

Utprøving av Franzefoss vekstjord

Resultater fra vekstforsøk med raigras
og grøntanleggsplanter

Jordforsk rapport nr. 108/01

Tittel:

Utprøving av Franzefoss vekstjord. Resultater fra vekstforsøk med raigras og grøntanleggsplanter.

Forfatter(e):

Trond Knapp Haraldsen og Per Anker Pedersen

Dato: 30.01.2002	Tilgjengelighet: Åpen	Prosjekt nr.: 3572	Arkiv nr.: 7.0219-16
Rapport nr.: 108/01	ISBN-nr.: ISBN 82-7467-422-7	Antall sider: 20	Antall vedlegg:

Oppdragsgiver:

Franzefoss Kalk AS

Kontaktperson(er):

Sveinung Folkvord

Stikkord:

Gjødsling, grøntanlegg, organisk materiale, jord, slam, steinmel

Fagområde:

Jordressurser/-kvalitet/-prosesser

Sammendrag:

Steinmel fra pukkverk, overskuddsjord og slam fra rensanlegg er brukt til å lage jordblandinger til grøntanlegg. Det er gjennomført forsøk jordblandinger basert på to typer steinmel (Vinterbro og Hanekleiva) og to typer jord (Steinskogen og Hanekleiva). Forsøkene er gjennomført i plasthus. Det var bedre vekst i blandinger av sur skogsjord (Steinskogen) og steinmel fra Vinterbro enn i blandinger av svakt alkalisk skogsjord (Hanekleiva) og steinmel fra Hanekleiva. Best vekst ble oppnådd med 2 deler jord fra Steinskogen og 1 del steinmel fra Vinterbro, mens like deler av jord og steinmel fra de samme stedene også ga godt resultat. Jordblanding med like deler av sur skogsjord (Steinskogen) og steinmel (Vinterbro) hadde stort luftfylt porevolum og god vannlagringsevne, og ble vurdert å ha gode egenskaper for bruk til grøntanlegg. Innblanding av kalkrikt VEAS-slam ga pH i området 7,4-8,1 i jordblandingene. Blanding av sur skogsjord med steinmel ga også pH over 7 uten innblanding av slam. Selv om det i raigras ble oppnådd stigende vekst av raigras opp til 25 vol. % slaminnblanding, viste forsøkene med raigras og ulike grøntanleggsplanter at 10 vol. % VEAS-slam ga tilstrekkelige mengder nitrogen i forhold til normalt planteopptak. Surjordsvekster som sølvvier og vanlig bjørk trivdes dårlig i disse jordblandingene med høy pH, mens arter som rynkerose, buskmure, svarturbær og junisøtmispel hadde god vekst.

Land/fylke: Norge**Kommune:****Sted/Lokalitet:****Kart 1:50 000:****Økon. kart 1:5 000:****UTM-koordinater**

Ansvarlig leder

.....

Nils Vagstad

Prosjektleder

.....

Trond Knapp Haraldsen

Forord

Utvikling av vekstjord basert på finstoff fra pukkproduksjon, overskuddsjord fra steinbrudd og slam fra renseanlegg er tema for denne rapporten. Oppdragsgiver er Franzefoss Kalk AS. Programmet ”Organiske restprodukter – Ressurser i omløp (ORIO)” har bidratt med finansiering av prosjektet. Jordforsk har hatt det faglige hovedansvaret for undersøkelsen. Det er gjennomført vekstforsøk ved Institutt for plantefag, NLH, med Per Anker Pedersen som ansvarlig. Ellen Zakariassen har stått for den praktiske gjennomføringen av forsøkene. Kjemiske- og mekaniske jordanalyser er gjennomført ved Jordforsk Lab. Jordfysiske analyser er gjennomført ved Planteforsk, Holt forskingssenter, Tromsø.

Ås 30.01.2001

Trond Knapp Haraldsen

Per Anker Pedersen

Innhold

1. Innledning	4
2. Materiale og metoder	5
2.1. Knust stein (steinmel) og jord.....	5
2.2. Slam fra VEAS	6
2.3. Forsøksplaner.....	7
3. Resultater og diskusjon.....	9
3.1. Stigende mengder slam blandet med mineraljord.....	9
3.2. Ulike typer mineraljordblandinger og to mengder slam.....	11
3.3. Mineraljordblandinger, slammengder og grøntanleggsplanter.....	16
4. Konklusjoner.....	19
5. Referanser	20

1. Innledning

Problemstillingene knyttet til produksjon av vekstjord basert på nedknust stein blandet med organisk materiale og bruk av slike produkter til å lage produktive jordarealer ble først tatt opp av Låg (1977, 1979). Han så bl.a. på egenskapene til finkornede avfallsprodukter fra pukk og singelproduksjon (0-4 mm). Jeng (1985) gjorde vekstforsøk med blandinger av steinmel og torv. Han konkluderte med at innblanding på 20 til 50% organisk materiale var hensiktsmessig avhengig av steinmelets egenskaper, typen organisk materiale og fuktighetsforholdene på bruksstedet. Bruk av steinmel til vekstjord ble også undersøkt av Vigerust (1988). Han undersøkte ulike blandingsforhold av steinmel og torv. Han konkluderte med at det var nødvendig med minst 20 vol. % torv for å få et brukbart vekstmedium. Det tilsvarer om lag 4-5 vektprosent organisk materiale.

Haraldsen et al. (2000) undersøkte jordblandinger med knust stein (steinmel) og ulike typer mineraljord med innblanding av organisk materiale som torv, kompost, slam eller blandinger av slam og kompost i potteforsøk i veksthus. Best vekst ble oppnådd når slam eller slam blandet med kompost ble brukt som organisk materiale. Største mengde organisk materiale (5 % på vektbasis) ga bedre vekst enn 2,5 % organisk materiale. Ulike blandingsforhold av sand, knust stein (0-8 mm) og mineraljord (letteire) ga ikke sikre forskjeller i tilvekst av raigras.

Franzefoss Kalk har tatt opp ideen om å produsere vekstjord av finfraksjonen fra pukkverk (0-2 mm, 0-4 mm) og naturlig jord blandet med slam eller annet organisk materiale. For å komme fram til produkter der en oppnår god plantevekst og rask etablering av grøntanlegg, er det gjennomført forsøk i veksthus. Disse forsøkene ble gjennomført med sikte på å avklare:

- virkningen av stigende mengder slaminnblanding
- optimalt blandingsforhold mellom steinmel (0-2 mm), jord og slam
- hvordan ulike grøntanleggsplanter etablerer seg og vokser i jordblandinger

Denne rapporten omhandler resultater fra forsøkene med jordblandinger av steinmel fra pukkverk, naturlig jord og stigende mengder slam fra Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS).

2. Materiale og metoder

2.1. Knust stein (steinmel) og jord

I forsøkene ble det brukt to typer steinmel (0-2 mm). Den ene kom fra Vinterbro i Ås og den andre fra Hanekleiva i Sande. Steinmel ble blandet med to forskjellige typer jord. Den ene kom fra Hanekleiva i Sande og den andre fra Steinskogen i Bærum.

Begge steinmeltypene har alkalisk reaksjon, noe som er typisk for slike masser (Låg 1977). I forhold til jordtypene er det et betydelig innhold av kaliumreserver i steinmeltypene (Tabell 1). Jorda fra Hanekleiva er svakt alkalisk, mens jorda fra Steinskogen har sur reaksjon. Innholdet av magnesium og kalsium i både steinmeltypene og jordtypene viste tilstrekkelige verdier for plantevekst.

Tabell 1. Kjemiske egenskaper til steinmel (0-2 mm) fra Vinterbro og Hanekleiva og jord fra Hanekleiva og Steinskogen.

Type	Sted	pH	P-AL	K-AL	K-HNO ₃	Mg-AL	Ca-AL	Org. C
			mg/ 100 g	mg/ 100 g	mg/ 100 g	mg/ 100 g	mg/ 100 g	g/ 100 g
Steinmel	Vinterbro	10,6	1,8	7,3	250	10,5	599	0,0
	Hanekleiva	8,9	3,3	6,9	145	7,7	326	0,0
Jord	Hanekleiva	7,6	2,0	9,3	56	21,4	616	3,1
	Steinskogen	5,1	5,1	9,5	23	6,6	98	6,1

Steinmelet fra Vinterbro kan karakteriseres som siltig mellomsand til siltig grovsand i henhold til Sveistrup & Njøs (1984), mens steinmelet fra Hanekleiva er grusholdig siltig grovsand til siltig grovsand. Jorda fra Hanekleiva er en grusholdig siltig mellomsand, mens jorda fra Steinskogen er en siltig mellomsand (Tabell 2).

Tabell 2. Mekanisk sammensetning av steinmel fra Vinterbro og Hanekleiva og jord fra Hanekleiva og Steinskogen (fraksjoner i vekt %).

Type	Sted	Frasikt % av total prøve	% av fraksjonen < 2 mm						Leir <0,002 mm
			Sand		Silt		Leir <0,002 mm		
			2-0,6 mm	0,6-0,2 mm	0,2- 0,06 mm	0,06- 0,02 mm		0,02- 0,006 mm	0,006- 0,002 mm
Steinmel	Vinterbro	15,9	35,8	27,9	20,4	9,0	3,3	1,4	2,1
	Vinterbro	16,5	24,2	31,2	25,7	10,4	3,9	2,0	2,6
	Hanekleiva	10,1	46,4	22,1	15,0	6,4	4,3	2,3	3,5
	Hanekleiva	21,4	33,8	26,7	18,9	8,1	5,3	2,8	4,4
Jord	Hanekleiva	33,8	25,7	24,9	20,5	10,3	7,3	4,1	7,1
	Hanekleiva	40,4	23,4	25,3	21,6	10,8	7,1	4,7	6,9
	Steinskogen	15,4	11,9	18,1	24,0	17,9	12,4	6,1	9,7
	Steinskogen	13,9	8,9	19,0	26,5	18,1	12,3	5,6	9,5

2.2. Slam fra VEAS

Slammet fra VEAS er kalkrikt med høy pH (10,15) og om lag 15 % kalsium på tørrstoffbasis (Tabell 3). Innholdet av organisk materiale er under 40 %. Metallene jern og aluminium utgjør 3,7 % av tørrstoffet. I forhold til slamforskriften er innholdet av tungmetaller tilstrekkelig lavt for spredning på jordbruksareal. Innholdet av kadmium, kopper, og kvikksølv tilsvarer klasse 2 i henhold til gjødselvereforskriften. Til grøntareal er derfor innholdet av tungmetaller godt innenfor kravene for å brukes til dyrkingsmedier.

Tabell 3. Analyser av slam fra VEAS, juni 2001.

Analyse	Enhet	Resultat
pH		10,15
Tørrstoff	vekt %	49,7
Glødetap	vekt %	38,3
Total N	g N/kg TS	19,2
Ammonium-N	g N/kg TS	0,74
Total P	g P/kg TS	16,5
Total K	g K/kg TS	2,04
Kalsium	g/kg TS	148
Magnesium	g/kg TS	4,8
Aluminium	g/kg TS	27,3
Jern	g/kg TS	10,1
Kadmium	mg/kg TS	0,88
Bly	mg/kg TS	34,8
Kopper	mg/kg TS	486
Sink	mg/kg TS	365
Kvikksølv	mg/kg TS	1,5
Krom	mg/kg TS	16,6
Nikkel	mg/kg TS	14,0
Kobolt	mg/kg TS	4,25
Mangan	mg/kg TS	161

2.3. Forsøksplaner

Generelt

Dyrkingsforsøkene ble etablert i plasthus i Planteskolen, Norges landbrukshøgskole i uke 25. Det ble benyttet 3,5 l plastpotter. Vanning skjedde manuelt og tilpasset plantenes behov. Det ble plassert skåler under pottene for å redusere næringstap ved eventuell utvasking. Fullgjødsel 11- 5- 17 ble brukt for å gi gjødselvirkningsreferanse på effekten av slammet. Ved beregning av mengde Fullgjødsel pr potte er det forutsatt at innblanding av de aktuelle mengder oppgitt pr. arealenhet skjer i øvre 20 cm jordlag.

Forsøk 1. Stigende mengder slam blandet med mineraljord

I dette forsøket ble det brukt en mineraljordblanding av steinmel fra Vinterbro (0-2 mm) og jord fra Steinskogen (Sj) i forholdet 1:1. Det ble brukt stigende mengder slam (5-30 vol. %) og fullgjødsel (6-24 kg N i Fullgjødsel 11-5-17) (Tabell 4). Etter høsting ble det avklipte raigraset tørket i 3 døgn ved 60°C.

Tabell 4. Forsøksplan for forsøk med stigende mengder slam og fullgjødsel

Jordblanding	Vol. % slam	Vol. % mineraljord	Fullgjødsel kg N/daa
1	5	95	0
2	10	90	0
3	15	85	0
4	20	80	0
5	25	75	0
6	30	70	0
7	0	100	6
8	0	100	12
9	0	100	18
10	0	100	24

Raigras (*Lolium perenne* 'Andy') var forsøksplante. Graset ble sådd 22.06.. Det var 4 gjentak og totalt 40 potter. Raigraset ble klipt 23.07, 8.08, 4.09 og 26.09. Farge og etablering ble også bedømt- se forsøk 3.

Forsøk 2. Ulike typer mineraljordblandinger og to mengder slam

Det ble benyttet to typer steinmel (fra Vinterbro og fra Hanekleiva) og to typer jord (jord fra Steinskogen og jord fra Hanekleiva). Formålet med dette forsøket var å teste ulike blandingsforhold mellom steinmel (0-2 mm) og jord. I dette forsøket ble det bruk følgende blandinger: 0-100, 25-75, 33-66, 50-50, 66-33, 75-25, 80-20 og 100-0. Det ble bruk to mengder slam (10 % og 20 %). Dette ga følgende kombinasjoner av steinmel og jord, totalt 19 ledd:

1. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen, forhold 1:1
2. Steinmel fra Hanekleiva og jord fra Steinskogen, forhold 1:1
3. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Hanekleiva, forhold 1:1
4. Steinmel fra Hanekleiva og jord fra Hanekleiva, forhold 1:1
5. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen, forhold 1:3
6. Steinmel fra Hanekleiva og jord fra Steinskogen, forhold 1:3
7. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Hanekleiva, forhold 1:3
8. Steinmel fra Hanekleiva og jord fra Hanekleiva, forhold 1:3
9. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen, forhold 3:1
10. Steinmel fra Hanekleiva og jord fra Steinskogen, forhold 3:1
11. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Hanekleiva, forhold 3:1
12. Steinmel fra Hanekleiva og jord fra Hanekleiva, forhold 3:1
13. Steinmel fra Vinterbro
14. Steinmel fra Hanekleiva
15. Jord fra Hanekleiva
16. Jord fra Steinskogen
17. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen, forhold 1:2
18. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen, forhold 2:1
19. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen, forhold 4:1

Det ble brukt to mengder slam: 10 % (1 del slam og 9 deler mineraljord), og 20 % (1 del slam og 4 deler mineraljord). Raigras var forsøksplante. Graset ble sådd 22.06. Det var 4 gjentak, totalt 152 potter. Farge og etablering ble bedømt - se forsøk 3.

Forsøk 3. Mineraljordblandinger, slammengder og grøntanleggsplanter

Det ble benyttet tre jordblandinger av steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen:

1. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen, forhold 1:1
2. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen, forhold 1:3
3. Steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen, forhold 3:1

To mengder slam ble brukt: 10 vol. % (1 del slam og 9 deler mineraljord), og 20 vol. % (1 del slam og 4 deler mineraljord).

Det ble brukt ett til toårige barrotplanter av følgende arter grøntanleggsplanter: Vanlig bjørk (*Betula pubescens* Jæren), gråor (*Alnus incana* Sauherad), svartsubær (*Aronia melanocarpa* Moskva), buskmure (*Potentilla fruticosa* 'Goldfinger'), sibirertebusk (*Caragana arborescens*), skjermleddved (*Lonicera involucrata* 'Kera'), rynkerose (*Rosa rugosa*), junisøtmispel (*Amelanchier spicata* Moelv)). Det var fire gjentak.

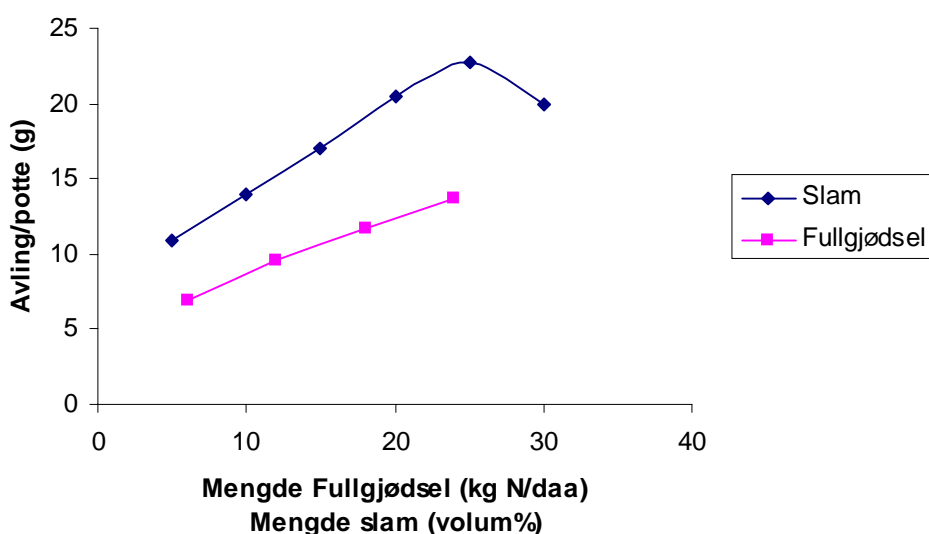
Følgende ble registrert: Etablering ble bedømt 11.07 etter skala 0-4 (0 = død plante, 4= god etablering). Skade ble bedømt 16.08 og 12.09 etter skala 0-3 (0= ingen skade, 3= betydelig skade). Farge ble bedømt 12.09 etter skala 1-9 (1= lys grønn, 9= mørk grønn). Helhetsinntrykk ble vurdert 16.08 og 12.09 etter skala 0-9 (0= død, 9= meget godt utviklet plante). Plantenes tilvekst registrert ved forsøkets avslutning 20.09 ved å måle lengden på årsskuddene og beregne gjennomsnittet. Rotveksten ytterst i potteklumpen ble bedømt visuelt samme dato etter skala 0-4 (0= ingen røtter å se, 4= tett sammenhengende rotsystem var synlig).

3. Resultater og diskusjon

3.1. Stigende mengder slam blandet med mineraljord

Som vist i figur 1 ble det målt store avlingsutslag hos raigras for økende mengder slam. Avlingsøkningen var tilnærmet lineær til 25 % slam, mens tilsetning av 30 % slam ga en reduksjon i avlingen. I dette forsøket var altså 25 volum % slam som ga størst vekst. Avlingen økte også lineært med økende mengder Fullgjødning, men kurven har slakere stigning og viser dermed at avlingsresponsen for Fullgjødning faktisk var svakere enn for slam.

Basert på figur 1 tilsvarte 5 % slam ca 18 kg N/daa gitt som Fullgjødning 11-5-17. Forutsatt lineær avlingsrespons for Fullgjødning utover 24 kg N/daa tilsvarende 10 % slam ca. 30 kg N/daa gitt som Fullgjødning 11-5-17. Den tilfeldige variasjonen (feilen) i totalavlingen for raigras var liten. Hele 90 % av avlingsforskjellene skyldtes de ulike behandlingene i forsøket.

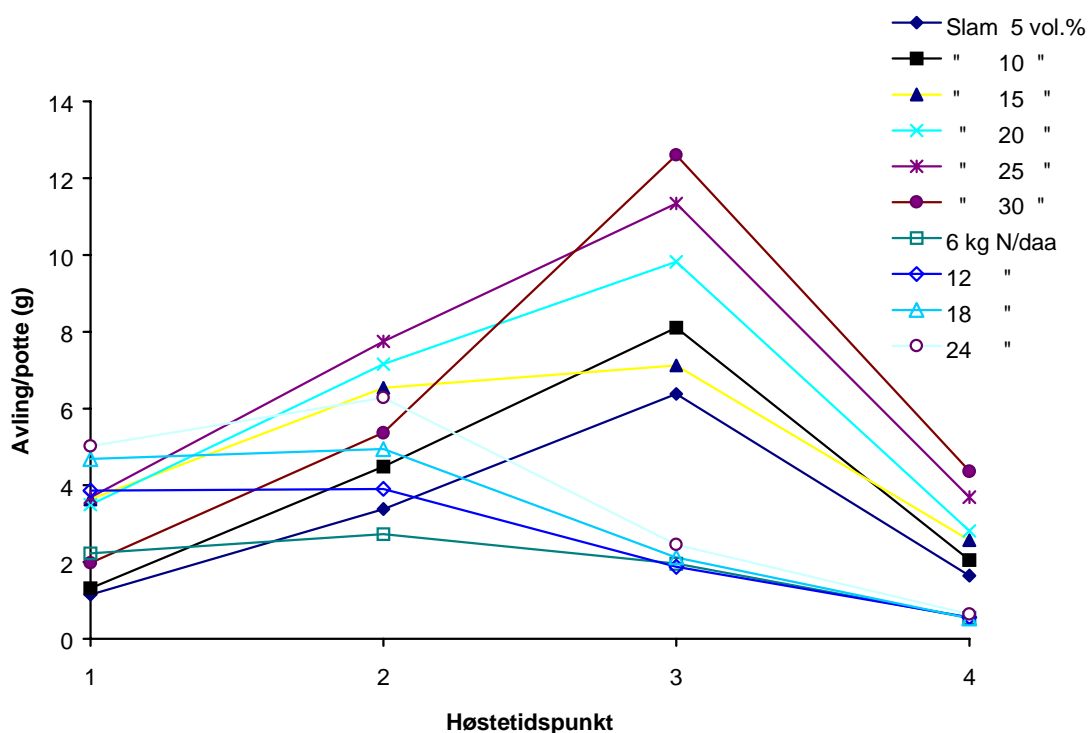


Figur 1. Avlingsrespons hos raigras ved innblanding av stigende mengder slam eller Fullgjødning 11-5-17. Sum av fire høstinger.

Responser på slam og Fullgjødning varierte sterkt med tiden. Ved første høsting ga Fullgjødning best avling. Ved resterende tre høstinger ga slam best avling. Generelt var avlingsresponsen positiv for stigende mengder slam ved alle høstinger med unntak for 30 % slam som ga lave avlinger ved de to første høstingene, men var best ved de to siste (Figur 2). Største slammengde førte altså til vekstproblemer i starten. Spiring og første fase i etableringen ble imidlertid ikke synlig påvirket. Slammet inneholder mineralsk-N i form av ammonium-N og det er vel kjent at store mengder ammonium-N kan virke toksisk eller sterkt hemmende på rotvekst. Etter en tid i jorda vil imidlertid ammonium-N bli omdannet til nitrat-N. Den økende veksten i slamleddene utover i forsøksperioden stemmer godt overens med dette.

For alle behandlinger avtok veksten sterkt mot slutten av forsøket, og det oppsto tydelig næringsmangel. Dette samsvarer med tidligere forsøk hvor veksten har avtatt sterkt også ved gjødsling med slam (Haraldsen et al. 2001). Forskjellene i avling mellom ledd med ulike slammengder viser likevel en ettereffekt av slam. Avlingen i alle ledd med Fullgjødning lå derimot på samme lave nivå, og viser at alt lett tilgjengelig nitrogen var brukt opp. Grønnfargen på grasset viste i hovedtrekk samme mønster. Alle ledd med Fullgjødning samt

minste mengde slam var lysgrønne. Øvrige ledd hadde nokså normal grønnfarge, men fargen ble mørkere desto mer slam som var blandet inn.



Figur 2. Avling av raigras ved ulike høstetidspunkter. 1= 23.07, 2= 8.08, 3= 4.09, 4= 26.09.

Blandingene av jord fra Steinskogen og steinmel fra Vinterbro hadde pH mellom 7,3 og 7,6 uten innblanding av slam og mellom 7,8 og 7,9 med slam (Tabell 5). Dette viser at blanding av sur skogsjord (pH nær 5) og knust stein (pH rundt 10) gir et vekstmedium med svakt alkalisk reaksjon. Tilsetning av et kalkrikt slam gir økt pH, men økningen i pH er liten i forhold til kalkmengdene som tilsettes. Dette skyldes at jorda blir kalsiummettet allerede ved minste slammengde. Innholdet av Ca-AL i jorda økte med stigende slammengder, og samme trend ble funnet for Mg-AL (Tabell 5). Jordblandingene uten slam hadde imidlertid rikelige mengder tilgjengelig kalsium og magnesium for normal plantevekst.

Det var ikke sikker forskjell i mengde organisk C mellom jordblandingene som hadde fått slam og jordblandingene med bare Fullgjødsel (Tabell 5). Dette skyldtes bl.a. at jorda fra Steinskogen hadde betydelige mengder organisk materiale og at slammet hadde forholdsvis liten andel organisk materiale. I tillegg var slammet fordelt i jordblandingen som større og mindre klumper.

Slaminnblanding hadde klar virkning på P-AL i jorda. Mens P-AL i jordblandingene uten slam var lite til middels, var P-AL etter slaminnblanding stort til svært stort (Tabell 5). Siden P-AL nivået økte såpass mye, er det tydelig at VEAS-slammet inneholder mye plantetilgjengelig fosfor.

Tabell 5. Virkning av stigende mengder slam og gjødsel på kjemiske egenskaper i jordblanding av Steinskogen jord og steinmel fra Vinterbro (0-2 mm) (1:1).

Ledd	Slam, vol. %	Full-gjødsel, kg N/daa	pH	P-AL, mg/100 g	K-AL, mg/100 g	Mg-AL, mg/100 g	Ca-AL, mg/100 g	K-HNO ₃ , mg/100 g	Org. C, g/100 g
1	5	0	7,8	12,4	11,3	11,7	648	221	1,5
2	10	0	7,8	15,3	11,0	11,3	686	217	1,2
3	15	0	7,9	28,9	10,2	15,3	940	204	1,2
4	20	0	7,9	42,6	11,0	19,5	1250	184	1,5
5	25	0	7,8	34,7	12,1	18,2	1110	176	2,1
6	30	0	7,9	57,9	14,5	25,1	1710	164	2,3
7	0	6	7,6	5,5	11,4	9,0	454	251	1,7
8	0	12	7,4	4,0	13,3	9,1	465	257	1,5
9	0	18	7,3	3,4	13,1	8,8	406	218	2,0
10	0	24	7,4	7,6	15,7	10,3	412	243	2,0

Kaliuminnholdet i jorda var ikke påvirket av slaminnblandingen (tabell 4). Den viktigste kaliumkilden var steinmelet som inneholder mye syreløselig kalium (K-HNO₃).

Dette forsøket viser at blanding av jord fra Steinskogen og steinmel fra Vinterbro i forholdet 1:1 gir en svakt alkalisk jordreaksjon. Uten slaminnblanding oppnås tilstrekkelig forsyning av magnesium og kalsium. Ved bruk av Fullgjødsel 11-5-17 økte tilveksten med gjødselmengden, men fallet i avling ved gjentatte klippinger viste at nitrogentilførselen var begrensende faktor. Med slaminnblanding ble det oppnådd bedre gjenvekst etter gjentatte klippinger enn ved bruk av fullgjødsel. Slam tilførte både nitrogen og fosfor som plantene kunne utnytte, mens steinmelet hadde store kaliumreserver og bidro til å frigi plantetilgjengelig kalium. Selv om tilveksten økte med stigende slammengder, er nitrogenvirkningen for sterk ved de største slammengdene. De tilgjengelige nitrogenmengdene kan lett bli for store i forhold til ønskelig dosering i grøntanlegg. Ut fra at 10 % slaminnblanding ga en nitrogenvirkning tilsvarende om lag 30 kg N/daa, anser vi at større mengder enn 10 % slaminnblanding ikke kan anbefales. I denne vurderingen har vi tatt hensyn både til vekst og utvikling av grøntanlegg, men også risikoen for utlekking og utvasking av næringsstoffer.

3.2. Ulike typer mineraljordblandinger og to mengder slam

Blandinger som inneholdt jord fra Steinskogen ga klart best raigrasavling (Tabell 6). Det var imidlertid noe overraskende at innblanding av steinmel i ganske store mengder ga bedre vekst enn ren skogsjord. Som tabell 6 viser, ga så mye som 50 % innblanding like bra vekst som ublandet skogsjord. Den beste jordblandingen var 2 deler jord fra Steinskogen og 1 del steinmel fra Vinterbro (jordblanding 17). Dette viser at kvaliteten på skogsjorda som dyrkingsmedium ble betydelig bedre ved tilsetning av ganske store mengder steinmel. Det må imidlertid tas forbehold om at effektene kan være annerledes under feltforhold med noe komprimering av massene. I ublandet tilstand var steinmel fra Vinterbro bedre enn stein fra Hanekleiva. Forskjellen var imidlertid ikke statistisk sikker, og opprinnelsen til steinmelet

hadde i dette forsøket langt mindre betydning for avlingsnivået enn hvilken skogsjord som ble brukt.

Den største mengden slam ga størst avling. Avlingen ved 10 % slam var 15,8 g/potte mot 18,2 g/potte ved 20 % slam. Det ble funnet samspill mellom slammengde og jordblanding, det vil si at avlingsresponsen ved å øke slammengden varierte med jordblandingen. Jord fra Steinskogen ga sterkere avlingsøkning ved største mengde slam enn jord fra Hanekleiva. Dette har sammenheng med at jord fra Steinskogen i utgangspunktet hadde lav pH og at en oppnådde en kalkingseffekt.

Tabell 6. Avling av raigras ved dyrking i ulike jordblandinger (gjennomsnitt av 10 og 20 vol.% slaminnblanding).

Jordblanding nr.	Opprinnelse	Forhold steinmel : jord	Avling, g/potte
17	Vinterbro + Steinskogen	1:2	25,2
6	Hanekleiva + Steinskogen	1:3	23,1
2	Hanekleiva + Steinskogen	1:1	22,0
5	Vinterbro + Steinskogen	1:3	20,7
16	Steinskogen	0:1	20,2
1	Vinterbro + Steinskogen	1:1	19,1
18	Vinterbro + Steinskogen	2:1	18,1
10	Hanekleiva + Steinskogen	3:1	17,8
9	Vinterbro + Steinskogen	3:1	17,4
15	Hanekleiva	0:1	16,5
4	Hanekleiva + Hanekleiva	1:1	16,2
3	Vinterbro + Hanekleiva	1:1	15,0
7	Vinterbro + Hanekleiva	1:3	14,9
13	Vinterbro	1:0	14,5
11	Vinterbro + Hanekleiva	3:1	14,3
8	Hanekleiva + Hanekleiva	1:3	14,0
14	Hanekleiva	1:0	11,7
19	Vinterbro + Steinskogen	4:1	11,5
12	Hanekleiva + Hanekleiva	3:1	10,8

Ved første klipping var veksten best i pletter med minst slam, hvilket viser en kortvarig veksthemming ved største slammengde. Som omtalt under pkt. 3.1 skyldes dette virkningen av store mengder ammonium-N. Ved resterende høstinger ga største slammengde best avling fordi nitrogenet da var nitrifisert (Tabell 7). I lys av resultatene fra forsøk 1 hvor veksthemming først oppsto ved 30% er dette er litt overraskende.

Avlingen i de ulike jordblandingen varierte også med høstetidspunktet. Ved første og andre klipping ga jordblanding 1 dårlig avling, men den ga best avling ved tredje og fjerde klipping. Jordblandingen 5 og 19 ga også liten avling i starten men bedre avling i siste del av forsøket. Det er ikke mulig å tolke disse variasjonene ut fra jordas sammensetning. Den mest sannsynlige årsaken er tilfeldige variasjoner i veksthastigheten i de enkelte pottene som for eksempel kan være utløst av tilfeldige variasjoner i vanning. Etter hvert som plantemateriale og dermed næring ble fjernet ved høsting utjevnet imidlertid forskjellene seg.

I likhet med forsøk 1 avtok veksten sterkt i slutten av forsøksperioden pga. næringsmangel (Tabell 7).

Tabell 7. Raigrasavling ved ulike høstetidspunkter og slammengder (gjennomsnitt av alle jordblandinger).

Høstetidspunkt	Avling/ potte (g)		
	10 % slam	20 % slam	Middel
23. juli	5,6	4,2	4,9
8. august	5,1	6,1	5,6
4. september	4,1	6,2	5,2
26. september	1,0	1,7	1,3
Sum avling*	15,8b	18,2a	17,0

Verdier med like bokstaver er ikke signifikante på 5% nivå.

Tabell 8. Kjemiske egenskaper til ulike jordblandinger av steinmel, jord og slam.

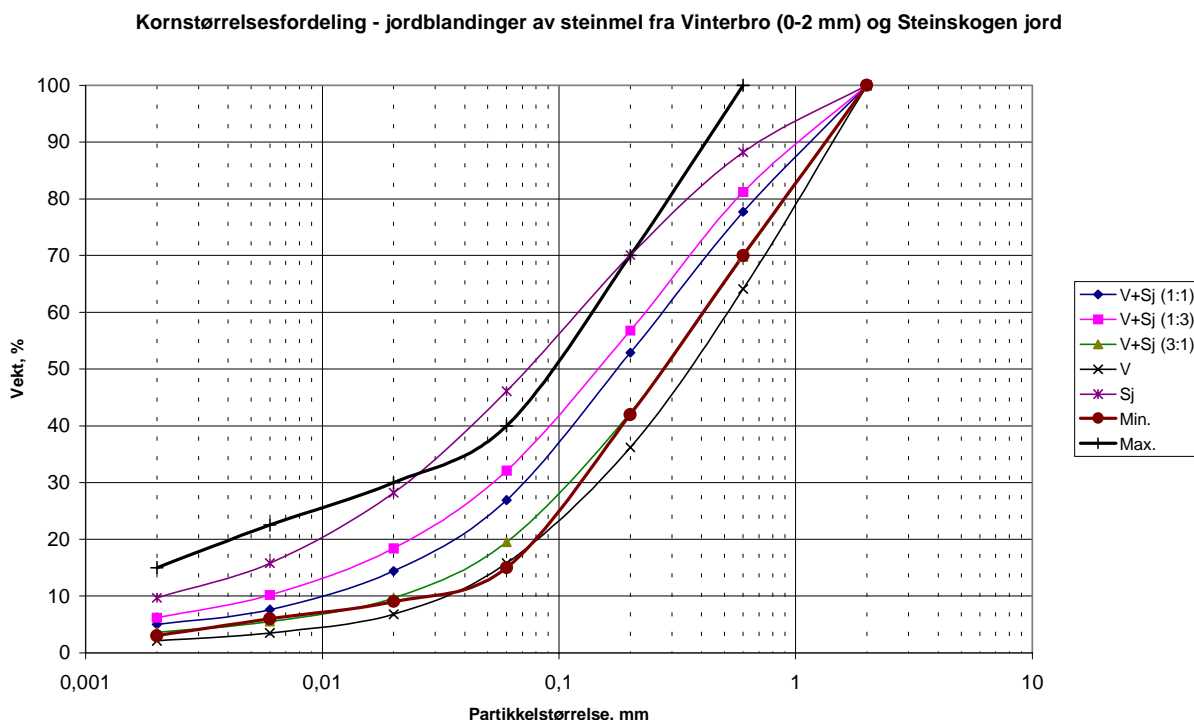
Stein- mel og jord*	Bland- ings- for- hold	Slam, vol. %	pH	P-AL, mg/ 100 g	K-AL, mg/ 100 g	K- HNO ₃ , mg/ 100 g	Mg- AL, mg/ 100 g	Ca- AL, mg/ 100 g	Org. C, g/ 100 g	Tot. N, g/ 100 g	C/N
V+Sj	1:1	10	7,6	9,9	10,4	167	11,1	585	1,7	0,08	21,3
		20	7,8	24,4	9,6	155	15,0	910	1,7	0,11	15,5
H+Hj	1:1	10	7,9	13,6	7,3	99	15,1	728	0,7	0,05	14,0
		20	8,0	56,1	11,5	91	27,9	1640	1,5	0,14	10,7
V+Sj	1:3	10	7,4	15,0	13,0	101	12,4	683	3,1	0,14	22,1
		20	7,7	29,9	12,3	89	16,8	1080	2,9	0,18	16,1
H+Hj	1:3	10	7,8	15,5	8,8	73	18,2	786	1,4	0,10	14,0
		20	7,9	74,2	14,9	69	37,6	2340	2,4	0,24	10,0
V+Sj	3:1	10	8,0	10,8	7,4	192	9,3	662	0,6	<0,05	>12
		20	8,0	28,1	10,2	175	14,4	918	0,8	0,05	16,0
H+Hj	3:1	10	8,0	23,3	8,7	115	15,5	864	0,7	<0,05	>14
		20	8,0	43,2	12,3	147	20,6	1150	1,0	0,06	16,7
Sj		10	6,8	12,9	5,3	19	10,3	462	6,0	0,29	20,7
		20	7,4	35,0	5,9	19	19,7	1340	4,6	0,30	15,3
Hj		10	7,9	24,0	7,4	36	25,6	1300	2,3	0,17	13,5
		20	7,9	51,7	10,0	45	34,0	1920	2,9	0,23	12,6
V		10	8,1	8,6	5,3	233	10,0	726	<0,1	<0,05	-
		20	8,1	23,3	6,9	211	15,6	1080	0,2	<0,05	-
H		10	8,1	23,7	7,3	138	11,6	662	0,1	<0,05	-
		20	8,1	67,4	10,5	163	20,6	1480	0,7	<0,05	>14

*V=steinmel Vinterbro, H=steinmel Hanekleiva, Sj=jord fra Steinskogen, Hj=jord fra Hanekleiva.

Tabell 8 viser kjemiske egenskaper i jordblandingene etter gjennomført vekstsesong. Med ett unntak har alle jordblandingene pH > 7. Dette viser at blanding av sur skogsjord med steinmel gir en betydelig kalkingseffekt og at innblanding av kalkrikt slam i tillegg gir svært høy pH. Innblanding av 10 % VEAS-slam har økt pH i jorda fra Steinskogen fra pH <5,5 til 6,8 og 20 % VEAS-slam har gitt pH 7,4. Alle jordblandingene der jord fra Hanekleiva inngår har pH i området 7,8-8,1.

Virkingen av slaminnblanding på org. C i de forskjellige jordblandingene viser et interessant fenomen (Tabell 8). Økning fra 10 til 20 % slam i blandingene med Steinskogen jord har ikke gitt klar økning i org. C, mens dette er tydelig i blandingene med jord fra Hanekleiva. I blandingene med jord fra Steinskogen har C/N-forhold avtatt fra rundt 21 til 16 ved økning fra 10 til 20 % slaminnblanding. I blandingene med jord fra Hanekleiva har C/N-forholdet blitt redusert fra 14 til 11 ved tilsvarende økning i slaminnblanding.

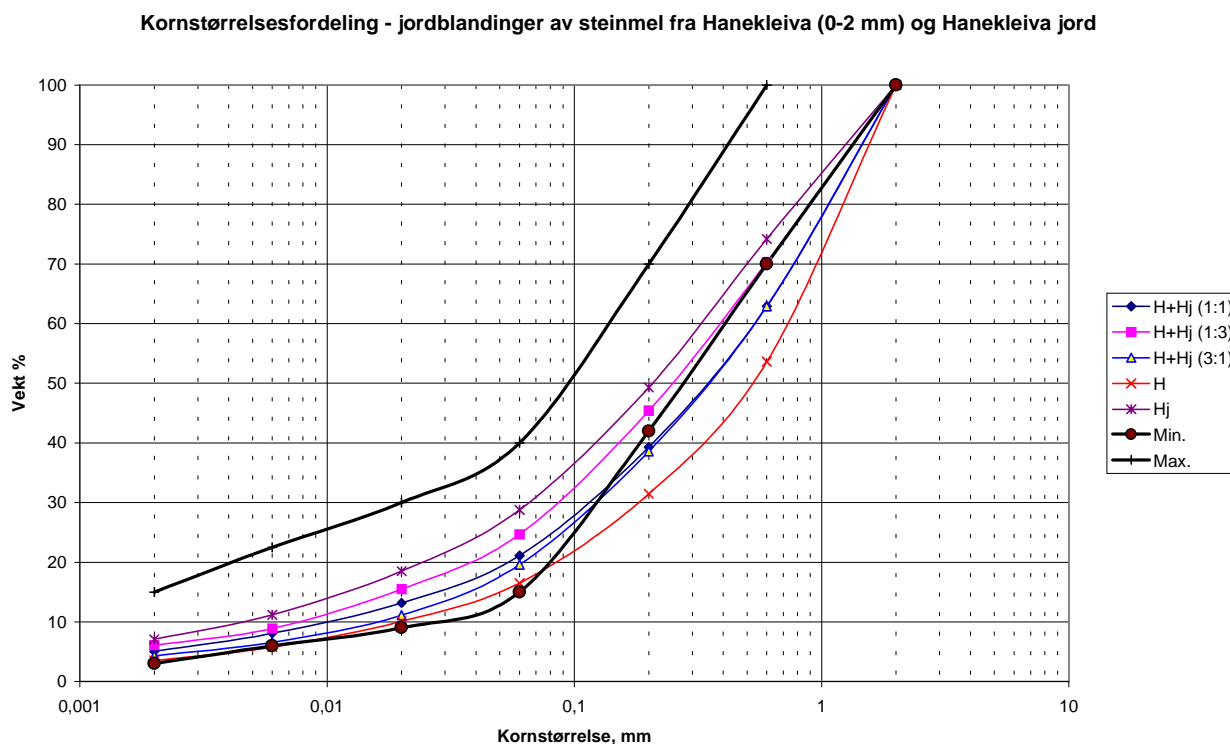
Disse resultatene viser at slaminnblandingen har medført økt mineralisering av det organiske materialet i jordblandingene. Mineraliseringen er blitt forsterket av doblet slammengde, og dette har gitt størst utslag i jordblandingene med jord fra Steinskogen. Steinskogen jorda har i utgangspunktet et C/N forhold større enn 20, noe som i liten grad bidrar til å frigi mineralsk nitrogen. Fordi jordblandingene basert på jord fra Steinskogen får gunstig pH for mineralisering og slaminnblandingen bidrar med mineralsk-N, settes det i gang en omfattende mineralisering av det organiske materialet fra skogsjorda. Jorda fra Hanekleiva har i utgangspunktet høy pH og lavere C/N-forhold enn jorda fra Steinskogen. Dermed blir det ingen kalkingsvirkning og ingen forskjeller i mineralisering av organisk materiale mellom de to slammengdene. Dette er trolig en viktig årsak til forskjellene i tilvekst med 10 og 20 % slam mellom jordblandingene basert på Steinskogen jord og de basert på jord fra Hanekleiva.



Figur 3. Kornstørrelsesfordeling av ulike jordblandinger av steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen.

Et annet forhold har betydning for forskjellene i vekst og utvikling i jordblandingene er kornstørrelsesfordelingen til jordblandingene. En god plenjord bør være lett å håndtere ved utlegging, ha noe vannlagringsevne og ha god vannledningsevne. For høyt finstoffinnhold kan

gi klinete og lett komprimerbar jord, mens for grove blandinger lett får for liten vannlagringsevne og dårlig rotutvikling. Derfor har Haraldsen et al. (2001) foreslått at plenjord skal ha kornfordelingskurve innenfor et anbefalt område (Figurene 3 og 4). Optimal sammensetning vil være siltig mellomandsand, mens grovsand og siltig grovsand vil ligge utenfor anbefalt område. Steinskogen jorda og steinmelet fra Vinterbro ligger på hver sin side av det anbefalte området, mens jordblandingen av 1 del steinmel fra Vinterbro og 3 deler jord fra Steinskogen, og like deler av steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen har nær ideell kornfordelingskurve.



Figur 4. Kornstørrelsesfordeling av ulike jordblandinger av steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen.

Forskjellene i korndeling mellom jorda fra Hanekleiva og steinmelet fra samme sted var mindre enn forskjellen mellom jorda fra Steinskogen og steinmelet fra Vinterbro. Det er bare jorda fra Hanekleiva og blandingen av 1 del steinmel og 3 deler jord fra Hanekleiva som ligger innenfor det anbefalte området for plenjord. Alle jordblandingen basert på jord fra Hanekleiva har større andel grov sand enn ønskelig, og kurvene viser således dårligere sortering for jordblandingen basert på jord fra Hanekleiva enn jord fra Steinskogen.

Jordblandingen med jord fra Steinskogen ble også undersøkt med hensyn til fysiske egenskaper som jordtetthet, porevolum, drenerbart porevolum og vannlagringsevne (Tabell 9). Jordtettheten var lav i den rene jorda fra Steinskogen og relativt høy i det rene steinmelet. Forskjellene i jordtetthet mellom jordblandingen var sterkt korrelert til innholdet av organisk C (jfr. tabell 8). Alle jordblandingen hadde stort drenerbart porevolum, mens vannlagringsevnen varierte. Minst vannlagringsevne ble funnet i rent steinmel, mens jorda fra Steinskogen hadde stor vannlagringsevne. Et topplag på 20 cm bør kunne holde på minst 30 mm nyttbart vann for å være velegnet til grøntarealer uten intensiv vanning. Jordblandingen med 50 % eller mer jord fra Steinskogen tilfredsstilte dette kravet med god margin. Jordblandingen med 1 del jord fra Steinskogen og 3 deler steinmel fra Vinterbro lå på grensa. Ved komprimering i felt er det grunn til å tro at jordtettheten vil øke og at andelen drenerbare porer vil avta. De fysiske analysene indikerer at en jordblanding med like deler steinmel fra Vinterbro og jord

fra Steinskogen vil ha god luftveksling og god vannlagringsevne, og således er godt egnet til grøntanlegg.

Tabell 9. Jordfysiske egenskaper i jordblandinger basert på jord fra Steinskogen og steinmel fra Vinterbro.

Steinmel: jord, forhold	Slam- mengde, vol. %	Jordtetthet, Mg/m ³	Porevolum, m ³ /m ³	Drenerbare porer, m ³ /m ³	Vann- lagrings- evne, m ³ /m ³	Vann- lagrings- evne, mm vann i 20 sjikt
0:1	10	0,70	0,686	0,326	0,270	54
	20	0,62	0,679	0,343	0,251	50
1:3	10	0,83	0,577	0,306	0,209	42
	20	0,79	0,611	0,329	0,214	43
1:1	10	1,01	0,587	0,345	0,190	38
	20	1,03	0,582	0,300	0,219	44
3:1	10	1,20	0,488	0,308	0,143	29
	20	1,10	0,528	0,325	0,158	32
1:1	10	1,36	0,448	0,259	0,110	22
	20	1,26	0,452	0,300	0,123	25

3.3. Mineraljordblandinger, slammengder og grøntanleggsplanter

Jordblanding 2, som besto av 1 del knust stein fra Vinterbro og 3 deler Steinskogen jord, ga den klart beste tilveksten på grøntanleggsplanter (Tabell 10). Denne jordblandingen ga også best etablering, best rotutvikling og minst bladskader. Det generelle helhetsinntrykket hos plantene var også best ved dyrking i denne jorda. Minste mengde slam ga best vekst. 10 vol. % slam ga en gjennomsnittlig lengdetilvekst på 20 cm, mens 20 vol. % slam ga en tilvekst på 16 cm. Trær og busker synes altså å være mer ømfintlig enn raigras overfor store slammengder

Tabell 10. Vekst og utvikling hos grøntanleggsplanter i tre jordblandinger basert på steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen.

Jordblanding	Etablering (skala 0-4)	Skade 1* (skala 0-9)	Skade 2 (skala 0-9)	Helhet (skala 0-9)	Tilvekst (cm)	Rotutvikling (skala 0-4)
1)V+Sj 1:1	3,3b	0,50a	0,68a	4,6b	16,2b	2,2b
2)V+Sj 1:3	3,7a	0,36a	0,57a	5,1a	21,3a	2,5a
3)V+Sj 3:1	2,8c	0,66a	0,56a	4,8b	16,3b	2,2b

Verdier med like bokstaver er ikke signifikante på 5% nivå. V= steinmel fra Vinterbro, Sj= jord fra Steinskogen.

*Skade 1 ble bedømt 16.08, skade 2 ble bedømt 12.09.

Artene reagerte svært ulikt både med hensyn på vekst og skadesymptomer (Tabell 11 og 12). Svartsurbær, buskmure og junisøtmispel vokste best og hadde ikke spesielle skadesymptomer. Sølvvier, vanlig bjørk og gråor vokste svært dårlig. Sølvvier og sibirertebusk hadde tydelig bladgulning (klorose) mens vanlig bjørk og skjermleddved utviklet brun bladrand eller flekker (nekroser). Skadeomfanget varierte først og fremst med art og i mindre grad med slammengde. Som vist i tabell 12 var skadeomfanget faktisk noe mindre ved største slammengde enn ved minste. Forskjellen var imidlertid liten. En sannsynlig årsak til den lille forskjellen som er registrert, er at største mengde slam kan ha motvirket næringsmangel. Skadebildet tyder imidlertid på at det er jordkvaliteten for øvrig som har hatt størst betydning for skadeomfanget på de enkelte arten.

Tabell 11. Lengdetilvekst hos grøntanleggsplanter dyrket i ulike jordblandinger.

Art	Lengdetilvekst (cm)			Middel
	Jord 1 (1:1)	Jord 2 (1:3)	Jord 3 (3:1)	
Sølvvier	1,8	2,4	2,0	2,1
Rynkerose	11,1	10,0	9,2	10,1
Buskmure	22,3	35,0	30,0	29,1
Svartsurbær	33,5	43,8	33,1	36,8
Junisøtmispel	27,0	37,3	24,3	29,5
Vanlig bjørk	6,3	10,1	4,0	6,8
Sibirertebusk	18,7	24,1	20,1	20,9
Gråor	8,8	13,0	6,0	9,3
Skjermleddved	19,9	18,9	17,7	19,2
Middel	16,2b	21,3a	16,3b	17,9

Verdier med like bokstaver er ikke signifikante på 5% nivå.

Tabell 12. Effekt av slammengde på skadeomfang og tilvekst hos ulike arter grøntanleggsplanter.

Art	Skade (0-9)		Tilvekst, cm	
	10 % slam	20 % slam	10 % slam	20 % slam
Sølvvier	2,5	2,8	2,5	1,4
Rynkerose	0,2	0,0	10,4	9,9
Buskmure	0,0	0,0	35,7	11,0
Svartsurbær	0,0	0,0	39,8	33,8
Junisøtmispel	0,0	0,0	30,7	28,3
Vanlig bjørk	1,2	1,2	8,1	6,2
Sibirertebusk	0,7	0,5	21,4	20,7
Gråor	0,1	0,0	12,5	6,0
Skjermleddved	1,1	0,7	24,8	12,9
Middel	0,7a	0,6b	20,0a	15,8b

Verdier med like bokstaver er ikke signifikante på 5% nivå.

Helhetsinntrykket var klart best for buskmure og svartsurbær og klart dårligst for sølvvier og vanlig bjørk. Junisøtmispel og rynkerose utviklet seg også bra, mens skjermleddved som i andre undersøkelser har vist stor toleranse overfor vanskelige jordbunnsforhold, var overraskende svak i dette forsøket (Tabell 13).

Tabell 13. Generelt helhetsinntrykk av ulike arter grøntanleggsplanter i tre jordblandinger basert på steinmel fra Vinterbro og jord fra Steinskogen.

Art	Helhetsinntrykk (0-9)			Middel
	Jord 1 (1:1)	Jord 2 (1:3)	Jord 3 (3:1)	
Sølvvier	1,3	1,4	0,8	1,2
Rynkerose	6,6	6,0	6,2	6,3
Buskmure	4,0	7,6	8,0	6,5
Svartsurbær	7,3	7,9	7,4	7,5
Junisøtmispel	6,1	6,4	6,5	6,3
Vanlig bjørk	3,9	4,6	2,6	3,7
Sibirertebusk	4,6	4,2	5,1	4,6
Gråor	4,3	4,6	4,0	4,3
Skjermleddved	3,5	3,6	3,6	3,6
Middel	4,6b	5,1a	4,8b	4,8

Verdier med like bokstaver er ikke signifikante på 5% nivå.

Resultatene samlet sett tyder på at de undersøkte jordblandingene ikke egner seg for alle planteslag. Det var ikke uventet at arter som vanlig bjørk og sølvvier mistrivdes siden dette er planteslag som normalt vokser ved lav pH. Buskmure og junisøtmispel derimot, trives erfaringsmessig godt på jord med relativt høy pH. En del av plantene var svært små ved planting, og dette kan nok ha påvirket resultatet. Likevel viser forsøket tydelig at det ved bruk av såpass ekstreme jordblandinger er avgjørende å velge planteslag som tåler høy pH, eller velge andre jordblandinger når en skal bruke surjordskrevende planter.

4. Konklusjoner

Jordblandinger av steinmel og sur skogsjord kan gi vekstjord av god kvalitet. I disse forsøkene ble det oppnådd best vekst ved bruk av 2 deler sur skogsjord- Steinskogen og 1 del steinmel fra Vinterbro. Blandingsforholdet med like deler av sur skogsjord og steinmel fra Vinterbro ga også god vekst. Ut fra vekstforsøkene og vurderingen av kornfordelingen er optimal jordblandinger av jord fra Steinskogen og steinmel fra Vinterbro i området 2 deler Steinskogen jord : 1 del Vinterbro steinmel – 1 del Steinskogen jord : 1 del Vinterbro steinmel. Fysiske analyser viste at en jordblanding med like deler jord fra Steinskogen og steinmel fra Vinterbro hadde god luftveksling og vannlagringsevne. Ut fra fysiske egenskaper ble denne jordblandingen vurdert å være godt egnet til grøntanlegg. De gode resultatene med jorda fra Steinskogen skyldtes i tillegg at økning av pH ved blanding med steinmel og tilførsel av slam medførte økt mineralisering av det organiske materialet i skogsjorda og frigjøring av mineralsk nitrogen.

Jordblandingene som var laget med svakt alkalisk skogsjord fra Hanekleiva blandet med steinmel (Hanekleiva), ga dårligere vekst enn blandingene med jord fra Steinskogen. Siden jorda i utgangspunktet hadde høy pH ble det små effekter av blanding med steinmel og kalkrikt slam på mineraliseringen av det organiske materialet i skogsjorda. Både skogsjorda og steinmelet fra Hanekleiva hadde grov sand som dominerende kornstørrelse i sandfraksjonen. Dette medførte at jordblandingene hadde dårligere sortering enn blandingene basert på jorda fra Steinskogen. Ingen av blandingene av med jord fra Hanekleiva hadde tilstrekkelig gode egenskaper til å kunne anbefales for jordproduksjon.

Bruk av kalkrikt slam fra VEAS bidro sterkt til å heve pH i jordblandingene. Med unntak av ren jord fra Steinskogen blandet med 10 vol. % slam, var pH i alle blandingene med slam i området 7,4-8,1. Stigende mengder Fullgjødsel ga god vekst for jordblandingene med jord fra Steinskogen og steinmel fra Vinterbro, men veksten avtok raskt etter at nitrogenet var brukt opp. Det var vesentlig bedre gjenvekst av raigras etter bruk av slam sammenlignet med fullgjødsel. Når jordblandingene var basert på den sure skogsjorda fra Steinskogen ble det oppnådd økende vekst ved innblanding av opp til 25 vol. % slam. Det ble påvist veksthemming i etableringsfasen for raigras ved å øke slammengden fra 10 til 20 %, og mindre tilvekst av grøntanleggsplanter ved 20 vol. % slam enn ved 10 vol. % slam. Maksimal mengde VEAS-slam til jordblandinger for grøntanlegg bør derfor være 10 vol. % slam. Større slammengder gir tilførsel av større nitrogenmengder enn plantene normalt utnytter og representerer følgelig en risiko for utvasking og forurensing. Det var stor forskjell i tilveksten for de forskjellige grøntanleggsplantene som ble prøvd. Typiske surjordsvekster som vanlig bjørk og sølvvier trivdes dårlig i denne vekstjorda med høy pH. Vekster som rynkerose, buskmure, svarturbær og junisøtmispel vokste godt. Resultatene indikerer at en bør velge planter som trives i jord med høy pH når en skal bruke denne typen jordblandinger i grøntanlegg.

5. Referanser

- Haraldsen, T.K., A. Grønlund, P.A. Pedersen, O. Nordal & T. Westby 2000. Construction of soils for green areas at the former airport Fornebu, Oslo, Norway. First International Conference on Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas, University of Essen, Germany, 12-18 July 2000, Proceedings, Vol. II, pp. 523-528.
- Haraldsen, T.K., P.A. Pedersen & O. Nordal 2001. Behov for vekstjord på Fornebu og aktuelle jordblandinger. Jordforsk rapport 1/01. 33 s.
- Jeng, A.S. 1985. Vekstforsøk med blandinger av steinmjøl og torv. Institutt for jordkultur, NLH, Rapport 2/85.
- Låg, J. 1977. Kan det lages jord til anlegg av hager? Norsk Hagetidend 4/1977.
- Låg, J. 1979. Omgjøring av impediment til produktive arealer ved påfylling av jordmasse. Jord og Myr 3: 159-162.
- Vigerust, E. 1988. Steinmjøl – overskuddsprodukt med mulighet for plantevekst. Jord og Myr 12: 18-23.