < \mathbf{0.0001}$. Bonferoni p-verdi = $0.05/47 = 0.00109 \approx 0.0011$.

Binomialtesten viser at testene sammen hadde statistisk signifikans, at det var sammenhenger mellom forklaringsvariabler og responsvariabler mer enn man kan forvente av tilfeldighetene.

Tre av de statistisk signifikante forklaringsvariablene var sterke nok til å passere Bonferoni-testen. Resten av de signifikante variablene var svake, og var i seg selv ikke nok til å kunne si noe om nedbrytning

Basisfarge – tone, klebrighet i nederste sjikt og syreløselig kalium i nederste sjikt hadde sterke signifikante sammenhenger med nedbrytning av bløtdeler, nok til å passere Bonferoni-testen. Siden disse resultatene også passerte binomialtesten, var disse sterke indikatorer på reell korrelasjon, også alene.

En gruppe med variabler på struktur og håndterbarhet, nemlig robusthet, plastisitet og klebrighet, kom ut som signifikante. I tillegg ble strukturutvikling vs. massiv leire signifikant.

En gruppe på seks variabler for tekstur ble signifikante.

En gruppe på næringsstoffer ble signifikante.

Tabell 23: Medianverdier for variabel «Gravplass», med gravplassene som klasser, bløtdeler.

Plass	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22
Median	1	6	1	6	1.5	5	5	4	3	1	1	1	4	3.5	3	2	3.5	2	5	3.5	1	2.5
Gravert	2	5	3	2	2	5	6	4	5	4	1	2	2	2	1	2	2	3	2	2	4	12

M1-M22: Åsane, Bryn, Eiganes, Fana, Gand, Haslum, Havstein, Høyland, Hundvåg, Lagård, Loddefjord, Sandnes nye gravlund, Mjeldheim, Møllendal, Øvstun, Riska, Solheim, Soma, Stavne, Tanum, Tilfredshet, Vestre Gravlund.

5.4.4.4 Feltdata – Tekstil

Tabell 24: Korrelasjonsanalyser av tekstil mot forklaringsvariabler i feltdatasettet. p-verdier som oppfyller Bonferoni-kravet er markert med rødt. Bold er brukt på p-verdier med statistisk signifikans, $p \leq 0.05$, p i 4 desimaler. Negativ signifikans er markert med kursiv, dvs. at jo høyere faktoren blir, jo lavere blir responsvariabel (som betyr en bedre nedbrytning med høyere forklaringsvariabler). Faktorklasser er oppgitt i alfabetisk rekkefølge, med medianverdier. Medianverdier for variabel «Gravplass» er presentert i Tabell 25. Lav medianverdi tilsvarer bedre nedbrytning enn høyere verdier, der 1 er beste nedbrytning.

Variabel	Antall observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier							p-verdi
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
Kommune	73		2	5	1	2	2	4	0.2403	
Temperatur	73	- 0.2507							0.0052	
Nedbor	73	0.0574							0.5236	
Plass	73								0.0382	
Alder	73	- 0.3441							0.0001	
Kistedybde	73	- 0.0485							0.5896	
Plast	73		3	2					0.5043	
Kalk	73		1	3					0.0450	
Ant_Sjikt	73	- 0.0115							0.9056	
Sjiktgrense_Topp	73	0.0452							0.6680	
Sjiktgrense_Under	73	0.1823							0.0727	
Jordsmonns_Hovedtype	73	0.1113							0.2850	
Jordsmonns_Subtype	42		4	2.5	5	2.5	2	3	1.5	0.7732
Rotdybde	73	- 0.1189							0.1812	
Grove_Rotter	73		3	2.5					0.7312	
Grove_Rotter_UnderA	73		2	3					0.4444	
Grove_Rotter_UnderA_UL	73		3	2.5					0.8810	
BFarge_Tone	73	0.1535							0.1142	
BFarge_Value	73	0.0613							0.5339	
BFarge_Chroma	73	- 0.0077							0.9372	
Flekk_Obs	73		3	1.5					0.3250	
Flekk_Start	55	0.0047							0.9641	
Robusthet	73	0.1527							0.1174	
Plastisitet	73	0.0756							0.4392	
Klebrighet	73	0.0941							0.3352	
Fuktighet	73	0.0970							0.3199	
Kompakt	73		3	2.5					0.6075	
Struktur	73		4	2					0.2780	

Tabell 24: Fortsettelse.

Variabel	Antall observasjoner (n)	Tau-verdi	Kruskal Wallis og Wilcoxon median for kategorier							p-verdi
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
Struktur_Alle	73	- 0.0232								0.8122
Struktur_MassivLeire	73		3.5	2						0.2834
Struktur_Leire	34	- 0.0736								0.6134
Struktur_Sand	39	- 0.0290								0.8310
Tekstur_Hel	73	0.1032								0.2944
Tekstur_Ned	73	0.1056								0.1557
Leire_P	73	0.0810								0.3616
Silt_P	73	0.0720								0.4135
Sand_P	73	- 0.0775								0.3779
Grus_P	73	-0.1101								0.2169
pH	73	- 0.0499								0.5740
Ca-AL	73	0.0792								0.3673
K-AL	73	0.0692								0.4332
Mg-AL	73	0.0674								0.4423
Na-AL	73	- 0.0626								0.4780
P-AL	73	0.0886								0.3126
K_Syreløselig	73	0.1353								0.1231
Volum_vekt	73	- 0.0078								0.9324
Glødetap	73	0.0165								0.8515

Resultater av korrelasjonsanalyse mellom tekstil og forklaringsvariabler i feltdatasettet er presentert i Tabell 24. Av 47 tester var fire signifikante. Binomialtest: p-value = 0.2971. Bonferoni p-verdi = $0.05/47 = 0.00109 \approx 0.0011$.

Binomialtesten viste at testene sammen ikke har statistisk signifikans, at antallet signifikante variabler var det man kan forvente av tilfeldighetene når man gjør statistiske analyser.

Kun én av de statistisk signifikante forklaringsvariablene var sterk nok til å passere Bonferoni-testen. Det vil si at selv om det skulle være statistisk signifikante sammenhenger i datasettet, var de svake, med unntak av gravens alder.

Av resultatene for tekstiler, siden de ikke passerte binomialtesten, er det lite rom for tolkning eller å trekke konklusjoner fra de signifikante verdiene. Den eneste p-verdien som kan argumenteres å brukes, er den for alder, da denne var sterk nok til å passere Bonferoni-testen. Utenom alder, som har en negativ korrelasjon (økt gravalder korrelerer med bedre nedbrytning) er det ingen av de testede variablene som ser ut til å påvirke nedbrytning av tekstiler.

Tabell 25: Medianverdier for variabel «Gravplass», med gravplassene som klasser, tekstil.

Plass	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22
Median	2	2	4	6	1.5	5	5.5	3.5	1	3.5	1	1	4	1.5	2	3.5	3	5	6	5.5	1	1
Gravert	2	5	3	2	2	5	6	4	5	4	1	2	2	2	1	2	2	3	2	2	4	12

M1-M22: Åsane, Bryn, Eiganes, Fana, Gand, Haslum, Havstein, Høyland, Hundvåg, Lagård, Loddefjord, Sandnes nye gravlund, Mjeldheim, Møllendal, Øvstun, Riska, Solheim, Soma, Stavne, Tanum, Tilfredshet, Vestre Gravlund.

5.4.5 Samletabell for alle tester

Tabell 26: Samletabell for alle signifikante tester i begge datasett. Kursive verdier viser en negativ sammenheng mellom forklaringsvariabel og responsvariabel, slik at en økning i forklaringsvariabel gir en senkning i responsvariabel. Røde verdier viser signifikante verdier etter Bonferoni p-verdi. Medianer, satt opp i alfabetisk rekkefølge (M1 = «Ja», M2 = «Nei»), er vist for p-verdi med sterkest signifikans. Lav medianverdi tilsvarer bedre nedbrytning enn høyere verdier, der 1 er beste nedbrytning.

<i>Forklaringsvariabel</i>	<i>Kiste</i>	<i>Skjelett</i>	<i>Bløtdeler</i>	<i>Tekstil</i>	<i>M1***</i>	<i>M2***</i>	<i>Datasett</i>
<i>Plass</i>	0.0778	0.0160	0.0256	0.0382	-	-	Felt
<i>Temperatur</i>	<i>0.1142</i>	0.0341	0.0474	0.0052			Felt
<i>Nedbor</i>	0.0029	0.0006	<i>0.0990</i>	<0.0001	-	-	Kartlegging
<i>Alder</i>	<i>0.2897</i>	<i>0.2945</i>	<i>0.2209</i>	0.0090	-	-	Kartlegging
<i>Alder</i>	<i>0.3705</i>	0.0074	0.0426	0.0001	-	-	Felt
<i>Ant_Tidl_Grav</i>	0.0214	<i>0.2252</i>	<i>0.9028</i>	<i>0.1751</i>	-	-	Kartlegging
<i>Gravdybde</i>	0.0086	0.0023	<i>0.2344</i>	0.0031	-	-	Kartlegging
<i>Plast</i>	0.0205	0.0052	<i>0.5186</i>	<i>0.8158</i>	3	1	Kartlegging
<i>Kalk</i>	0.0091	0.0112	<i>0.3077</i>	<i>0.3468</i>	4	2	Kartlegging
<i>Kalk</i>	<i>0.1403</i>	<i>0.0752</i>	<i>0.4502</i>	0.0450	1	3	Felt
<i>Anlegg</i>	<i>0.1704</i>	0.0048	0.0099	0.0001	4	1	Kartlegging
<i>Sjiktgrense_Under</i>	<i>0.3881</i>	<i>0.0619</i>	<i>0.5411</i>	0.0180	-	-	Kartlegging
<i>Sjiktgrense_Under</i>	<i>0.5184</i>	<i>0.6704</i>	0.0063	<i>0.0727</i>	-	-	Felt
<i>Jordsmonns_Hovedtype</i>	0.0293	<i>0.0862</i>	0.0095	<i>0.2850</i>	-	-	Felt
<i>Dryppsoner</i>	<i>0.2437</i>	<i>0.1267</i>	0.0223	<i>0.8588</i>	1.5	1	Kartlegging
<i>Rotdybde</i>	0.0061	<i>0.1313</i>	<i>0.0648</i>	<i>0.1812</i>	-	-	Felt
<i>Grove_Rotter_UnderA</i>	0.0214	<i>0.9295</i>	0.0494	<i>0.4444</i>	2	5	Felt
<i>BFarge_Tone</i>	0.0012	<i>0.3312</i>	0.0002	<i>0.1142</i>	-		Felt
<i>BFarge_Value</i>	0.0019	<i>0.2730</i>	<i>0.7701</i>	<i>0.5339</i>	-		Felt
<i>Flekk_Obs</i>	0.0066	<i>0.8753</i>	0.0042	<i>0.3250</i>	3	1	Felt
<i>Flekk_Opp</i>	0.0068	0.0485	0.0003	<i>0.0942</i>	2	1	Kartlegging
<i>Flekk_ned</i>	<i>0.1269</i>	<i>0.9806</i>	0.0217	<i>0.4365</i>	2	1	Kartlegging
<i>Robusthet</i>	0.0013	<i>0.9701</i>	0.0017	<i>0.1174</i>	-	-	Felt
<i>Plastisitet</i>	<i>0.0941</i>	<i>0.5650</i>	0.0022	<i>0.4392</i>	-	-	Felt
<i>Klebrighet</i>	<i>0.0759</i>	<i>0.4756</i>	0.0011	<i>0.3352</i>	-	-	Felt
<i>Struktur_MassivLeire</i>	<i>0.1437</i>	<i>0.8608</i>	0.0090	<i>0.2834</i>	4.5	2	Felt
<i>Mineral_Torv</i>	<i>0.0907</i>	<i>0.3929</i>	<i>0.0745</i>	0.0089	2	1	Kartlegging
<i>Sortering_Opp</i>	0.0142	<i>0.0853</i>	<i>0.4861</i>	0.0493	2.0	1.0	Kartlegging
<i>Sortering_Ned</i>	0.0066	<i>0.0575</i>	<i>0.3739</i>	0.0344	2.0	1.0	Kartlegging
<i>Tekstur_Opp</i>	<i>0.1626</i>	<i>0.1490</i>	0.0038	0.0030	-	-	Kartlegging
<i>Tekstur_Ned</i>	<i>0.5781</i>	<i>0.5163</i>	0.0065	<i>0.0533</i>	-	-	Kartlegging
<i>Tekstur_Hel</i>	<i>0.7639</i>	<i>0.9227</i>	0.0276	<i>0.2944</i>	-	-	Felt
<i>Tekstur_Ned</i>	<i>0.6749</i>	<i>0.3768</i>	0.0035	<i>0.1557</i>	-	-	Felt
<i>Leire_P</i>	<i>0.5024</i>	<i>0.6910</i>	0.0029	<i>0.3616</i>	-	-	Felt

Tabell 26: Fortsettelse.

<i>Forklaringsvariabel</i>	<i>Kiste</i>	<i>Skjelett</i>	<i>Bløtdeler</i>	<i>Tekstil</i>	<i>M1***</i>	<i>M2***</i>	<i>Datasett</i>
<i>Silt_P</i>	0.0334	0.6001	0.0040	0.4135	-	-	Felt
<i>Sand_P</i>	0.1424	0.7064	0.0026	0.3779	-	-	Felt
<i>Grus_P</i>	0.1201	0.7362	0.0137	0.2169	-	-	Felt
<i>Ca-AL</i>	0.8258	0.7717	0.0276	0.3673	-	-	Felt
<i>K-AL</i>	0.1632	0.9108	0.0035	0.4332	-	-	Felt
<i>Mg-AL</i>	0.4664	0.6433	0.0029	0.4423	-	-	Felt
<i>K_Syreløselig</i>	0.0041	0.8307	0.0001	0.1231	-	-	Felt

En samletabell for alle signifikante resultater av korrelasjonsanalysene mellom responsvariabler og forklaringsvariabler i de to datasettene er presentert i Tabell 26. Positive verdier viser en samkorrelasjon, slik at økning i forklaringsvariabel også gir økning i responsvariabel, dvs. dårlig nedbrytning korreleres med høye verdier i for eksempel syreløselig kalium.

5.4.5.1 Responsvariabler

For nedbrytning av kiste hadde begge datasettene resultater som passerte binomialtesten, og viste at det var signifikante sammenhenger i datasettet. Ingen av de statistisk signifikante forklaringsvariablene var sterke nok til å passere Bonferoni-testen. Ifølge denne testen var alle statistisk signifikante p-verdier så svake at de kan være et resultat av tilfeldigheter, og ikke i seg selv kan brukes til å forklare nedbrytning av kiste. Grupper av signifikante kunne identifiseres, som effekten av røtter, basisfarge, fargeflekker og variabler for tekstur.

For nedbrytning av skjelett var det kun nedbør ved kartleggingsdatasettet som hadde en sterk p-verdi. Dessuten var det bare kartleggingsdatasettet som passerte binomialtesten, og feltdatasettet hadde så få signifikante variabler at de kan ha vært et resultat av tilfeldighetene.

Testene for nedbrytning av bløtdeler passerte binomtesten for begge datasettene, og det var fire variabler som hadde sterk nok signifikans til å passere bonferoni-testen. Disse; basisfarge-tone, flekker i øvre del av profilet, klebrighet og syreløselig kalium, var i seg selv sterke korrelasjoner. I tillegg var det flere grupper av relaterte signifikante variabler: Fargeflekker, håndterbarhet og struktur, tekstur og næringstoffer.

For nedbrytning av tekstiler var det bare kartleggingsdatasettet som passerte binomialtesten, mens feltdatasettet hadde så få signifikante variabler at de kan ha vært et resultat av tilfeldighetene. Derimot hadde begge datasettene variabler sterke nok til å passere bonferoni-testen, til sammen tre. Nedbør hadde en sterk signifikans i det ene datasettet, men ingen signifikans i det andre. Tekstur var en gruppe med signifikante i det ene datasettet, mens teksturvariabler ikke ble signifikante i det andre datasettet. Gravens alder ble signifikant i begge datasett.

5.4.5.2 Kiste med innhold, signifikante over flere responsvariabler

5.4.5.2.1 Lokalitet

Temperatur, nedbør, gravdybde, vanningsanlegg og fargeflekker i øvre del av grav var signifikant for tre av fire variabler i kistegravsundersøkelsene. Disse variablene hadde trolig en effekt på nedbrytning av kiste med innhold.

5.4.5.2.2 Grav og tiltak

5.4.5.2.2.1 Plast og kalk

Plast og kalk var signifikante for kiste og skjelett, men ikke for bløtdeler og tekstiler. Både plast og kalking var assosiert med dårligere nedbrytning av kiste og skjelett i kartleggingsdatasettet. Dette er logisk, siden kiste brytes ned av sopper som trives i noe surt miljø, og skjelett brytes ned kjemisk med syre. Kalking skaper et mer alkalisk miljø, og det gir derfor mening at disse nedbrytningsprosessene påvirkes negativt. Det er derimot interessant at kalking ikke var signifikant for nedbrytning av bløtdeler, til tross for at kalking er et tiltak nettopp for å forbedre nedbrytning av bløtdeler.

5.4.5.2.3 Farge

Variabler relatert til fargeflekker fikk signifikant p-verdi både for kiste, skjelett og bløtdeler, som sammen er en sterk indikator på at dette er en viktig faktor. Observerte fargeflekker fikk signifikant p-verdi for både kiste og bløtdeler. Faktoren for basisfarge – tone, dvs. rød, gul eller grå fargetone, var signifikant for kiste, og hadde en sterkt signifikant verdi for bløtdeler. De to fargevariablene var sammen indikatorer på oksygentilgang, og viste at det fantes sterke sammenhenger.

5.4.5.2.4 Tekstur

Det var svært mange variabler som fikk signifikant p-verdi innen bløtdeler. Noen slike variabler havner innenfor grupper av samme tema. For eksempel var det åtte variabler som kom ut som signifikante innen tekstur. Selv om hver alene hadde en svak signifikans som ikke passerte bonferoni-testen, var de sammen en sterk indikator på betydningen av tekstur på nedbrytning av bløtdeler.

5.4.5.2.5 Struktur

Fire variabler relatert til struktur og massenes egenskaper under håndtering ble signifikante for bløtdeler. Robusthet sier noe om massenes evne til å smuldre, som er en variabel avhengig av jordstruktur og tekstur. Robusthet var signifikant for både kiste og bløtdeler, med positiv tau-verdi. Det vil si at god nedbrytning var korrelert med løs og skjør robusthet, mens dårlig nedbrytning var assosiert med harde/faste masser. Plastisitet og klebrighet har mye å si for håndtering av masser. Klebrighet hadde sterk signifikans og passerte Bonferoni-testen.

5.4.5.2.6 Næringsstoffer

Syreløselig kalium ble signifikant for kiste og bløtdeler, med sterk signifikans for bløtdeler. Økt syreløselig kalium var dermed korrelert med dårlig nedbrytning.

5.4.5.2.7 Kistemateriale – responsvariabel

Det ble ikke tatt prøver av kisterester i dette studiet, men tidligere studier (Weinig, 1958; Weinzierl & Waldmann, 2002) har vist at nedbrytning av kiste påvirkes av kistemateriale, slik at for eksempel eik brytes ned tregere enn furu. Det er derfor muligheter for å forbedre nedbrytning ved å produsere kister som er egnet for formålet.

6 Diskusjon

De statistiske sammenhengene i datasettet representerer samvariasjon, en korrelasjon mellom to variabler. De statistiske resultatene i seg selv sier ingenting om årsakssammenheng. Tidligere studier, empirisk erfaring og feltobservasjoner kan imidlertid brukes til å tolke dataene, og skape hypoteser om sannsynlige årsakssammenhenger.

Årsakssammenhenger kan bevises med eksperimentelle studier, der man lager miljøer med kontroll på alle variabler og ser på hver enkelt variabels effekt på nedbrytning. Det foreligger imidlertid klare etiske dilemmaer med å bruke menneskekropper til slike studier. Eksperimentelle studier på nedbrytning av menneskekropper foregår i USA med et konsept om frivillig deltagelse/donasjon av kropp etter ens død. Ellers er det gjort flere studier på nedbrytning av gris som en substitutt for menneske (for eksempel Forbes et al., 2005a; Forbes et al. 2005b; Schotsmans, 2013; Thew, 2000). Slike studier, med gravlegging av gris i forskjellige, kontrollerte miljøer, kan brukes til å teste hypotesene fra dette korrelasjonsstudiet, om så skulle ønskes i fremtiden. Ellers må man bruke korrelasjon i kombinasjon med empirisk erfaring og tidligere studier til å skape hypoteser om årsakssammenheng. Også dette gir et godt grunnlag for anbefalinger og tiltak.

6.1 Responsvariabler

6.1.1 Kiste

Statistiske undersøkelser viser at det er sammenhenger mellom de variablene det ble testet for, og nedbrytning av kiste. Da datasettene passerte binomialtesten, men ingen av de signifikante var sterke nok til å passere Bonferoni-testen, må man se på grupper av variabler med lik natur for å kunne anta noe om sammenhenger. Det ble identifisert fire grupper av variabler med signifikante på de to datasettene:

- Røtter
- Basisfarge
- Fargeflekker
- Tekstur

Dyptgående røtter og grove røtter ser ut til å virke positivt på nedbrytning av kiste. Basisfarge, i egenskap at hvor mørk eller lys den er, samt fargetone (skala fra rødt til gult til grått), ser ut til å ha en betydning for nedbrytning, der mørkere jordsmonn og rødere fargetoner er assosiert med bedre nedbrytning. Fargeflekker kan også være en indikasjon på dårlig nedbrutt kiste, især når de opptrer i øvre del av profilet. Fargeflekker er en indikasjon på fluktuerende vannstand. Det er en svak tendens til at tekstur korrelerer med nedbrytning av kiste, men da bare tre variabler av elleve ble signifikante, er dette en svært svak indikasjon på det beste.

Røtter, basisfarge og fargeflekker sier alle noe om oksygentilgang og vannets gang i profilet. Det gir derfor mening at disse faktorene skal spille inn på kistens nedbrytning, da især stillestående vann og oksygenmangel kan stoppe nedbrytning.

6.1.2 Skjelett

Test av datasettets styrke viser at det er svært lite vi kan si om skjelettets nedbrytning basert på variablene. Skjelettet brytes i utgangspunktet ned kjemisk i et surt miljø.

Nedbør hadde en sterk signifikans i kartleggingsdatasettet, men ingen signifikans i feltdatasettet.

Det var overraskende at pH ikke kom ut som signifikant i denne undersøkelsen. Det kan bety at de variasjonene i pH som eksisterer i kistegravsjord ikke er store nok til å gi utslag i nedbrytning, eller at andre faktorer hindret kjemiske prosesser selv om pH alene skulle tilsi mulighet for kjemisk oppløsning. Gjennomsnittlig pH i nederste sjikt var på 6,6 av 73 observasjoner, med laveste observerte pH på 2,0 og høyeste på 8,8. Kun seks av de 73 observasjonene havnet utenfor et intervall på pH lik 5,0 til 8,0, der tre hadde $pH < 5,0$ og tre hadde $pH > 8,0$. Det er derfor mulig at nedbrytning av skjelettet ikke påvirkes så lenge jorden er innenfor pH lik 5,0 til 8,0, som nesten alltid var tilfellet i feltundersøkelsen.

6.1.3 Bløtdeler

Det var sterke tendenser til samvariasjon i testene for bløtdeler, i begge datasett. Det er derfor godt grunnlag for å si at visse variabler har en sammenheng med nedbrytning. Basert på test av samvariasjon mellom responsvariabler og forklaringsvariabler, forventes det at visse grupper av variabler alle skal variere sammen, og at det derfor vil være mange signifikante dersom først en er det, både mellom responsvariabler og forklaringsvariabler. Likevel, fordi det var markant flere signifikante variabler for bløtdeler enn for de andre responsvariablene, er det et enda sterkere grunnlag for å mene at de signifikante variablene for bløtdeler kan fortelle noe om nedbrytning.

Det var fire sterkt signifikante variabler blant testene:

- Basisfarge-tone
- Fargeflekker i øvre del av profilet
- Klebrighet
- Syreløselig kalium

Basisfarge-tone sier noe om oksygentilgang i jorden, og er en skala fra rødt, via gult, til grått. Fargeflekker sier også noe om oksygentilgang, ved å være en indikator på fluktuerende vannstand, og hvor høyt grunnvannet når i jorden. Klebrighet er en faktor som sier mye om jordens fysiske egenskaper. Det er en indikasjon på leirmetning, og betyr mye for håndtering av masser. Jord med stort leirinnhold og høy klebrighet vil i større grad kunne komprimeres, og uten struktur blir de ofte som et forseglende lag uten makroporer. Det er derfor logisk at høy klebrighet assosieres med dårlig nedbrytning. Syreløselig kalium er positivt korrelert med bløtdeler, slik at mer bløtdeler og mer syreløselig kalium forekommer sammen. Syreløselig kalium er vanligvis større i undergrunnsjord av leire enn i sand, og kan derfor være en indikator på massiv og lite forvitret leire.

Flere grupper av relaterte signifikante variabler var tydelige fra testene:

- Fargeflekker
- Håndterbarhet + struktur
- Tekstur
- Næringsstoffer

At flere verdier kom ut som signifikante, både på fargeflekker og håndterbarhet, forsterker de to tilhørende sterke signifikante, fargeflekker i øvre del og klebrighet.

Svært mange verdier er signifikante for tekstur i begge datasett. Det er tydelig at tekstur er viktig for nedbrytning av bløtdeler, der sand og grus gir bedre nedbrytning, mens leire og silt assosieres med dårligere nedbrytning. Sand og grus gir i utgangspunktet luftigere jordsmonn med flere makroporer og bedre drenering enn leirjord, så dette er logisk.

Flere næringsstoffer korrelerer med bløtdeler. Det er mulig at en økt mengde næringsstoffer forekommer der det fortsatt er ufullstendig nedbrutte bløtdeler, fordi næringsstoffer transporteres fra

restene til miljøet rundt, spesielt med horisontal vanntransport. Når det så er lite bløtdeler igjen, blir ikke lenger nye næringsstoffer tilført omkringliggende jord, og det som har blitt tilført vaskes vekk eller brukes opp av organismer. Dersom det er en årsakssammenheng mellom bløtdeler og næringsstoffer, anses det derfor som logisk at det er de ufullstendig nedbrutte bløtdelene som forårsaker en økning i næringsstoffer, og ikke den andre veien.

6.1.4 Tekstiler

Datasettet for feltarbeidet kan ikke alene brukes til å si noe om nedbrytning av tekstiler. Det var noen flere signifikante variabler i kartleggingsdatasettet, men disse utlignes ved manglende signifikante for tilsvarende variabler i feltdatasettet. Nedbør var for eksempel svært signifikant i kartleggingsdatasettet, men ikke signifikant i feltdatasettet.

Vanningsanlegg, som kun var en variabel i kartleggingsdatasettet, var sterkt signifikant. Det er derfor indikasjoner på at vanningsanlegg er negative for nedbrytning av tekstiler. Likevel var det bare noen få gravplasser som hadde vanningsanlegg, og korrelasjonen kan derfor like gjerne knyttes til andre egenskaper ved gravplassene som hadde betydning for nedbrytningsgraden.

Den eneste variabelen som kan tolkes med noe robusthet for tekstiler, er gravens alder, som var signifikant i begge datasett. I begge datasett var det en negativ korrelasjon, som tyder på at økt alder gir bedre nedbrytning. Ifølge disse undersøkelsene er det kun alder som med noe sikkerhet gir bedre nedbrutte tekstiler. Med andre ord kan man bare ta tiden til hjelp når tekstiler er involvert.

6.2 Forklaringsvariabler

6.2.1 Lokalitet

6.2.1.1 Kommune

Det kan virke som at beliggenhet har mindre betydning enn lokale forhold for jordsmonn og drenering. Det var ingen signifikant forskjell mellom kommunene og nedbrytning i de statistiske undersøkelsene. Dette er noe overraskende, da signifikante verdier kunne reflektert forskjeller i terreng, geologi eller andre unike egenskaper ved kommunene. Det er mulig at de potensielle forskjellene ikke har en like sterk påvirkning på nedbrytning som andre, mer lokale egenskaper i grav og jordsmonn. For eksempel blir gravfelt ofte flatet ut ved oppbygning for å gi best mulig fremkommelighet, selv om svakt til moderat hellende terreng forekommer. Det er også mulig at signifikante forskjeller i geologi, landskap osv. eksisterer i Norge, men at kommunene i prosjektet var så like at slik signifikans ikke ble fanget opp. Videre undersøkelser med flere deltagende kommuner kan svare på dette.

Resultatene i denne undersøkelsen alene indikerer at egenskaper ved grav og jordsmonn er viktigere enn egenskaper ved geologi og landskap. Dette er gode nyheter for Norge, da vi kan gjøre lite for å endre geografisk plassering, mens andre egenskaper vi kan påvirke ser ut til å ha en sterkere effekt på nedbrytning.

Da alle kommunene ble utfordret på det å finne lik fordeling av gode, middels og dårlig nedbrutte graver, kan manglende signifikans være et produkt av datainnsamling. Metodikken sannsynliggjør med andre ord dette resultatet.

Det ble observert noen forskjeller mellom kommuner i felt, som at Sandnes fikk ni graver med godt nedbrutte bløtdeler, mens Bærum kun hadde én. Uten å kunne dra noen konklusjoner fra dette, kan man si generelt at hver plass vil ha sine utfordringer.

Man kan dessuten ikke kontrollere klima og nedbør i et område, men man kan legge til rette for nedbrytning med de utfordringene og forutsetningene man har.

6.2.1.2 Gravplass

I et datasett med 73 observasjoner (graver), var det for mange variabelklasser (22 gravplasser) til å gi robuste resultater. Selv om testene ble signifikante, kan de likevel ikke brukes til å trekke noen konklusjoner.

Det ble observert flere ganger i felt at noen gravplasser hadde store utfordringer, mens andre fungerte fint. Ulike gravplasser har sine utfordringer. Dersom et gravfelt ikke fungerer, gjelder det å avdekke den bremsende faktoren på nedbrytning i hvert unike tilfelle.

6.2.1.3 Temperatur

Varmesum ble testet, og hadde en svak signifikant korrelasjon med nedbrytning av skjelett, bløtdeler og tekstiler. I og med at variablene ikke passerte Bonferoni eller binomialtesten for skjelett, er det bare de signifikante verdiene for bløtdeler og tekstiler som bør brukes i videre tolkninger. Alle p-verdiene hadde lave tilhørende *Kendall's tau*, som viser at korrelasjonene er svake, og må tolkes med forsiktighet.

Det er vist i tidligere studier at varme temperaturer påvirker nedbrytning positivt, og at nedbrytning bremses ved 4°C, og stopper opp ved -5°C og kaldere. Denne effekten blir svakt gjenspeilet i datasettet, med varmesummer på de ulike gravplassene. Det er viktig å merke seg at det var liten helhetlig variasjon i varmesum i datasettet, der variasjonen mellom gravplasser er like stor som mellom kommuner, med spenn mellom 41,2 og 51,4. Unntaket er Trondheim, som skiller seg ut med varmesummer mellom 35,2 og 38,6. Selv om det er en korrelasjon der varmere temperaturer assosieres med bedre nedbrytning, er denne sammenhengen så svak at andre variabler trolig har mer å si for resultatet i gravene.

Dersom man inkluderer nordlige ytterpunkter for Norge og undersøker også kaldere plasser, vil man potensielt kunne se sterkere korrelasjoner mellom nedbrytning og temperatur. Slike studier, der man utvider allerede eksisterende datasett, er mulig i fremtiden, men avhenger av at flere kommuner tar del i studiet. Effekten av tele vs. tining, dybden på tele, og den reelle temperaturen nede i gravene er ikke studert her, men det ville være av interesse å undersøke i hvilken grad tele påvirker nedbrytning. Tele og tining kan påvirkes med for eksempel valg av masser, da sandjord tiner tidligere enn leire og silt, og skaper en relativt sett lengre varmesesong i jorden.

Slik det står i datasettet, er det mange variabler som ser ut til å ha større betydning for nedbrytning, så lenge man holder seg innenfor det spenn av temperaturer som Bergen, Bærum, Oslo, Sandnes, Stavanger og Trondheim representerer.

6.2.1.4 Nedbør

Nedbør var signifikant i kartleggingsdatasettet, men ikke i feltdatasettet. De to sterkt signifikante fra kartleggingsdatasettet antyder likevel en sammenheng, der bedre nedbrytning assosieres med mer nedbør. Dette er noe konter-intuitivt ved første øyekast, da det er kjent at vann kan påvirke nedbrytning negativt, men da især *stagnert* vann. Regnvann frakter oppløst oksygen, som bakterier og andre organismer kan utnytte. Nedbør i seg selv kan derfor være en fordel for nedbrytning ved å tilføre oksygen til kistedyp. Siden nedbør ikke var signifikant for bløtdeler, men kun for de andre responsvariablene, kan det også hende at den positive effekten fra nedbør er en svak syre (for eksempel fra oppløst CO₂, og ikke nødvendigvis fra surt regn).

De motstridende resultatene fra de to datasettene antyder at nedbør i seg selv er en mindre viktig faktor enn tidligere antatt. I den grad det er en sammenheng, er denne trolig i form av at økt nedbør ser ut til å forbedre nedbrytning. Det er godt nytt med tanke på prediksjonene om «villere, våtere vær» som følge av klimaendringer, så lenge man sørger for god drenering på feltene.

Det er mulig at nedbørsvariasjon dekket av de deltagende kommunene ikke er nok til å påvirke nedbrytning. Det vil si at så lenge man har en gjennomsnittlig årsnedbør på mellom ca. 836 og 2819

mm, vil trolig de samme variablene påvirke nedbrytning, og innenfor spennet på 836 og 2819 mm normalnedbør per år, er resultatene fra denne studien godt gyldige.

Påvirkningen av nedbør på nedbrytning, slik det står etter denne undersøkelsen, er spekulasjoner, og vil kreve ytterligere undersøkelser i mer ekstreme klimasoner, både med tørrere og våtere områder, for å bekrefte eller avkrefte hypotesene.

6.2.2 Gravegenskaper

6.2.2.1 Gravalder

Resultatene tilsier at gravalder etter 20 år har liten betydning for nedbrytning. Kartleggingsdatasettet og feltdatasettet utligner hverandre ved at førstnevnte ikke har signifikante resultater, mens den andre har det. Begge er imidlertid signifikante for tekstiler, med en sterk signifikans. Korrelasjonen er negativ på alle verdier, som tyder på at økt alder gir bedre nedbrytning, som er logisk. Men det er bare hos tekstiler at alder ser ut til å ha en virkelig betydning. Når det gjelder kiste, skjelett og bløtdeler, er det trolig andre faktorer som er viktigere. Disse undersøkelsene sier ingenting om de første årene i nedbrytningsprosessen, men antyder at etter 20 år og fredningstiden har gått ut, har de fleste prosessene skjedd, enten nedbrytning eller konservering, og at det i årene videre skjer svært lite den ene eller den andre veien. Trolig skjer det meste av nedbrytning allerede før 20 år har gått. Og der konservering er resultatet, vil kroppen trolig holde seg intakt i 20, 40 og 80 år.

I dag praktiseres utvidning av fredningstiden til et felt dersom 20 år ikke er nok til å få god nedbrytning. Noen plasser har man erfaring med at 30-40 års fredningstid bedrer situasjonen. Det er mulig at felter med fluktuerende grunnvannsforhold, der det for eksempel er tilgang til oksygen deler av året, eller der jorden vil tørke opp under ekstreme tørkeperioder, slik som sommeren 2018, vil kunne dra nytte av denne ordningen. Det vil trolig i stor grad gjelde rester som etter 20 år ville blitt vurdert til «moderat nedbrytning» dersom man åpnet graven, der prosessene ikke har stoppet opp helt, men heller ikke latt seg fullføre.

Der det er jordsmonn med dårlig nedbrytning, især med tanke på stagnert vann og uegnede masser, vil utvidet fredningstid trolig ha liten til ingen effekt. Uten andre tiltak enn tid, er det trolig at disse plassene vil forbli problematiske i overskuelig fremtid. Gravfelt med dårlig nedbrytning burde trolig stenges for kistegravlegging (med hjemmel i Gravplassforskriften § 5 andre avsnitt) frem til slike tiltak eventuelt kan gjennomføres, da gjenbruk av graver med ufullstendig nedbrutte rester er problematiske både med hensyn til HMS og etikk, og dessuten overskrider tillatt praksis i Gravplassforskriften § 12. Et alternativ for slike gravfelter er å omdisponere dem til urnegravfelt, da aske er ferdig «nedbrutt», og dessuten graves ned grunnere enn kistegraver. Slik kan felter brukes videre selv uten inngripende tiltak.

6.2.2.2 Antall tidligere gravlegginger

Det er ingen tydelige indikasjoner i datasettet på at antall tidligere gravlegginger påvirker nedbrytning.

6.2.2.3 Gravdybde

Gravdybde var signifikant for tre responsvariabler i kartleggingsdatasettet, men tilsvarende variabel i feltdatasettet, kistedybde, var ikke signifikant for noen verdier. Det er derfor ingen grunnlag i resultatene for å si at gravdybde har en betydning. Det er trolig andre egenskaper ved jordsmonnet som er viktigere. Om jordsmonnet er godt hele veien ned, er dette viktigere enn gravdybden i seg selv.

6.2.2.4 Plast

Påvirkningen av plast, ikke bare i form av «plastgraver», der avdøde ble begravd i forseglede plastposer, men også tilstedeværelse av plastunderlag for å hindre avrenning, har blitt noe studert og

diskutert i rapporten. Det ble derimot ikke gjort noe studie direkte på effektene av dette, annet enn gjentatte observasjoner i felt av bløtvev i kontakt med plast.

I feltdatasettet ble det ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom nedbrytning og plast. I kartleggingsdatasettet ble det funnet signifikante sammenhenger for nedbrytning av kiste og skjelett. Statistiske analyser sammen indikerer at plast ikke har en så stor innvirkning på nedbrytning som man skulle tro. Det er imidlertid kjent at plastgraver, der lik ble forseglet i plast, fikk store konsekvenser i form av konserverte eller likvifiserte lik (Forbes et al., 2005b; Offergaard, 2017). Denne typen graver ble ikke observert i prosjektet, men det ble observert plast som underlag i kiste. Plast som underlag i kisten er trolig ikke en avgjørende faktor for nedbrytning, og andre variabler vil bestemme om nedbrytning får gå som det skal. Dette betyr ikke at plast ikke har en effekt, men at andre variabler er avgjørende for nedbrytning og konservering av restene som helhet.

Til tross for de statistiske resultatene er det viktig å fremheve observasjoner av plast i felt. Plast, selv bare som et underlag, har trolig en negativ innvirkning, da bløtvevet i kontakt med plast ofte var svært godt bevart, selv når omkringliggende bløtvev var langt på vei nedbrutt. Det var mange tilfeller av perfekt konservert hud inntil plast, og ofte ryggpartiet, som viser at plasten har vært brukt som et underlag. Tilfeller av bløtdeler der det kun ble observert mindre klumper ble vurdert som moderat nedbrutt (3 og 4). Plast som underlag er trolig ikke nok til å bevare hele kroppen (som ville gitt en vurdering til dårlig (5 og 6)), men deler vil likevel ofte bevarer. Dette viser at plast, selv bare som et underlag for å hindre avrenning, må unngås.

Det er ikke i dag lov å bruke kister med plast, og dette forbudet må overholdes strengt for at gravplassfunksjon skal ivaretas. Begravelsesbyråene har her et ansvar for kistene som brukes, og hva som inkluderes i disse.

6.2.3 Tiltak

6.2.3.1 Kalking

Kalking er prosessen der brent kalk injiseres inn i ufullstendig nedbrutte rester. Dette er en kjemisk, eksoterm reaksjon mellom kalk og vann. Varmen som utvikles smelter likvoks, slik at likvifiserte bløtdeler kan drenere ut av graven og kun knokler ligger igjen. Hensikten med metoden er å åpne for gjenbruk av graver der kiste med rester er konservert.

Resultatene fra de statistiske undersøkelsene er tvetydige. Kartleggingsundersøkelsen antyder at kalking virker negativt for både kiste og skjelett. Feltundersøkelsen antyder at nedbrytning av tekstiler fremmes av kalking. Begge datasettene resulterte i ikke signifikante resultater for nedbrytning av bløtdeler, det vil si, begge datasettene antyder at kalking ikke påvirker nedbrytningen. Alternativt kan det bety at prosessen med å smelte likvoks har gitt blandede resultater, noen ganger vellykket, andre ganger ikke. Feltobservasjonene støtter dette, da det var åtte kalkede graver av 73 i feltdatasettet, og av de åtte kalkede gravene var det fire med god, en med moderat og tre med dårlig nedbrytning av bløtdeler. I gravkartleggingsundersøkelsen (kartleggingsdatasettet) var det ni kalkede graver av 59. Alle de kalkede gravene var fra Trondheim. Alle var dominert av teksturen sand, da Trondheim bare kalker plastgraver i sandjordsmonn (pers. komm. Trygve Jensen). Alle hadde godt nedbrutte bløtdeler, men kalking og bløtdelens nedbrytning hadde likevel ikke en signifikant samkorrelasjon. Dette kan komme av en overvekt av god nedbrytning i de 59 observerte gravene (gravene som svarte «ja» eller «nei» på spørsmål 24 om kalking), der 52 graver hadde god eller svært god nedbrytning. Et større datasett vil kanskje kunne gi mer nyanserte resultater.

Det har vært to kalkningsmetoder i bruk. Tørr kalk ble brukt frem til 2013, mens lesket kalk har blitt brukt i tiden etter. I feltdatasettet var syv av åtte graver kalket før 2013, så dette resultatet reflekterer først og fremst metoden med tørr kalking. Av de ni kalkede gravene i kartleggingsdatasettet var det opplysninger om kalkningsår fra fire av dem, en i 2009, to i 2015 og en i 2016. Resultatene i dette

studiet kommer derfor fra en blanding av graver med tørr og lesket kalk. Videre studier av lesket kalk vil kunne vise om den nye metoden alene gir signifikante resultater for kjemisk nedbrytning av bløtdeler.

Kalking er brukt i noen få kommuner i Norge som et HMS-tiltak på plastgraver og i leirjordsmonn, for å fjerne lukt og rester der det har blitt konservering, og for å kunne gjenbruke gravene. Det rapporteres om forbedrede luktforhold i disse gravene, og at gravene kan gjenbrukes. Som HMS-tiltak virker kalk å gjøre forholdene bedre for graverne på gravplassene.

6.2.3.2 Vanningsanlegg

Vanningsanlegg er tenkt som et tiltak for å forbedre grøntanlegget på gravplassene. Selv om vannet som tilføres er ment å komme plantene til gode, er det mulig at ekstra vann samles i gravene under. Vanningsanlegg var signifikant for skjelett, bløtdeler og tekstil, med en positiv korrelasjon. Det vil si at vanning assosieres med dårligere nedbrytning. For tekstiler var det en sterk sammenheng, med en sterk p-verdi. Overflødig, stagnert vann kan føre til oksygenfattige forhold. Vann brukt i vanningsanlegget er rensert og behandlet for å hindre bakterievekst, på samme måte som springvann. Begge disse faktorene kan tenkes å ha en negativ effekt på nedbrytning. Samtidig er det svært lite vann som brukes i forhold til nedbørmengde, og i utgangspunktet tilføres bare så mye vann som ansees for nødvendig for grøntanlegget. Det er derfor usikkert om vannet når helt ned til kistedyp. I kistegravundersøkelsen var det kun Bærum som svarte «Ja» på bruk av vanningsanlegg. Dersom Bærum hadde generelt noe dårligere nedbrytning enn de andre kommunene på sine gravplasser, som resultatene fra feltundersøkelsen tilsier, kan dette ha gitt en indirekte korrelasjon mellom nedbrytning og vanningsanlegg, uten at det foreligger noen klar årsakssammenheng. Det kan nevnes at Bærum hadde høy andel leirjord og graven der med god nedbrytning var i tilførte masser av siltig mellomsand. Samvariasjonen mellom vanningsanlegg og dårligere nedbrytning er bare resultatene fra en studie, og videre undersøkelser vil kreves for å avdekke om dette er en reell effekt. En skal derfor være forsiktig med å tolke en årsakssammenheng basert på denne undersøkelsen. På grunn av skjevheten i materialet med at det bare er Bærum som bruker vanningsanlegg, kan det like gjerne være andre faktorer enn vanningsanlegg knyttet til Bærum som er utslagsgivende.

6.2.3.3 Masseutskiftning

6.2.3.3.1 Massestabilitet

Masser som brukes til kistegraver krever en viss stabilitet for å få trygge, rette gravvegger som ikke kollapser før eller under gravlegging. I den hensikt er ofte massene på nyanlagte gravplasser komprimert, og det har vært gjort forsøk på å lage teknisk egnede kistegravsmasser (Moe, 2011; Stople, 2011). Dersom man bare tenker teknisk konstruksjon og fysisk stabilitet, kan man risikere at massene, riktignok med godt stabile vegger, ikke opprettholder funksjonen om god nedbrytning.

Sand alene har lite stabilitet, fordi ingen krefter binder kornene sammen. Sand med et lite finstoffinnhold vil kunne fungere bedre, da overflatespenning i leirpartiklene vil fungere som lim og holde massene samlet, spesielt i våte perioder. Da det var finstoffinnhold også i intervallet for godt egnet tekstur, er det trolig mulig å finne masser som er driftsteknisk egnede, men som samtidig opprettholder nedbrytningsfunksjon.

Røtter har en kjent funksjon av å binde jordsmonn. Der det er god rotutvikling gjennom profilet vil massene stabiliseres og holdes på plass av røttene.

6.2.3.3.2 Fyllmasser i graven

Det var flere tilfeller i felt av graver som fungerte som vannfelle og skapte lokale «badekar», med vertikale lommer i jordsmonnet. Sterke kontraster i egenskaper mellom gravens veggmasser og fyllmasser kan føre til denne effekten, fordi manglende sammenhengende poresystemer horisontalt gir

mangelfull utveksling av luft og vann. Manglende kommunikasjon mellom fyllmasser og sideveggene, hverken for røtter, vann eller luft, gjør at det heller ikke blir noen sammenhengende strukturutvikling.

Det er imidlertid en fare for at tiltak på slike bassenggraver vil føre til mindre stabilitet i profilene, som igjen er driftsteknisk negativt.

6.2.3.3.3 Full masseutskiftning

Det var flere eksempler i felt på gravfelter anlagt i nyere tid, der funksjonen på ny plass ikke var tilfredsstillende, både med hensyn på nedbrytning, driftsteknisk, eller begge deler.

Der det gjennomføres full masseutskiftning eller en heving av terreng ved å ta inn nye masser, må man sørge for at massene som tas inn er egnet, blir behandlet riktig gjennom anleggsfasen for å ivareta de gode egenskapene, og at egnede masser brukes i hele gravdybden.

Komprimering, mangelfull blanding av masser (selv masser som lett lot seg blande), og bruk av uegnede masser har blitt identifisert i flere tilfeller.

6.2.4 Sjøkt

6.2.4.1 Sjøktgrense

Både kartleggingsundersøkelse og feltundersøkelse hadde en signifikant verdi for sjøktgrenser i undergrunnsjord, henholdsvis for tekstil og bløtdeler. Mens korrelasjonen med tekstil var negativ, slik at skarpere sjøktgrenser var forbundet med bedre nedbrytning, var korrelasjonen med bløtdeler positiv, slik at gradvis til ingen sjøktgrenser var korrelert med god nedbrytning. Alle de andre testene for sjøktgrense kom ut som ikke signifikante, som betyr at det ikke er noe grunnlag for å si at sjøktgrense i seg selv påvirker eller samvarierer med nedbrytning.

6.2.4.2 Jordsmonns-hovedtype

Sjøkt ble i felt klassifisert etter grad av jordsmonnutvikling. Moldinnhold, strukturutvikling, røtter og bioturbasjon er alle med på å påvirke jordsmonnutvikling, og kan brukes til å identifisere sjøkt i felt. I tillegg ble sjøkt identifisert via basisfarge og fargeflekker.

A-sjøkt er definert som topplag med jordsmonnutvikling, gjerne med grynstruktur (ekskrementer fra jordorganismer) og høyt moldinnhold, dannet over tid fra å være det øverste laget i profilet.

B-sjøkt er definert som jord med lavt moldinnhold, men som har undergått en jordsmonnutvikling. B-sjøkt har gjerne en strukturutvikling der jordpartiklene er bundet i aggregater (korn, blokk, prisme, plate). B-sjøkt kan ofte gjenkjennes på smuldrende struktur. Det går gjerne røtter i slike sjøkt, og transport av vann og luft er god.

C-sjøkt er definert som jord der det har foregått liten eller ingen jordsmonnutvikling. Massene har svært mangelfull til ingen struktur, strukturløse enkeltkorn til massiv, avhengig av om det er sand eller leire som dominerer tekstur. Det er få til ingen røtter i C-sjøkt, og heller enn ganger fra levende organismer, kan man finne sprekkesystemer for vann. Massive C-sjøkt av leire vil ikke smuldre, men komme ut i kakete, store klumper som er svært vanskelig å håndtere, som er svært harde når de tørker, og svært gjørmete når de er våte.

Det var flere observasjoner av C-sjøkt som forseglende lag over kiste, assosiert med dårlig nedbrytning og svært intakte rester. Jordsmonns-hovedtype var signifikant for bløtdeler og kiste, som svakt hentyder til effekten av C-sjikts leirjord på kiste med innhold.

6.2.5 Beplantning

6.2.5.1 Dryppzone

Dryppzone fra trær ble undersøkt i kartleggingsdatasettet, men fikk kun en svakt signifikant variabel. Man kan ikke utelukke at dryppzone har en negativ effekt på nedbrytning av bløtdeler, men det er ikke mulig å si noe konkluderende fra denne studien. Siden dryppzone ikke ble inkludert i feltdatasettet, og den signifikante p-verdien i kartleggingsdatasettet ikke passerte Bonferoni-testen, bør denne ikke vektlegges uten videre studier.

6.2.5.2 Røtter

Rotdybde var signifikant kun for kiste og kun i feltdatasettet. Det er derfor ikke grunnlag i studiet til å si at rottybde har en signifikant effekt på nedbrytning.

Tilstedeværelsen av grove røtter under A-sjiktet, i undergrunnsjorden, var signifikant for både kiste og bløtdeler. Selv om det er svake signifikante sammenhenger, styrkes de ved at flere ble signifikante. Det er altså en antydning til at grove røtter har en positiv effekt på nedbrytning.

I felt observerte vi flere graver som var sterkt påvirket av røtter. Det var, på flere gravplasser, graver der grove røtter gikk helt ned til kistelokket, og der nedbrytning av innhold, især bløtdeler, var svært god. Røtter kunne se ut til å forsvinne ned mot kistedybde, bare for å dukke opp igjen i tette matter der kiste med innhold har vært (Figur 29). Disse gravene var alle tørre, alle godt nedbrutt.

Det kan være at grove røtter i dybden korreleres med gode jordegenskaper, og at en korrelasjon mot nedbrytning i seg selv ikke har en årsakssammenheng. Feltobservasjonene er likevel indikatorer på en sammenheng, og at grove, dype røtter er positivt for nedbrytning av bløtdeler.



Figur 29: Tett matte av røtter i kistedybde. Det var også svært god rotutvikling av grove røtter i øvre sjikt.

6.2.6 Farge

6.2.6.1 Basisfarge

Basisfarge-tone er en skala fra rødt til gult til grått. Rødere farger indikerer i hovedsak en bedre tilgang til oksygen, da oksidert jern (Jern(III)) er rødt. Det kan også være en indikasjon på jordliv og biologisk aktivitet. Gulere farger går gjerne over i grått nedover i et profil, ettersom jorddybden øker. Grå farger er gjerne en indikasjon på et oksygenfattig miljø. Basisfarge-tone var signifikant for både kiste og bløtdeler, med en sterk signifikans på sistnevnte. Gråere farger var assosiert med dårligere nedbrytning. Fargetone kan derfor trolig brukes som en indikator i felt på nedbrytningsgrad, og kan gi gravplassarbeiderne en formening om hva som er sannsynlig å finne når de åpner gamle graver. Farge

i seg selv skaper ikke god eller dårlig nedbrytning, men kan gi en indikasjon på om jorden er egnet, og ved hvilket dyp det ikke lenger er tilgang på oksygen. Dette kan brukes ved fremtidige gravlegginger, og også ved anleggelse av nye gravfelt og gravplasser.

Basisfarge-value er en skala som sier noe om hvor mørkt eller lyst et jordsmonn er. Mørkere jordsmonn er et tegn på organisk materiale, samt jordliv. Lysere farger kan være et tegn på lite organisk materiale i jorden. Da organisk materiale er næringen til planter og jordliv, er dette viktig for et aktivt jordsmonn. Basisfarge-value hadde signifikant verdi for kiste, men da variabelen ikke var signifikant for andre responsvariabler, er det ikke grunnlag for å si at lysere eller mørkere farger korrelerer med nedbrytning. Denne variabelen kan da heller ikke brukes til å indikere nedbrytning av kiste med innhold.

6.2.6.2 Fargeflekker

Fargeflekker er tegn på vekselvis reduserende og oksiderende forhold på grunn av fluktuerende vannstand. Der det er tidvis reduserende forhold høyt oppe i graven, er det ganske sikkert reduserende forhold på kistedyp også, og trolig enda hyppigere enn i de øvre lagene. Reduserende forhold kommer av mangel på oksygen, som er en forutsetning for nedbrytning av bløtdeler. Mangel på oksygen kan også forårsake dannelsen av likvoks, som hindrer nedbrytning ytterligere.

Tre av fire fargeflekkvariabler ga signifikante resultater på tvers av datasett: Fargeflekker observert, samt fargeflekker i øvre og nedre sjikt. Sammen tyder de på at fargeflekker korrelerer med dårlig nedbrytning, slik som forventet fra tidligere kunnskap. Spesielt fargeflekker i øvre sjikt, som var signifikant for alle rester utenom tekstil, og som hadde sterk korrelasjon med bløtdeler, er trolig en god indikator. Dersom man observerer fargeflekker høyt i profilet, er det grunn til å forvente at nedbrytning vil være ufullstendig i graven. Bløtdeler hadde dessuten signifikant verdi på alle tre variablene. Bløtdeler blir derfor trolig enda sterkere påvirket av oksygenmangel enn de andre restene, i form av for eksempel dannelsen av konserverende likvoks. Jordsmonn med fargeflekker vil altså ha en økt sannsynlighet for dårlig nedbrytning. Dette kan brukes til å vurdere egnethet av massene for kistegravformål. Fargeflekker kan også avdekke problemer med ufullstendig drenering og forhøyede grunnvannstander. Da grunnvann etter Gravplassforskriften §8. skal holdes minst 30 cm under kistebunn til enhver tid, kan fargeflekker avdekke om dette følges, og hvilke felter som vil trenge ytterligere tiltak i form av drenering eller terrengheving for å overholde denne forskriften.

6.2.7 Håndtering

6.2.7.1 Robusthet

Robusthet som masseegenskap er et mål på hvor godt aggregater (strukturer i jorden) tåler eller gir etter for trykk. Robusthet sier noe om strukturutvikling, men også om hvor harde og faste massene er, som har betydning for håndtering. Harde masser er vanskeligere å grave i, og vanskeligere for røtter å trenge gjennom. Løse og skjøre masser vil lettere håndteres, og skape bedre forhold for dyp rotutvikling, samt transport av vann og luft. Vi så eksempler i felt på at jorden var svært løs der grove røtter vokste gjennom, mens det i samme profil kunne være hardpakket jord utenfor området der røttene sluttet. Robusthet korrelerte med nedbrytning av kiste og bløtdeler, der løse masser var assosiert med bedre nedbrytning.

6.2.7.2 Plastisitet og klebrighet

Plastisitet er et mål på hvor godt jord lar seg forme, for eksempel i form av bånd eller tråder, før den brykker. Plastisitet korrelerte med nedbrytning av bløtdeler.

Klebrighet er et mål på massenes evne til å klebre seg fast eller løsne fra andre objekter. Klebrighet hadde en sterk korrelasjon med bløtdeler.

Sterkt plastiske og klebrige masser er et tegn på høyt leirinnhold, og kan brukes på å vurdere tekstur i felt. Slike masser er ofte også mye vanskeligere å håndtere. Som A eller B-sjiktsmasser med god strukturutvikling kan de smuldre og ha gode poresystemer, men jo dypere de ligger, og jo mindre jordsmonnsutvikling, jo mer massive vil de være. De kommer gjerne ut som større klumper, er gjørmete når de blir våte, og svært harde (som sement) når de tørker. Og om de har god strukturutvikling og god funksjon *in situ*, er dette lett å ødelegge ved håndtering. Strukturer oppløses lett ved rystelser når de er våte, og massene kan degradere til en grøtete eller suppeaktig substans. Om dette skjer, er strukturer og poresystemer borte for alltid. Slike masser er derfor svært utfordrende å jobbe med, og bør unngås, spesielt i våte områder, ved oppbygning av nye felt og gravplasser.

Det er en antydning i datasettet til at plastiske og klebrige masser korrelerer med dårlig nedbrytning, som er logisk da de ofte innebærer massive masser, dårlig utviklede poresystemer, og i verste fall en forsegling av kiste med innhold.

Sammen med robusthet, er plastisitet og klebrighet sterke indikatorer på at massenes egenskaper påvirker nedbrytning av bløtdeler negativt.

6.2.8 Struktur

6.2.8.1 Struktur – leire vs. sand

Mål på strukturutvikling som ikke tok hensyn til tekstur var ikke signifikante. Variabelen som kun sjekket for massivt leirjordsmonn kom ut som signifikant for bløtdeler, slik at massiv leire var assosiert med dårlig nedbrytning.

I sandjordsmonn er det trolig ikke et problem om strukturutviklingen er svak eller fraværende i nedre sjikt, fordi strukturløs sand fortsatt vil inneholde makroporer for transport av vann og luft. For leirjord er trolig strukturutvikling svært viktig. Massiv leirjord virker forseglende, og vil begrense nedbrytning av bløtdeler. Dette resultatet støttes av de signifikante verdiene av robusthet, plastisitet og klebrighet.

6.2.8.2 Komprimering

Til tross for at komprimering ikke var utslagsgivende på de statistiske undersøkelsene, er det trolig ikke lurt å komprimere gravjordsmasser. Fra andre fagfelt vet vi at komprimering forringer jordegenskaper som poresystemer og struktur, og hindrer rotutvikling. Komprimering forringer dermed transport av vann og luft gjennom jorden. Siden struktur og jordegenskaper som robusthet kom ut som signifikant i de statistiske undersøkelsene, bør man legge til rette for å ivareta jordstruktur. Det var også tegn til at graver med løse masser som gravfyll, men med harde, komprimerte masser i veggene, hadde problemer med vann, tendenser til badekar, og dermed dårligere nedbrutte bløtdeler.

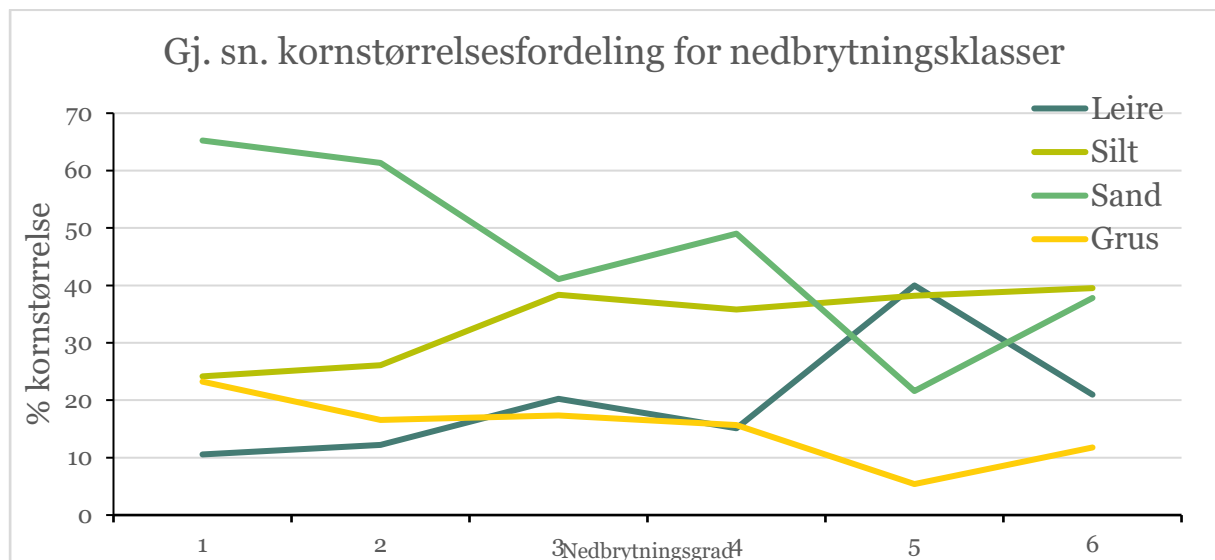
Så langt det lar seg gjøre bør man unngå komprimering av masser som skal brukes til kistegravjord, både under konstruksjon og utbygging av gravfelter. Samtidig må det legges til rette for massestabilitet under oppbygging av gravfelt og gravplasser, slik at gravveggene ikke raser ut. Grad av komprimering bør minimeres.

Fra andre jordflyttingsprosjekter er det gjort gode erfaringer med bruk av beltegående gravemaskin i håndtering og utlegging av masser. Der har det vært fokus på håndtering av især leir- og siltemasser kun i tørr og svakt fuktig tilstand, og ingen kjøring direkte på massene. Massene har fått sette seg naturlig, og resultatet har vært bra. Man har frarådet bruken av valser og bulldoser til å planere ut massene, da dette også fører til betydelig komprimering. Med denne metoden, da massene settes naturlig, kan de trenge noe lenger tid før de er klare for bruk. Gevinsten er et bedre jordsmonn og bedre funksjon når området tas i bruk.

6.2.9 Tekstur

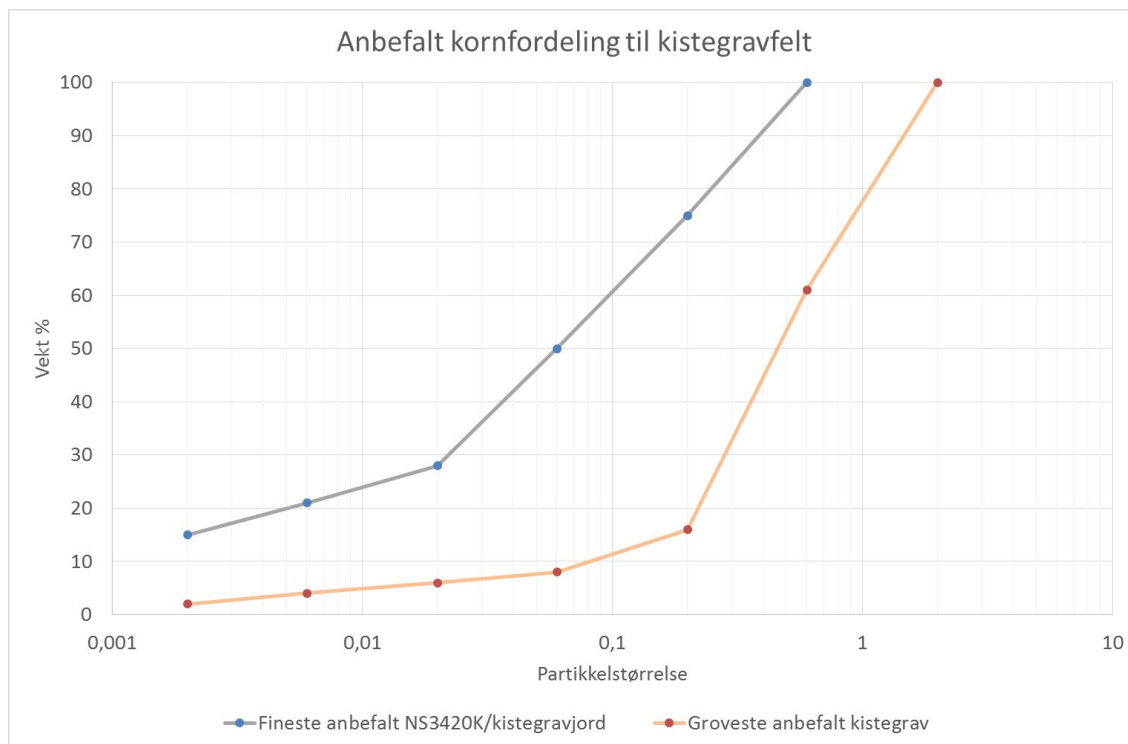
Statistiske analyser viser en signifikant sammenheng mellom tekstur og nedbrytning, spesielt med hensyn på bløtdeler. Svært mange variabler for tekstur ble testet i datasettene, elleve totalt, og alle hadde minst en signifikant p-verdi for en responsvariabel. Noen hadde flere. Åtte av de elleve variablene ble signifikante for bløtdeler. Selv om man forventer en viss samvariasjon mellom variabler av samme type, er det godt grunnlag i datasettet til å si at tekstur påvirker nedbrytning, og at godt nedbrutte bløtdeler assosieres med sand og grus.

En visualisering av sammenhengen mellom teksturklasser og nedbrytning er illustrert i Figur 30, som viser en svak trend for økende leirinnhold, synkende sandinnhold og synkende grusinnhold med dårligere nedbrytning, via gjennomsnittlige verdier av disse i enhver nedbrytningsklasse. Også siltinnhold øker svakt med dårligere nedbrytning, men er generelt jevnere. Silt er å finne i mange typer jordsmonn. Sand og leire spiller hverandre nesten perfekt, som viser at det gjerne er den ene eller den andre som dominerer i massene. Det er interessant å merke seg at for den dårligste nedbrytningsklassen reverseres trendene for sand og leire. Dette kan være et uttrykk for at svært dårlig nedbrytning også kan forekomme i sandjord, særlig hvis dreneringen på gravplassen ikke fungerer.



Figur 30: Gjennomsnittlig kornstørrelsesfordeling innen nedbrytningsgrader for bløtdeler.

Kornfordelingskurver sortert på nedbrytning av bløtdeler viser at god nedbrytning assosieres med et kornfordelingsintervall, et hypotetisk «ideal» for tekstur (Figur 31). Resultatene kan tyde på at kistegravsmasser bør ha en tekstur i dette intervallet, som en generell forutsetning for god nedbrytning.



Figur 31: Kornfordelingskurver som indikerer ideelt intervall for tekstur, for god nedbrytning av bløtdeler.

Ifølge dette intervallet burde massene ligge mellom grovsand og lettleire. Mengden sand i en kistegravjord bør utgjøre minst 50% av kornstørrelsesfraksjonen, der 28-45 % av totalt volum er middels sand. Volumet grov sand burde ikke overstige ca. 40 %, og da bare være en så høy andel dersom det er svært lite finstoff i massen (leire og silt utgjør maksimalt ca. 15 % av kornfordelingen). Grunnen til dette er at leir- og siltpartikler legger seg inni porene i grovsanden og gjør massen tett. Lettleire defineres med et leirinnhold på 10 til 25 %, men ifølge kornfordelingskurvens idealintervall, bør ikke leirprosent i massen overskride 15 %. Grusfraksjonen er ikke inkludert i denne utregningen. Anbefalingene angitt i Figur 31 dekker fullt ut området som er angitt for egnet til anleggsgjord i henhold til NS 3420K (Standard Norge 2022), men for kistegravjord kan også mer sortert sand (mellomsand og i noen grad grovsand) fungere godt.

Kornfordelingskurvene for dårlig nedbrytning viser imidlertid at selv når man er innenfor dette idealet, kan nedbrytningen likevel stoppe opp, og man får utviklet likvoks.

En masse med tekstur innen dette idealintervallet er derfor kanskje en forutsetning for god nedbrytning, men det er ikke nok for å sikre gravfunksjon. Det kan være mange mulige årsaker til at nedbrytningen blir dårlig, selv når massene er innenfor idealintervallet for tekstur. Det er tydelig at flere faktorer må på plass for å sikre en god nedbrytning av bløtdeler.

6.2.10 Drenering

Flere av undersøkelsene i felt antydte at dårlig drenering var skyld i mangelfull nedbrytning.

6.2.10.1 Stagnert vann

Stagnert vann på grunn av manglende drenering ble observert mange ganger i felt. Dette var trolig årsaken til mange av tilfellene av dårlig nedbrytning, også i jordsmonn med god tekstur. En god, selvdrenerende tekstur hjelper ikke dersom noe hindrer vannet i å komme ut av gravfeltet. Slike hindringer kan være fysiske sperrer i fallretning, som trolig var tilfelle på noen av feltene i Bergen.

Stagnert vann kan også forekomme i masser som krever et drencsystem for ikke å forsumpes, da naturlig drenering ikke kan holde tritt med vanntilførsel fra nedbør og tilsig. Slike masser er ofte rike på leire og/eller silt.

Tette/massive leirmasser tillater lite lufttransport, og også vanntransport begrenses til eventuelle sprekker. Det er vanlig at slike masser, om de først blir våte, ikke tørker opp og i stedet danner stagnosoler, jordsmonn med stagnert vann. Siden teksturen er såpass finkornet med et høyt leirinnhold, blir vann holdt i massene via vannets egen ladning og en svak binding til leirmolekylene, som har en overflateladning. Vanntransport foregår ved overføring av vann fra partikkel til partikkel via kapillærkrefter. Drencmasser er derimot gjerne sand eller grus, som transporterer vann via gravitasjon, og hvor hvert enkeltkorn ikke har den overflatespenningen som trengs for å overføre vann med kapillærkrefter. Sand og leire mot hverandre kommuniserer derfor ikke, og leiren, som får vann ovenfra, slipper ikke vann ned i drencmassene. Leiren kan derfor være vannmettet mens sanden er tørr. Dette kan føre til stagnert vann i kistegravsmassene, og viser betydningen av å ha drencmasser og kistegravsmasser med en glidende teksturovergang, slik at vann kan overføres fra jord til drencsystem.

Effekten av «badekarsgraver» ble observert flere ganger i felt, især i Stavanger. En sterk kontrast mellom gravvegger og fyllmasser kan skape denne effekten, som kan forsterkes av manglende drenering på feltet. Vann kan lett samles i graver dersom dreneringen ikke er god nok, da gravene utgjør et tomrom i jordsmonnet som venter på å fylles. Når så gravene er fylt med vann, kreves det en god drenering i jordsmonn og anlegg for å fjerne det og få en tørr grav igjen. Blir vannet liggende i graven, blir oksygenet brukt opp, og anoksiske forhold vil føre til dannelse av likvoks.

6.2.10.2 Kontaktdrenering

Grav 4 i Bærum demonstrerer hvordan det kan gå dersom dreneringssystemet ikke legges med en helhetlig plan. I dette feltet ble drencsystemet lagt for dypt, og kistegravsmassene som ble brukt var rike på leire, mellomleire og siltig mellomleire, som alene ikke overfører vann til grove masser som sand og grus. Gravene i dette feltet ble lagt dypt nok til å komme til drencsystemet, noen ganger i dobbel kistedybde, og ble lagt i forseglende masser. Dette har resultert i dårlig nedbrytning. I Bærum grav 4 var jorden overmettet på vann i 130 cm dybde, og kontaktdreneringen var på ca. 140-150 cm dybde.

Kontaktdrenering i seg selv er altså ikke nok. Man må sørge for at drencsystemet tilpasses terrenget, tekstur og gravdybde. Kistegravsmassene som brukes må kunne kommunisere med drencsystemet, slik at vann ikke henger igjen i jordmassene, men transporteres ut med drencsystemet, i henhold til intensjonen med et drencsystem. Da drencsystemer baserer seg på gravitasjon, må jordmasser mot drencsystem domineres av sand, potensielt med iblandet grus, for å effektivt kunne slippe vannet ned i drencmassene. For å få en best mulig drenering burde kistegravsmassene være selvdrenerende, og drencsystemet skal kun sørge for en forbedret og raskere vannvei ut av feltet. Prinsippet om at massene skulle være selvdrenerende ligger til grunn for den anbefalte kornfordelingen for anleggsgjord som er angitt i NS 3420K, og som dekkes av anbefalingene i Figur 31.

6.2.11 Kjemiske egenskaper

Mange variabler for diverse næringsstoffer i jord korrelerte med bløtdeler, slik at økt forekomst av bløtdeler samvarierte med økte mengder næringsstoffer i omkringliggende jord. Det er mulig at næringsstoffer fra godt nedbrutte bløtdeler ble fraktet ut i omkringliggende jordsmonn og brukt opp av organismer i løpet av fredningstiden på 20 år, slik at det ved prøvetakingstidspunkt var lite igjen. I graver med intakte bløtdeler, er det derimot mulig at denne transporten til omkringliggende jordsmonn er aktiv i dag, som fører til økte verdier av disse næringsstoffene i jorden.

En alternativ forklaring er at jordsmonn med økte mengder næringsstoffer skaper dårligere nedbrytning av bløtdeler. Det er derimot ingenting i litteratur eller empirisk kunnskap som støtter

denne tolkningen, og den er konter-intuitiv, da økt bakterieliv i jordsmonn, som følge av økt næringstilgang, burde virke positivt på nedbrytning.

6.2.11.1 Syreløselig kalium

Syreløselig kalium er kalium som er tettere bundet til jordpartiklene, og som ikke er like lett tilgjengelig for planter og andre organismer, i motsetning til K-AL, som er mer oppløst i jordvæsken eller lett bundet til partikler. Syreløselig kalium hadde en signifikant korrelasjon med kiste og bløtdeler, og sterkt korrelert med sistnevnte.

Nivået av syreløselig kalium er normalt korrelert med forvitningsgraden av jorda, og høye nivå av syreløselig kalium indikerer dermed jord med lite kjemisk forvitring. Dessuten er nivået av syreløselig kalium vanligvis høyere i leirjord enn i sand- og siltjord.

Dårlig nedbrytning ser ut til å være assosiert med økte nivåer av syreløselig kalium i jord. Årsaken kan være den samme som nevnt over, at bløtdeler først og fremst påvirker omkringliggende jord med næringsstoffer mens de er til stede, og at næringsstoffer i ettertid blir brukt opp, slik at det ikke lenger er forhøyede verdier i jorden når nedbrytning er fullkommen og fredningstiden har gått ut. Det kan også hende at næringsstoffene er tett assosiert med tekstur og jord som i utgangspunktet er lite kjemisk forvitret. Leirjordsmonn vil holde bedre på næringsstoffene enn sandige jordsmonn. Og tekstur er, som vist tidligere, signifikant for nedbrytning av bløtdeler.

6.2.12 Annet

Mange årsaker kan føre til dårlig nedbrytning, som ikke ble undersøkt i dette prosjektet. Disse faktorene har blitt nøyere undersøkt i tidligere studier (oppsummert i Fielder & Graw, 2003).

6.2.12.1 Avdøde

Alder, kjønn og fettprosent på avdøde kan virke inn, fordi det påvirker mulighetene for å danne likvoks (likvoks dannes fra fettvev). Medisinering (som cellegift og antibiotika) ved død kan også påvirke, ved å forhindre biologisk aktivitet.

6.2.12.2 Årstid

Siden nedbrytning bremses opp ved ca. 4°C, og nedbrytningen er størst de første månedene, kan begravelse på vinterstid hemme igangsettelse av nedbrytningen, og dermed stagnerer hele prosessen.

Denne typen faktorer er ikke mulig å endre. Siden det er mange faktorer vi ikke kan kontrollere, blir det ekstra viktig at de faktorene som kan påvirkes blir optimalisert så mye som mulig.

6.2.12.3 Kistemateriale

Det ble ikke tatt prøver av kisterester i dette studiet, men Weinig (1958) og Weinzierl & Waldmann (2002) viste at nedbrytning av kiste påvirkes av kistemateriale, slik at for eksempel eik brytes ned tregere enn furu. Det er derfor muligheter for å forbedre nedbrytning ved å produsere kister som er egnet for formålet.

Støpte håndtak og polyesterhåndtak ble brukt på kister tidligere, og kan i seg selv gi en indikasjon på alder og kistens kvalitet. Trehåndtak brukes gjerne i dag.

6.2.12.4 Tekstilmateriale

Det ble ofte observert tekstiler sammen med bløtdeler. Tekstiler ble forsøkt identifisert i felt, som klær, kisteklede, liksvøp, og materiale. Da alt materiale skulle forbli i graven de kom fra, ble ikke tekstiler sendt til analyse for identifikasjon. Mange av tekstilene som ble observert, ble antatt å være syntetiske stoffer av forskjellige slag. Ofte ble tekstilene funnet sammen med bløtdeler, og gjerne likvoks. Syntetiske stoffers påvirkning på nedbrytning har blitt undersøkt i tidligere, eksperimentelle studier,

og er vist å ha en negativ effekt (Fielder & Graw (2003), basert på Aeschlimann (2002); Forbes et al., 2005b). Det er derimot uvisst om de har forårsaket utvikling av likvoks i gravene med dårlig nedbrytning, eller om de har forsterket et eksisterende problem. Dette fordi vi ikke vet om det var syntetiske stoffer ved gravlegging i de gravene der dette ikke ble observert. På plasser med god nedbrytning kan de syntetiske stoffene ha blitt brutt ned sammen med de andre restene, slik at de ikke kunne observeres. Intakte syntetiske blonderemser forekommer imidlertid i mange graver som ellers har god nedbrytning, som kan være en indikasjon på at de resterende tekstilene var naturlige stoffer som lot seg bryte med.

Samvariasjon mellom tekstiler og bløtdeler, som vist i «Samvariasjon responsvariabler», kan tyde på en årsakssammenheng. Dette styrker hypotesen om at tekstiler forverrer nedbrytning av bløtdeler.

6.3 Tiltak

6.3.1 Fredningstid

Som de statistiske resultatene viser, med mindre det er tekstiler man ønsker å bli kvitt, har det lite eller ingen hensikt å utvide fredningstiden på felter der nedbrytning har stoppet opp. Uten andre forbedrende tiltak, bør felter med dårlig nedbrytning stenges for kistegravlegging, slik det er åpning i regelverket for å gjøre (Gravferdsforskriften § 5). I de tilfeller der det er fluktuerende nedbrytningsforhold, og gravens innhold er delvis nedbrutt etter 20 år, kan det ha en effekt å øke fredningstiden til 40 år. Dersom problemet vedvarer etter 40 års fredningstid har utløpt, og det ikke er mulig å gjennomføre tiltak for å forbedre nedbrytningsforhold, bør gravfeltet stenges for kistegravlegging. Slike felter kan brukes videre til urnegravlegging.

6.3.2 Beplantning

Der det er beplantning og dype røtter, vil det ofte forekomme et rotteppe i kistedybde, der røtter har funnet veien inn i kiste (Figur 29). Jorden er ofte løs rundt røtter, som indikerer gode poresystemer og god transport av vann og luft nedover i profilet. I graver med røtter, spesielt der røttene har kommet helt ned til og inn i kiste, er det ofte bare knokler igjen, og graven er tørr.

Flere gravplassarbeidere meddeler at nedbrytningen er god der gravene ligger nær trær, selv på plasser med ellers dårlig nedbrytning. Det er gammel kunnskap at trær er gunstige på gravplassene. Samtidig er det tilfeller av at trær ble fjernet fra våte felter for å forenkle gravplassdrift, bare for å oppdage at vannproblematikken ble svært mye verre når trærne ikke lenger trakk opp vann. Fra gamle dager er det trolig mange felter som ble beplantet med trær for å forbedre vanntilstanden på feltene. **Trær har en funksjon ikke bare i sammenheng med jordsmonn og nedbrytning, men for å forhindre hengende vann og forsumpning på feltene. Det er verdt å fremme beplantning i moderne gravplassdrift (Figur 32).**

Trær og busker som plantes som tiltak mot hengende vann, for forbedret jordkvalitet og for bedre nedbrytning, vil ha en praktisk funksjon fremfor en estetisk. Trær bør likevel plantes slik at disse to hensynene går hånd i hånd. Trær som skades i drift (for eksempel at røttene skades og treet dør), må fjernes og helst erstattes.

Tiltakstrær burde ha disse egenskapene:

- Vokse raskt
- Dype røtter
- Røtter bør tåle vann

Bjørk trives ikke i vann, og har grunne røtter på felter med høy vannstand. Selv om erfaring tilsier at de hjelper på hengende vann i øvre masser, har de trolig liten påvirkning på nedbrytning.

Stavanger har hatt god effekt av dype, grove røtter i graver fra platanlønn, barlind (taxus – selv om denne er saktevoksende), alm og sypress. Grønnor har mange røtter som tåler forstyrret og våt jord (White, 2005), og har derfor egenskaper som passer til formålet. Planter på Fremmedartslisten, som platanlønn og grønnor, bør av naturmangfoldhensyn ikke brukes. Man bør derfor finne trær og busker med tilsvarende egenskaper, men som også hører hjemme i norsk natur.

Spisslønn, som forekommer naturlig i Norge, vokser raskt, og kan være et alternativ til platanlønn.

En utfordring med trær er at de er i veien for fremkommelighet med maskiner, samtidig som kvist og løv skaper ekstra arbeid i drift av gravplassen. Noen steder løses dette ved å la gressklipperen knuse løvet og la det ligge, slik at det kan bli mat for meitemark. Dette er et godt tiltak med hensyn på jordforbedring i topplagsmassene og grøntanlegget.

Kvistet treverk kan brukes i grøntanlegg til et sirkulært system. Bjørk egner seg lite i disse tilfeller, da dette treverket er seigt.



Figur 32: Trær plantet som erstatning for gravminner i Bispebjerg, Danmark. Foto: Åse Skrøvset.

Hvordan beplantning gjennomføres på hver enkel gravplass vil være opp til gravplassforvalterne, og begrenses av gravplassmyndigheten, lokale gravplassforskrifter, og etterlattes ønsker. Beplantning kan utgjøre en endring i gravplassens estetiske uttrykk, og vil i disse tilfeller være søknadspliktig etter gravplassloven.

Trær kan plantes regelmessig utenfor og mellom graver, og i soner mellom gravrekker og gravfelter, eller i soner med naturlig vegetasjon. Dersom man skal plante innad i feltene, må graven være ute av feste, eller det må være i samarbeid med etterlatte.

Beplantning med tanke på forbedret nedbrytning og som jordforbedringstiltak bør være en del gravplassplanen og gravplassens landskapsarkitektoniske utforming ved etablering av gravplass. Gamle gravplasser må ta hensyn til gravplassens og feltenes eksisterende estetiske uttrykk, samt ivareta gravplassens funksjon som sørgeplass for etterlatte.

6.3.3 Drenering

Selv med selvdrenerende masser vertikalt, må man sørge for at vannet også har en horisontal transport ut av området. Et system som baserer seg på at vannet skal sige ut av området naturlig er sårbart for perioder med store nedbørmengder.

Under kistegravsmassene bør det alltid ligge et drenerende lag som kan transportere vannet bort fra graven, og ut av feltet. Disse massene bør være grovere enn kistegravsmassene, men ikke så grove at kistegravsmassene renner ned og fyller porene i drens laget. Dessuten må jordmassene og drens massene begge kunne transportere vann via gravitasjon, slik at jordmassene slipper vannet til drens massene. Grov sand til fin grus, fraksjon 2-4 mm, vil oppfylle disse betingelsene, mens grovere masser (fraksjoner på 2-6, 2-8 mm), selv om de lar seg bruke, fortære vil kunne tettes av finpartikler fra lagene over.

Avskjæringsgrøfter i overkant av felt kan hindre tilsig av vann på feltene, og grøfter i underkant av feltene kan sørge for at vannet transporteres raskt ut, spesielt i kombinasjon med systemer som også strekker seg inn i feltet.

For å sikre god drenering på feltene er det altså viktig med en helhetlig dreneringsplan: Kistegravsmasser med naturlig god drenering, selvdrenerende masser som leder vann ut av graven og til et drens system. Drens systemet skal deretter frakte vannet effektivt ut av feltet.

6.3.4 Kalking

Metoden med lesket kalk kan åpne for gjenbruk av graver der rester er konservert som likvoks. Der plast er årsaken til dårlig nedbrytning, kan kalk åpne for gjenbruk av graven i fremtiden. Der leirjordsmonn eller drenering er årsaken til dårlig nedbrytning, kan kalking kun fungere som en engangsløsning, da metoden ikke endrer grunnforholdene som førte til konserverte rester i utgangspunktet.

6.3.5 Tilførsel av kompost/bakteriekultur i grav

Effekten av å tilføre kompost eller bakteriekultur i kiste før gravlegging er ikke undersøkt i dette studiet, men foreslått som mulig tiltak i fremtiden. Videre studier vil kunne undersøke effekten av et slikt tiltak. Kompost vil imidlertid bare fungere godt med tilstrekkelig oksygentilgang.

7 Konklusjon og nye anbefalinger

De signifikante variablene avdekket i dette studiet er trolig gjeldende, men ikke ekskluderende, for all nedbrytning. Det kan være variabler som påvirker nedbrytning som ikke er fanget opp i dette studiet. Det var for eksempel ikke nok variasjon i årlig temperatur og nedbør til å finne en sterk korrelasjon med nedbrytning, men om man inkluderer mer ekstreme ytterpunkter i datasettene, vil man potensielt kunne finne slike sammenhenger.

Da nedbrytning ser ut til å være mindre påvirket av nedbørsmengde og klimasoner enn antatt, vil trolig konklusjoner og anbefalinger basert på resultatene være gjeldende også utenfor områder dekket i prosjektene. Det er grunn til å tro at alle kommuner i Norge med lignende klima som Bergen, Bærum, Oslo, Sandnes, Stavanger og Trondheim (årsnedbør mellom 836-2495 mm, og middeltemperatur mellom 5,0 og 8,4°C) vil kunne bruke disse anbefalingene til å forbedre nedbrytningsprosessen på sine gravplasser.

7.1 Anleggelse av nye felter og gravplasser

Ved anleggelse av nye felter og gravplasser er det best om man velger ut områder som i utgangspunktet er egnet med hensyn på jordsmonn, drenering og terreng. Det må gjøres en vurdering av om stedegne masser er egnet for kistegraver, slik at egnede naturlige masser kan brukes videre på gravplassen. Det er svært viktig å ivareta et langsiktig perspektiv gjennom anleggsfasen. En vellykket gravplass skal kunne benyttes med ivaretatt funksjon i mange generasjoner – mange hundre år – fremover, og i dette perspektivet betyr noen måneder fra eller til lite. Et halvt år ekstra kan derimot være avgjørende for gravplassens funksjon i de neste hundre årene, dersom man gjør et ordentlig arbeid i anleggelsen og jobber under laglige forhold. I laglige forhold ligger at massene kun håndteres i svakt fuktig til tørr tilstand, og at maskiner som skal kjøre utenfor anleggsveier tilpasses grunnens bæreevne. Arbeid med avtagning og utleggelse av masser bør gjøres med beltegående gravemaskin, der maskinens tyngde tilpasses bakkens fuktighetsforhold. Massene bør i størst mulig grad få sette seg naturlig. En må derfor beregne en tilstrekkelig overhøyde ved utlegging av masser, som forutsetter setning på 10-15 %. Komprimering med valse bør unngås. Det er ikke ønskelig å få helt flate felt, og 1-2 % helling mot drenering vil bidra til å unngå at det samler seg is- og vann på overflata.

7.1.1 Naturlige masser versus knuste masser

I anbefalingene for anleggsgjord til grøntanlegg er det sammenfallende anbefalinger om maksimalt 50 vol. % knuste masser av mineraljordfraksjonen både i prosess 74.44 (Statens vegvesen 2018) og NS3420K (Standard Norge 2022).

Som beskrevet i Økland & Haraldsen (2020), vil knuste masser pakkes tettere på grunn av skarpkantede partikler, porer ofte tettes når kornene gnisser mot hverandre og avgir finstoff, samt ofte ha en høy pH da det er nye bruddflater på kornene som lett reagerer med miljøet (avhengig av opphavsbergarten). Knuste masser endrer dermed jordegenskapene. Disse tre egenskapene ved knuste masser gjør dem lite egnet til bruk alene som kistegravsjord.

Naturlige masser har rundere korn, forvitrede overflater, avgir lite finstoff, og pakker seg løsere, slik at makroporer opprettholdes.

Det var ingen muligheter for å åpne graver med knuste masser i prosjektet, og effekten på nedbrytning er derfor ikke studert. Det er muligheter for å gjøre et komparativt studie av knuste og naturlige massers effekt på nedbrytning i fremtiden.

Egenskapene og tilknyttet funksjon beskrevet i rapporten er knyttet til masser av naturlig opprinnelse, N-masser. På bakgrunn av andre studier knyttet til bruk av knuste masser, K-masser i grøntanlegg, vil vi ikke anbefale bruk av rene K-masser der nedbrytning skal foregå, uten videre undersøkelser. En

blanding av K-masser opp til 50% av totalt volum kan benyttes på bakgrunn av anbefalinger for anleggsgjord. I anleggsbransjen er det føringer for at stedeagne masser skal gjenbrukes om mulig, i tråd med mål om kortreiste masser og bærekraftig bruk av ressurser. Disse massene vil være naturlige masser, og vil bidra til minimumskravet på 50 % N-masser.

7.1.2 Jordblandinger

Blanding av jord må skje når forholdene er egnet. Leirjord er svært sensitiv for fuktighet, og ødelegges dersom den håndteres under fuktige forhold. Sandjord er mer robust, men fordrer tørre til svakt fuktige masser for å blandes ordentlig og ikke klumpe seg. For å sikre at blandingen blir gode og i tråd med ønskede egenskaper og funksjon, må blandingen gjøres på tidspunkter der det er mulig å gjennomføre, da først og fremst om våren og sommeren, **under tørre forhold**.

Framdrift i prosjekt må tilpasses værforholdene – man må unngå å stresse anleggsgjennomføring, og heller gjøre arbeidet når forholdene er egnet. Entreprenør må følges opp underveis.

7.1.3 Tekstur og struktur

Kistegravsmasser bør være innenfor idealintervallet for tekstur. For å sikre god struktur, god rotutvikling og masser med robusthet fra løs til skjør, er det viktig at massene ikke komprimeres under oppbygging av feltene. Utlekking med bulldoser og valsing av masser ettersom de plasseres ut har vært vanlig praksis, men må unngås både av driftshensyn senere (komprimerte masser blir svært harde og vanskelige å grave i), og av hensyn til struktur og poresystemer. Transport av masser må foregå på faste anleggsveier som er laget for å tåle belastningen, og man må så langt det lar seg gjøre unngå å kjøre på masser som er lagt ut. Dersom man kjører ut på massene, må det brukes beltegående gravemaskiner, og de kan da brukes til å løsne jorda der det er kjørt. Massene må formes for å få det terrenguttrykket og den overflaten som ønskes, og dette kan i stor grad også gjøres av gravemaskin. Massene bør så langt det lar seg gjøre få settes naturlig, selv om det kan innebære å vente noe lenger med å ta feltet i bruk. I denne sammenheng vil en venting på noen måneder være et kort tidsperspektiv sammenlignet med tidshorizonten man ønsker at gravfeltet skal være i bruk. Entreprenør og anleggsarbeidere bør kurses i utfordringer og nøkkelpunkter for prosjektets suksess, og må følges opp gjennom hele anleggsfasen.

7.1.4 Drenering

Drenssystemer må designes for å virke med kistegravsmassene, og må tilpasses terrenget. Hvert felt må anlegges slik at overskuddsvann drenerer ut på en effektiv måte. Dette er ikke bare nyttig med tanke på å sørge for god nedbrytning og bærekraftig gjenbruk av graver, men kan forebygge flom, overmettet jord på grunn av utilstrekkelig drenering, og minske erosjonsrisiko. Det vil forbedre så vel grøntanlegget som funksjon under jorden, ved at man hindrer tilstander med hengende vann og sumplignende tilstander i øvre jordlag.

7.1.5 Beplantning

Beplantning bør vurderes som et forebyggende tiltak, for å forbedre jordsmonnet, binde jorden og oppnå mer stabilitet, og for å forbedre vannsituasjonen både i graven og grøntanlegget. Beplantning kan bare gjøres på graver som ikke lenger er i feste, dersom pårørende selv ønsker det, eller på felter som enda ikke er tatt i bruk.

7.2 Tiltak ved ufullstendig nedbrytning

Etter 20 års fredningstid har utløpt, har gravalder svært liten innvirkning på videre nedbrytning. I de fleste tilfeller må man trolig sette inn andre tiltak enn utvidet fredningstid for å få tilfredsstillende

nedbrytning på et gravfelt. **Tiltak må tilpasses hver gravplass, hvert enkelt felt, og de unike utfordringene hvert sted står overfor.**

Basisfarge på jordsmonn og fargeflekker kan brukes som indikatorer på jordsmonnets egnethet til nedbrytning, og for å identifisere problemer med grunnvann.

Der nedbrytning har stoppet helt opp, og man av ulike hensyn, som arealbegrensninger eller økonomiske insentiver, trenger å bruke gravfeltene videre, er det viktig å identifisere årsaken til dårlig nedbrytning. Hovedgrunnen til dårlig nedbrytning kan være jordsmonnet, det vil si uegnet tekstur, mangelfull strukturutvikling eller komprimerte masser. En annen mulighet er at tekstur og jordsmonnutvikling er god, men dreneringen ufullstendig.

Dersom årsaken til dårlig nedbrytning er at avdøde ble forseglet i plast, «plastgrav», kan kalking fjerne restene og åpne for gjenbruk av graven.

Dersom teksturen er uegnet, vil trolig andre tiltak ikke være effektive før man har masser med egnet tekstur. I Sveits har det vært praktisert å gjøre en fullstendig masseutskiftning, der restene i hver grav ble tatt ut gjennom operasjonen, og deretter plasseres tilbake på originale koordinater i egnede masser. En slik operasjon er imidlertid problematisk både av etiske og HMS-hensyn, og er ikke lov i Norge. Det er derimot lov å heve terrenget med påfyll av masser. I en slik operasjon vil man kunne gjenbruke topplagsmassene til grøntanlegget, ofte 20-30 cm tykt. Av hensyn til gravfreden vil det normalt ikke være mulig å fjerne/ masseutskifte jordlag under topplagsmassen. De gamle gravene med innhold vil dermed forbli urørte, og man lager i effekt et nytt gravfelt over det gamle. Dersom gamle masser gjenbrukes, er det svært viktig at en andel ny masse blandes inn for å sikre jevn tekstur i hele gravens dybde. Sandmasser er lette å blande. Som vist i tidligere prosjekter og nyere opparbeidede felter, er det svært viktig å følge opp entreprenør med kursing og befaringer, slik at man er sikker på at jobben blir gjennomført etter oppskrift. Under en anleggsfase må man unngå unødvendig komprimering av masser. Det er erfart fra jordflyttingsprosjekter i anleggsbransjen at beltegående gravemaskin gir de beste resultatene. Tyngde på gravemaskinen må velges etter jordens bæreevne, og slik at kister i underliggende lag ikke komprimeres. Masser må legges ut systematisk slik at man unngår å kjøre over ferdig utlagt jord. Massene bør ikke valeses, men heller settes naturlig for å ivareta jordens poresystemer. Gravemaskinen kan forme massene slik at man oppnår ønsket landskapsform.

Påfylling av masser i gravfelt vil være en vesentlig endring av gravplass som krever godkjenning av statsforvalteren. I noen tilfeller vil et slikt tiltak også være søknadspliktig etter kulturminneloven og plan- og bygningsloven.

Det å kun skifte ut fyllmassene i graven er en annen mulighet, men med den risikoen at man skaper «badekarsgraver» med stagnert vann. Dersom man går inn for dette tiltaket, er det svært viktig å sørge for drenering ut av hver grav, i effekt «åpne proppen i badekaret», slik at vannet ikke kan samle seg opp. En kombinasjon av god drenering og bytte av fyllmasser kan tenkes å ha god effekt, men er ikke bekreftet i dette studiet.

Dersom teksturen er egnet, men strukturen er dårlig, kan man plante busker og trær med dype, grove røtter som over tid kan forbedre jorden. Dersom jorden er komprimert, kan man løsne jorden mekanisk, og bruke den på nytt. Dette er en stor operasjon, men ikke i samme omfang som en full masseutskiftning, da massene kan brukes om igjen.

Dersom ufullstendig drenering er årsaken til dårlig nedbrytning, er det viktig å identifisere hvorfor vannet ikke drenerer ut. Propper og andre hindringer for drenering må fjernes, eller vannet ledes rundt eller gjennom hindringene. Man kan forbedre situasjonen med avskjærende grøfter i overkant og nedkant av feltet, og må vurdere om det er hensiktsmessig å legge inn et drensssystem innover i feltet, især om de første tiltakene ikke i seg selv gir et tilfredsstillende resultat.

Siden grove, dype røtter fra trær og busker forbedrer jordsmonn, trekker opp vann fra gravene og hindrer forsumpning med hengende vann på grøntanlegget, anbefales det å bruke beplantning som et

aktivt tiltak på alle steder med mye nedbør, og der man av erfaring vet det er mye vann. Trær kan brukes som et naturlig, økologisk og klimavennlig tiltak. En mulig tilnærming kan være å sette igjen eller etablere soner med naturlig vegetasjon mellom gravfeltene. Beplantning kan gjøres utenfor og mellom graver og gravrekker. Trær kan bare plantes på en grav dersom forskrift om gravplassvedtekter i den aktuelle kommune åpner for det, og dersom etterlatte selv ønsker slik beplantning. Beplantning som tiltak kan være søknadspliktig etter gravplassloven, dersom beplantningen utgjør en vesentlig endring i gravplassens uttrykk. Tiltaket må ta hensyn til gravplassens estetiske utforming, da dette potensielt kan endres mye med beplantning.

Dersom forhold legger til rette for nedbrytning med tekstur, drenering, struktur og beplantning, vil nedbrytning kunne gå sin gang ved nye gravinger. På felter der det har vært mangelfull nedbrytning på grunn av for eksempel komprimerte masser og stagnert vann, dersom man gjør tiltak som drenerer stagnert vann og sørger for lufttransport ned i graven, skal i teorien nedbrytning starte opp, og gå sin gang igjen. Fründ & Schoenen (2009) viste at ved å tilføre luft til likvoks, kunne nedbrytning starte opp i løpet av kort tid. Hvor lang tid det tar å få fullstendig nedbrytning etter tiltak er gjennomført vil trolig variere i hvert tilfelle, og kan besvares nærmere med videre studier. Erfaringer med positiv effekt av utvidet fredningstid, der gravene har kunnet tidvis tørke opp og få lufttilførsel, tyder på at det også vil være en positiv effekt på nedbrytning ved å permanent forbedre drenering og oksygentilgang.

7.3 Videre studier

Dette studiet har begrensninger i form av representerte klimasoner. Det er mulig å utvide datasettet og resultatene med gravplasser som representerer kaldere, varmere, våtere og tørrere områder, og høyfjellsområder.

Prosjektet dekker mange ulike typer jordsmonn, men det vil være mulig å utvide studiet med plasser der det brukes for eksempel hovedfraksjon grov grus som kistegravjord, eller områder med skjellsand, morenemasser, myr, eller andre typer jordsmonn som er lite representert i studiet.

Det går an å gjøre videre analyser på datasettet med ordinasjonsmetoder for å ordne variablene etter forklaringsgrad av nedbrytningsvariasjonen. Det går også an å gjøre videre eksperimentelle studier med utgangspunkt i resultatene av dette korrelasjonsstudiet. Det kan da være aktuelt å grave ned gris i forskjellige masser i kontrollerte miljøer, for å bevise årsakssammenhenger mellom nedbrytning og jordsmonn.

Det ville også være interessant å studere effekter av tiltakene, for å se i hvilken grad de kan forbedre nedbrytningsforholdene i et felt, som for eksempel kalking og utskiftning av fyllmasser med drenering. Det ville også være interessant å studere gravfelter der dreneringen var årsak til mangelfull nedbrytning, og hvor lang tid det tar å oppnå god nedbrytning etter at drens-systemer er implementert eller reparert. Dersom tiltak ikke har gitt tilfredsstillende resultater, vil det være interessant å finne årsaken til det også, slik at man i fremtiden kan unngå de samme feilene. Målet ville være å få en trygghet i at man investerer i vellykkede tiltak.

8 Referanser

- Fiedler, S. & Graw, M. 2003. Decomposition of buried corpses, with special reference to the formation of adipocere. *Naturwissenschaften* **90**, 291-300.
- Forbes, S.L., Stuart, B.H. & Dent, B.B. 2005a. The effect of the burial environment on adipocere formation. *Forensic Science International* **154**, 24-34.
- Forbes, S.L., Stuart, B.H. and Dent, B.B. 2005b. The effect of the method of burial on adipocere formation. *Forensic Science International* **154**, 44-52.
- Fründ, H.-C. & Schoenen, D. 2009. Quantification of adipocere with and without access to oxygen and to the living soil. *Forensic Science International* **188**, 18-22.
- Laaksonen, K. 1976. The dependence of mean air temperatures upon latitude and altitude in Fennoscandia (1921-1950). *Annls Acad. scient. fenn. Ser A 3 geol.-geogr.* **119**, 1-19.
- Laaksonen, K. 1979. Effective temperature sums and durations of the vegetative period in Fennoscandia (1921-1950). *Fennia* **157(2)**, 171-197.
- Moe, S. 2011. Utskifting av masse ved oppgraving av graver. *FAGUS Fakta* **8(7)**, 2 s.
- Munsell. 2009. Soil Color Book. *Munsell Color x-rite*. 2017 production.
- Norsk klimaservicesenter, 2021. Klimanormaler: Månedsnormaler for middeltemperatur 1991–2020. – Norsk Klimaservicesenter, Meteorologisk Institutt, <https://klimaservicesenter.no/kss/vrdata/normaler> (aksessert 2022 02 27), Oslo.
- Offergaard, S. 2017. Gravarbeiderne. *Byggeindustrien* **15**, 32-34.
- Schotsmans, E.M.J. 2013. The effects of lime on the decomposition of buried human remains. *PhD Thesis. University of Bradford*.
- Standard Norge 2022. Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner Del K: Anleggsgartnerarbeider. NS 3420-K:2022, utgave 5.
- Statens vegvesen 2018. Prosesskode 1. Standard beskrivelse for vegkontrakter. Hovedprosess 1-7. Håndbok R761.
- Stople, E. 2011. Utskifting av løsmasser i forbindelse med opparbeidelse av gravlunder. Erfaringer fra Hundvåg gravlund i Stavanger. *FAGUS Fakta* **8(10)**, 8 s.
- Stople, E. & Kambestad, K. 2020. Gjenbruk av kistegraver. Sluttrapport fra prosjektet «Når er det greit å gjenbruke en kistegrav?». *KA Arbeidsgiverorganisasjon for kirkelige virksomheter*, 04.12.2020.
- Sveistrup, T.E. 1984. Retningslinjer for beskrivelse av jordprofil. *Jord og myr* **8(2)**, 30-77.
- Sveistrup, T.E. & Njøs, A. 1984. Kornstørrelsesgrupper i mineraljord. Revidert forslag til klassifisering. *Jord og myr* **8(1)**, 8-15.
- Thew, H.A. 2000. Effects of lime on the decomposition rate of buried remains. *Master's thesis. University of Indianapolis*.
- Weinig, E. 1958. Die Nachweisbarkeit von Giften in exhumierten Leichen. *Dtsch Z Gesamte Gerichtl Med* **47**, 397-416.
- Weinzierl, W. Waldmann, F. 2002. Karte der potenziellen Problemstandorte für Erdbestattungen in Baden-Württemberg. *Wasser Boden* **54**, 4-7.
- White, J. 2005. Trær i Norge og Europa. *Damm*, 831s.
- Økland, R.H. 1989. Hydromorphology and phytogeography of mires in inner Østfold and adjacent part of Akershus, SE Norway, in relation to regional variation in SE Fennoscandian mires. *Opera bot.* **96**, 1-122.
- Økland I.H. & Haraldsen, T. 2020. Nedbrytningsforhold på gravplasser. En sammenfatning av faglig kunnskap og NIBIOs konsultasjonsgrunnlag for egnet jord til kistegraver våren 2020. *NIBIO Rapport* **6(70)** 28s.

8.1 Geografiske og historiske fakta for områdebeskrivelser er hentet fra:

<https://www.oslo.kommune.no/helse-og-omsorg/begravelser-gravplasser-og-kremasjoner/gravplasser-i-oslo/vestre-gravlund/>

<https://no.wikipedia.org/wiki/Oslo#Geologi>

<https://www.ssb.no/kommunefakta/>

<https://no.wikipedia.org/wiki/Bergen>

<https://no.wikipedia.org/wiki/B%C3%A6rum>

<https://no.wikipedia.org/wiki/Sandnes>

<https://no.wikipedia.org/wiki/Stavanger>

<https://no.wikipedia.org/wiki/Trondheim>

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.