

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Masteroppgave for Elisabeth Kotsbak, UMB, Industriell økonomi:

### **Kostnader ved bruk av ulike grunnforsterkningsmetoder og lette masser.**

I vegbygging brukes en rekke forskjellige metoder for grunnforsterkning for å øke jordas styrke. Dette vil ha positiv effekt både på stabilitet (økt skjærstyrke) og setninger (økt stivhet).

I tillegg brukes lette masser (Ekspandert polystyren, skumglass og lettklinker).

Det tekniske grunnlaget for bruk av grunnforsterkning og lette masser er beskrevet i Håndbok 274 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger fra Statens vegvesen.

Den optimale løsning av et grunnforsterkningproblem vil alltid kreve både en teknisk og en økonomisk vurdering. Det finnes priser på utført grunnforsterkning på tidligere vegprosjekter, i tillegg sitter entreprenørene og konsulentene med prisinformasjon på grunnforsterkning. Lite av dette materialet har vært systematisk gjennomgått og bearbeidet.

Det bør fokuseres på de mest brukte grunnforsterkningsmetodene, med spesielt fokus på følgende metoder:

- Masseutskifting
- Forbelastning
- Lette masser
- Kalk- og sementpeler
- Armering under fylling
- Peling under fylling
- Vertikale dren
- Grunnvannsenking

På E16 Vøyen-Isi (kontaktperson Hilde Hestangen) er det utført en rekke grunnforsterkningstiltak og brukt lette masser de siste årene. Det samme er tilfellet på E18 Askim-Mysen. Kandidaten skal innhente kostnader for de ulike grunnforsterkningstiltak, og systematisere disse.

Veileder for oppgaven er Jan Vaslestad, med bistand fra Marco Wendt og Tseday Damtew.

## **FORORD**

Denne oppgaven er avslutningen på min masterutdannelse innen industriell økonomi på universitetet for miljø- og bioteknologi på Ås. Gjennom masteroppgaven ønsket jeg å knytte sammen de to utdanningsretningene, teknologi og økonomi, Jeg ønsket å skrive om noe som er dagsaktuelt og som kunne komme til nytte. Oppgaven fikk jeg av Jan Vaslestad i Statens Vegevesen. Temaet for oppgaven er grunnforsterkninger og kostnader. Det har vært spennende, utfordrende og lærerikt å jobbe med oppgaven.

Nå når oppgaven nærmer seg slutten ser jeg at jeg har flere å takke:

- Veileder - Har på en god og konstruktiv måte veiledet meg gjennom oppgaven, vist stor interesse og tålmodighet i oppgavearbeidet mitt.
- Tilleggsveiledere
- Alle som har vært behjelpelig med å gi meg kostnader fra de ulike prosjektene.

God lesing!

Oslo, mai 2009

Elisabeth Kotsbak

## **SAMMENDRAG**

Ved bygging av veg på dårlig grunn er det behov for å forsterke grunnen.

Grunnforsterkning kan utgjøre en stor del av kostnadene ved vegbygging.

Det finnes flere ulike forsterkningsmetoder. Hvilke metoder som benyttes bestemmes ut fra grunnforholdene og de totale kostnadene.

I denne oppgaven har jeg sett på hva det koster og grunnforsterke. Jeg har fått priser på kalk- og sementpeler og fylling med lette masser. Innenfor lette fyllmasser har jeg kostnader på fylling med lettklinker, ekspandert polystyren (EPS) og skumglassgranulat.

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1. INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
1.1 VEGBYGGING OG GRUNNFØRSTERKNINGER.....	1
1.2 BYGGHERRE - ENTREPRENØR.....	1
1.3 PROBLEMSTILLING .....	2
1.3.1 Hvem kan få bruk for oppgaven? .....	2
1.3.2 Anonymitet.....	2
1.4 OPPBYGGING AV OPPGAVEN .....	3
<b>2. DEL 1: BEGREPER OG TEORI .....</b>	<b>4</b>
2.1 INNLEDNING .....	4
2.2 SETNINGSKRAV .....	5
2.2.1 Setninger på langs .....	5
2.2.2 Setninger på tvers.....	6
2.3 GRUNNFØRSTERKNINGER .....	7
2.3.1 Generelt.....	7
2.3.2 Valg av metode .....	7
2.3.3 Fylling med lette masser.....	9
2.3.4 Kalk- og sementpeler.....	15
2.4 ULIKE FAKTORER SOM KAN PÅVIRKE KOSTNADENE .....	20
2.4.1 Prosjektgjennomføring – usikkerhet og kostnader .....	20
2.4.2 Byggherrens motivasjon for bruk av grunnforsterkning .....	21
2.4.3 Kostnader og nytte av setningsreducerende tiltak.....	22
2.4.4 Levetidskostnader .....	24
2.4.5 Byggekostnadsindeks.....	25
2.4.5 Kostnader ved bruk av kalk- og sementpeler.....	27
<b>3. DEL 2: MATERIALE OG METODER .....</b>	<b>28</b>
3.1 INNSAMLING OG BEARBEIDING AV DATA .....	28
3.1.1 Valg av grunnforsterkningsmetoder .....	28

3.1.2	<i>Prosessene som er inkludert i kostnadene for hver enkelt metode</i> .....	28
3.2	PRESENTASJON AV KOSTNADENE FOR HVER ENKELT METODE.....	29
3.2.1	<i>Lette masser</i> .....	30
3.2.2	<i>Kalk- og sementpeler</i> .....	30
<b>4.</b>	<b>DEL 3, RESULTATER OG DISKUSJON</b> .....	<b>31</b>
4.1	INNLEDNING .....	31
4.2	PRESENTASJON AV PROSJEKTENE .....	32
4.2.1	<i>Fylling med lettklinker</i> .....	32
4.2.2	<i>Fylling med ekspandert polystyren (EPS)</i> .....	37
4.2.3	<i>Fylling med skumglassgranulat</i> .....	39
4.2.4	<i>Oversikt over mengder og kostnader for lette masser</i> .....	42
4.2.5	<i>Installering av kalk- og sementpeler</i> .....	43
4.2.6	<i>Oversikt over mengder og kostnader ved bruk av kalk- og sementpeler</i> .....	48
4.3	KOSTNADER VED GRUNNFORSTERKNING .....	50
4.3.1	<i>Fylling med lette masser</i> .....	50
4.3.2	<i>Kalk- og sementpeler</i> .....	54
<b>5.</b>	<b>KONKLUSJON</b> .....	<b>56</b>
5.1	ANBEFALINGER TIL VIDERE ARBEID .....	57
<b>6.</b>	<b>REFERANSELISTE</b> .....	<b>58</b>

## FIGURLISTE

Figur 2.1: Største tillatte setningsforskjell $\Delta_s$ på strekningen L.....	6
Figur 2.2: Utlegging av lettklinkerfylling .....	11
Figur 2.3: Fylling av EPS .....	12
Figur 2.4: Eksempel på oppbygging av fylling i forband.....	13
Figur 2.5: Skumglass .....	13
Figur 2.6: Utlegging av skumglass .....	14
Figur 2.7: Grunnforsterkning med kalk- og sementpeler .....	15
Figur 2.8: Vanlige pelemønstre .....	18
Figur 2.9: Kalk- og sementpeler, setningsreduksjon og stabilitetsforbedring.....	19
Figur 2.10: Prosjektgjennomføring .....	20
Figur 2.11: Levetidskostnader .....	24
Figur 2.12: Byggekostnadsindeks for veganlegg .....	25
Figur 4.1: Diagram som viser forholdet mellom totalt areal og pris per m <sup>2</sup> .....	49
Figur 4.2: Forholdet mellom løpemeter pel og prisen per løpemeter pel.....	49

**TABELLISTE**

Tabell 2.1: Grunnforsterkningstiltak .....	7
Tabell 2.2: Oversikt over grunnforsterkningsmetoder .....	9
Tabell 2.3: Lette fyllmasser .....	10
Tabell 2.4: Byggekostnadsindeks for veganlegg .....	26
Tabell 2.5: Kostnader ved k/s-peler, 1996.....	27
Tabell 4.1: Priser på lettklinker på prosjekt 1.....	32
Tabell 4.2: Priser på lettklinker på prosjekt 2.....	33
Tabell 4.3: Priser på lettklinker på prosjekt 3.....	33
Tabell 4.4: Priser på lettklinker på prosjekt 4.....	33
Tabell 4.5: Priser på lettklinker på prosjekt 5.....	34
Tabell 4.6: Priser på lettklinker på prosjekt 6.....	34
Tabell 4.7: Priser på lettklinker på prosjekt 7.....	35
Tabell 4.8: Priser på lettklinker på prosjekt 8.....	35
Tabell 4.9: Priser på lettklinker på prosjekt 9.....	35
Tabell 4.10: Priser på lettklinker på prosjekt 10.....	36
Tabell 4.11: Priser på EPS på prosjekt 11 .....	37
Tabell 4.12: Priser på EPS på prosjekt 12 .....	37
Tabell 4.13: Priser på EPS på prosjekt 13 .....	38
Tabell 4.14: Priser på EPS på prosjekt 14 .....	38
Tabell 4.15: Priser på skumglassgranulat på prosjekt 15 .....	39
Tabell 4.16: Priser på skumglassgranulat på prosjekt 16 .....	39
Tabell 4.17: Priser på skumglassgranulat på prosjekt 17 .....	40
Tabell 4.18: Priser på skumglassgranulat på prosjekt 18 .....	40
Tabell 4.19: Priser på skumglassgranulat på prosjekt 19 .....	41
Tabell 4.20: Oversikt over mengder og kostnader for lette masser.....	42
Tabell 4.21: Priser på k/s-peler på prosjekt 20 .....	43
Tabell 4.22: Priser på k/s-peler på prosjekt 21 .....	44
Tabell 4.23: Priser på k/s-peler på prosjekt 22 .....	45
Tabell 4.24: Priser på k/s-peler på prosjekt 23 .....	46



Kostnader ved bruk av fylling med lette masser og kalk- og sementpeler

Tabell 4.25: Priser på k/s-peler på prosjekt 24 .....	46
Tabell 4.26: Priser på k/s-peler på prosjekt 25 .....	47
Tabell 4.27: Priser på k/s-peler på prosjekt 26 .....	48
Tabell 4.28: Oversikt over pelemønster og arealer.....	48
Tabell 4.29: Kostnader pr. m <sup>3</sup> ved bruk av lettklinker .....	50
Tabell 4.30: Kostnader pr m <sup>2</sup> ved bruk av lettklinker .....	51
Tabell 4.31: Kostnader pr lm veg ved bruk av lettklinker.....	51
Tabell 4.32: Kostnader pr. m <sup>3</sup> ved bruk av EPS.....	52
Tabell 4.33: Kostnader pr. m <sup>2</sup> ved bruk av EPS .....	52
Tabell 4.34: Kostnader pr. lm veg ved bruk av EPS .....	52
Tabell 4.35: Kostnader pr. m <sup>3</sup> ved bruk av skumglassgranulat .....	53
Tabell 4.36: Kostnader pr. m <sup>2</sup> ved bruk av skumglassgranulat .....	53
Tabell 4.37: Kostnader pr. lm veg ved bruk av skumglassgranulat .....	53
Tabell 4.38: Kostnader per meter pel .....	54
Tabell 4.39: Gjennomsnittspris pr kvadratmeter .....	54

## **1. INNLEDNING**

Denne oppgaven har til hensikt å vise kort hva grunnforsterkning, i forbindelse med vegbygging, går ut på. Metodene fylling med lette masser og kalk- og sementpeler vil bli grundigere forklart. Oppgavens del 3 viser kostnadsnivået ved bruk av disse metodene.

### **1.1 VEGBYGGING OG GRUNNFORSTERKNINGER**

Bygging av veg på bløt grunn kan by på problemer i forhold til stabilitet og setninger. Det finnes forskjellige metoder for å bedre jordas styrke. Metodene er svært forskjellige i virkemåte, anvendelsesområde og kostnad. Grunnforholdene har stor betydning for hvilken metode som blir brukt, men kostnadene en får ved utførelse av grunnforsterkninger kan i noen tilfeller avgjøre hvilken metode som blir brukt.

### **1.2 BYGGHERRE - ENTREPRENØR**

Som Hans Cappelen skriver, må byggherren være nøye ved utarbeidelsen av konkurransegrunnlaget. Entreprenørens kalkyler og prissetting får stor betydning for byggherren. Prisen kan avgjøre om entreprenøren skal få kontrakten, og prisingen kan medføre store og uønskede tillegg. Det er byggherren som har risikoen for at konkurransegrunnlaget er dårlig. Den erfarne entreprenør kan være god til å vurdere hvilke tilleggsarbeider som vil komme, slik at han kan ha høye priser på disse postene. Byggherren får krav fra entreprenøren om tilleggsbetaling og mer tid. (Ref. 1)

### **1.3 PROBLEMSTILLING**

Grunnforsterkninger er et stort tema innen vegbygging. Statens vegvesen sin Håndbok 274 gir en god oversikt over de ulike metodene som kan brukes. Denne oppgavens teoridel vil vise en litt forkortet utgave av håndboken.

Det å ta for seg alle metodene vil kreve mer tid enn den jeg har hatt til rådighet, så jeg har derfor måttet snevret inn problemstillingen. Jeg har konsentrert meg om metodene kalk- og sementpeler og fylling med lette masser.

Det finnes godt med litteratur om den tekniske delen av metodene, men lite om kostnadene. Kostnadene varierer mye fra prosjekt til prosjekt, men i denne oppgaven skal jeg se på hvilket kostnadsnivå de ulike metodene ligger på.

#### **1.3.1 Hvem kan få bruk for oppgaven?**

Opgaven er forsøkt skrevet så enkelt slik at alle, som er interessert, skal kunne forstå hva grunnforsterkninger og kostnader knyttet til dette går ut på. I teorien er kun den mest grunnleggende kunnskapen om grunnforsterkninger og ting som kan ha innvirkning på kostnadene ved grunnforsterkning beskrevet. Det vil alltid være knyttet store kostnader til utførelse av grunnforsterkninger, oppgaven kan komme til nytte for de som er med å ta avgjørelser innenfor dette. Det kan være blant annet geoteknikere, byggeleder og folk som skal delta i anslagsprosesser.

#### **1.3.2 Anonymitet**

For å finne kostnadene på de ulike grunnforsterkningsmetodene, har jeg samlet inn kontrakter fra ulike vegprosjekter i Norge. Ettersom kontrakter er sensitivt materiale, så for å ikke avsløre noen forretningshemmeligheter, har jeg valgt å ikke oppgi prosjektnavn og entreprenører på prosjektene jeg har fått priser fra.

## **1.4 OPPBYGGING AV OPPGAVEN**

Del 1 av oppgaven tar for seg teorien, grunnforsterkningsteori og litt teori i forbindelse med kostnader. I del 2 forklares materialgrunnlaget og metoden som er brukt for å komme fram til resultatene som blir presentert i del 3 av oppgaven. Resultatene presenteres først prosjektvis med mengder og kostnader. Resultatene settes så sammen for å vise kostnadene for hver enkelt metode. Oppgaven avsluttes med en konklusjon og forslag til videre arbeid innen temaet.

## **2. DEL 1: BEGREPER OG TEORI**

### **2.1 INNLEDNING**

**”Grunnforsterking går i korthet ut på å øke jordas styrke. Dette vil ha positiv effekt både på stabilitet (økt skjærstyrke) og setninger (økt stivhet).”** (Ref. 2)

I friksjonsjordarter, grovkornige jordarter (sand og grovere), opphører setningene som regel umiddelbart etter at lasten er påført. I humusholdige masser, masser som inneholder delvis nedbrutte plante- og dyrerester, kan setningene gå over lengre tid. I kohesjonsjordarter, finkornige jordarter(silt/leire), skjer setningene gjerne over lengre tid, ofte flere tiår. (Ref. 3)

Ved vegbygging på dårlig grunn kan det oppstå deformasjoner eller glidninger.

Problemene med dårlig grunn kan deles i to:

- Setninger
- Stabilitet

Belastningen fra en vegfylling (og trafikk) eller vegskjæring kan bli så stor at grunnen samt omkringliggende terreng kollapser. I følge håndbok 274 er ”kravet om tilstrekkelig sikkerhet mot overbelastning av grunnen er absolutt. De nødvendige sikringstiltak må utføres uansett vegklasse eller vegstandard. Når man står overfor det faktum at sikkerheten mot utglidning er utilstrekkelig må man justere veglinja eller finne egnede byggemetoder som gir den nødvendige sikkerhet.” (Ref. 2)

”Setninger vil påvirke vertikalkurvaturen, noe som kan påvirke kjørekomforten og i verre tilfeller også trafikksikkerheten. Tverrfallet kan også bli endret på grunn av setninger. Dette har betydning for trafikksikkerheten direkte og indirekte hvis vannavrenningen blir dårlig.” (Ref. 2)

”Ujevne setninger kan føre til oppsprekking av vegdekket. Oppsprekkingen er ofte starten på mer omfattende dekkeskader fordi vann fra vegdekket trenger ned i underliggende lag. Oppretting av vegen etter setninger er kostbart. Dessuten påføres grunnen en tilleggsbelastning som øker setningshastigheten og derved forsterker problemene. I siste omgang kan dette føre til overbelastning av grunnen med påfølgende utglidning.” (Ref. 2)

Ved vurdering av tiltak for å motvirke setninger bør det legges særlig vekt på å unngå setningsforskjeller.

## **2.2 SETNINGSKRAV**

Fra Håndbok 018 (Ref. 3), finner man følgende setningskrav:

Setningsforskjeller på langs og på tvers av vegbanen bør ikke overstige kravene gitt nedenfor i punkt 2.2.1 og 2.2.2 innenfor overbygningens dimensjoneringsperiode (normalt 20 år).

I vegens lengderetning gjenspeiler setningskravet komfort. På tvers av vegen gjenspeiler kravet trafiksikkerhet.

Det skal tas hensyn til setninger både i undergrunnen og i fyllinger.

### **2.2.1 Setninger på langs**

Største tillatte setningsforskjell  $\Delta_S$  i vegbanen på strekningen L er:

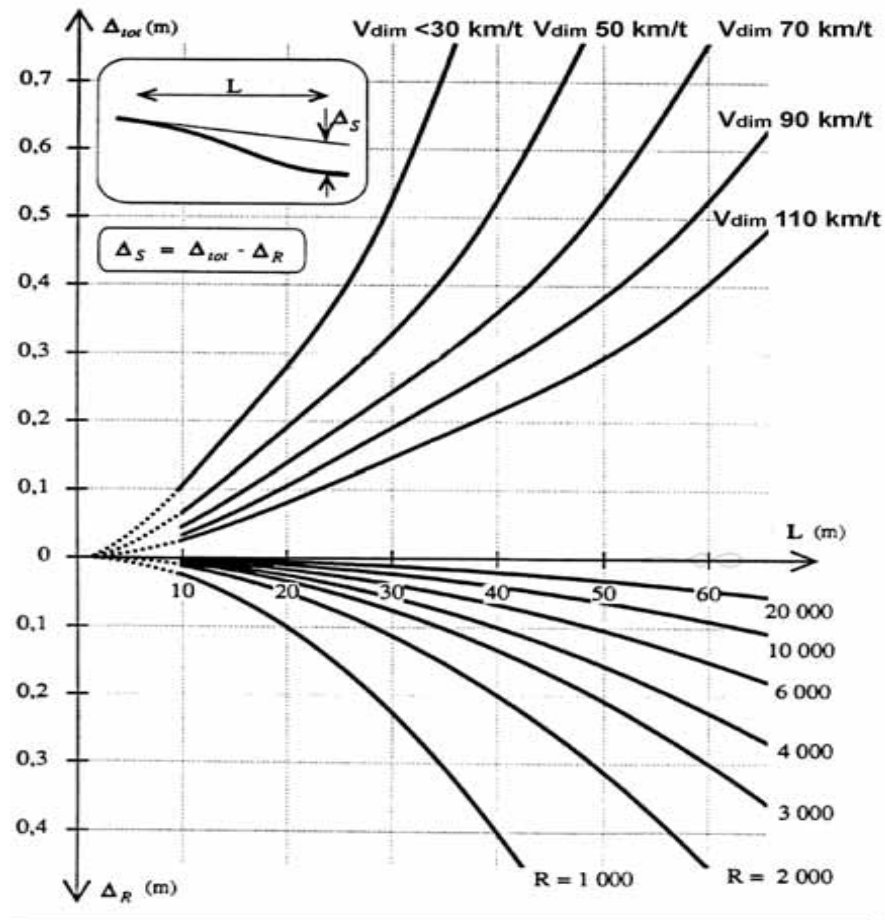
$$\Delta_S = \Delta_{\text{tot}} - \Delta_R$$

der:

L er avstand i lengderetning hvor setningsforskjellen måles, angitt i meter

R er vertikalradius, angitt i meter

Størrelsen på  $\Delta_{tot}$  og  $\Delta_R$  framgår av figur 2.1.  $V_{dim}$  i figuren tilsvarer dimensjonerende fart i henhold til Håndbok 017 Veg- og gateutforming.



Figur 2.1: Største tillatte setningsforskjell  $\Delta_S$  på strekningen  $L$

Kilde: Håndbok 018 Vegbygging, s. 47

### 2.2.2 Setninger på tvers

Største tillatte tverrfallsavvik på grunn av setninger er 1,0 prosent (prosentenhet).

## 2.3 GRUNNFORSTERKNINGER

### 2.3.1 Generelt

På dårlig grunn (silt/leire) vil det ved bygging av veg kunne oppstå glidninger eller skadelige deformasjoner. På planleggingsstadiet må derfor forholdene avklares ved grunnundersøkelser. Forskjellige grunnforsterkningstiltak er vist i tabell 2.1. Tabellen gir et bilde av når de ulike metodene kan være aktuelle. ”På basis av grunnundersøkelser, funksjonskrav og kostnadsoptimalisering av faglig sakkyndige skal valg av forsterkningsmetode foretas.” (Ref. 3)

Tiltak	Problem		
	Setningsømfintlig undergrunn	Overflatestabilitet	Stabilitet i undergrunn
Masseutskifting	x	x	x
Forbelastning	x		
Motfylling			x
Lette masser	x		x
Peling under fylling	x		x
Kalk og sementpeler	x		x
Grunnvannsenking		x	
Vertikale dren	x		(x)
Armering			x

Tegnforklaring: X Eget/aktuell løsning (X) Lite aktuell løsning

*Tabell 2.1: Grunnforsterkningstiltak*

*Kilde: Håndbok 018 Vegbygging, s. 56*

### 2.3.2 Valg av metode

Ved valg av metode for grunnforsterkning må det tas hensyn til egenskaper og tykkelser på de svake lagene, grunnvannsforholdene samt høyden på vegfyllingen. Kravene som skal



Kostnader ved bruk av fylling med lette masser og kalk- og sementpeler

stilles til vegen må defineres. Kravene må settes opp mot tekniske egenskaper og begrensninger for hver enkelt byggemetode. (Ref. 2)

Flere av grunnforsterkningsmetodene kan kombineres. Det vil ofte gi en bedre løsning – både teknisk og økonomisk.

Håndbok 274 (Ref. 2) gir følgende oversikt over hvilke metoder er de mest brukte ved vegbygging i Norge:

- Motfylling
- Masseutskifting
- Lette masser
- Forbelastning
- Peling under fylling

Følgende metoder har vært mindre brukt, men er mer aktuelle i dag:

- Kalk- og sementpeler
- Armering under fylling
- Vertikale dren. Må kombineres med forbelastning
- Grunnvannsenking

Tabell 2.2 viser kort hovedprinsippene, fordeler og ulemper ved hver enkelt metode.

Metode	Prinsipp	Spesielle fordeler/ulemper	Relativ kostnad
Forbelastning	Påføring av last for å påskynde setning.	Tidkrevende.	Lav
Masseutskifting	Skifte ut dårlig masser med friksjonsmasser (graving/fortrengning).	Sikker metode. Ved store lagtykkelser vil kostnadene øke.	Lav til middels
Lette masser	Bruke masser med lavere tyngdetetthet enn stedlige masser.	Enkel og rask byggeteknikk. Reduserer setninger. Oppdrift.	Middels

## Kostnader ved bruk av fylling med lette masser og kalk- og sementpeler

Metode	Prinsipp	Spesielle fordeler/ulempes	Relativ kostnad
Kalk- og sementpeler	Kalk/ement blandes med bløt grunn for å øke styrken.	Effekten av stabiliseringen skal dokumenteres ved laboratorieanalyser og evt. prøvepeling. Kalk og sement er kjemiske, etsende materialer.	Middels
Armering under fylling	Strekkarmering legges inn under fyllingen.	Gir økt bæreevne. Reduserer ikke totalsetningene. Enkel og rask utførelse.	Lav
Peling under fylling	Lastkapasitet økes ved bruk av peler og betongplater/striper.	Vil kunne medføre poretrykksøkning (og terrengheving).	Middels
Vertikale dren	Dren installeres for å påskynde setninger.	Omrøring av masser ved nedsetting av dren kan gi stabilitetsproblemer og økte setninger. Lite egnet i leire med lavt krypmotstandstall.	Middels
Grunnvannsenking	Senkning av grunnvann med ulike metoder.	Gir økt bæreevne og mindre setninger etter grunnvannssenkingen. Kan medføre setninger på områder i nærheten.	Middels

Tabell 2.2: Oversikt over grunnforsterkningsmetoder

Kilde: Håndbok 274 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, s. 1-3

### 2.3.3 Fylling med lette masser

Prinsipp: Bruke masser med lavere tyngdetetthet enn stedlige masser.

Fordeler/ulempes: Enkel og rask byggeteknikk. Reduserer setninger. Oppdrift.

Relative kostnader: Middels.

Lette fyllmasser brukes for å redusere belastninger, og derav begrense setninger og sikre stabilitet, ved bygging av veg på bløt grunn. Som lette fyllmasser benyttes i dag hovedsaklig lettklinker, EPS og skumglass. Oppdriften kan skape problemer ved høy

## Kostnader ved bruk av fylling med lette masser og kalk- og sementpeler

vannstand. Det skal sikres at tyngden av fyllingen er større enn oppdrift ved maksimal flomvannstand. (Ref. 2)

Materiale	Lettklinker		Ekspandert polystyren (EPS-blokker)	Skumglassgranulat
Materialkvalitet	Usortert 0/32 mm <sup>1)</sup> Sortert 10/20 mm <sup>2)</sup>		Trykkfasthet min. 100 kPa ved 5 % deformasjon	Lett, 10/50 mm <sup>3)</sup> Standard, 10/50 mm <sup>4)</sup>
Bæreevnegruppe ved dimensjonering av overbygning	3		6	3
Beregningsmessig tyngdetetthet i fylling, kN/m <sup>3</sup>	Drenert: 5,5 usortert 5,0 sortert	Under H.G.V. <sup>5)</sup> 7,0 usortert 6,5 sortert	0,5 drenert tilstand 1,0 under H.G.V. <sup>5)</sup>	3,5 lett 4,0 standard
Beregningsmessig tyngdetetthet mot oppflyting, kN/m <sup>3</sup> <sup>6)</sup>	5,5 usortert 5,0 sortert		0,2	3,5
Volumendring ved komprimering, %	8–12		~ 0	20–30
U T L E G G I N G	Undergrunn leire/silt	Filterlag (separasjonslag)	Filter- og avrettingslag	
	Maksimal lagtykkelse komprimert, m	1,0 <sup>7)</sup> 0,6 inntil landkar/støttemur		1,0 <sup>7)</sup> 0,6 inntil landkar/støttemur
	Komprimering	Beltegående maskin med beltetrykk $\leq 50$ kN/m <sup>2</sup> . Unngå nedknusing. Vibroplate ved landkar/støttemur.	Blokkene stables i forband. Unngå gjennomgående skjøter.	Beltegående maskin med beltetrykk $\leq 50$ kN/m <sup>2</sup> . Unngå nedknusing. Vibroplate ved landkar/støttemur.
	Skråningshelning	Maks. 1:2	Vanlig fylling 2:1 Vertikal front vurderes spesielt	Maks. 1:1
	Overdekning på skrånninger	Min. 0,8 m vanlige jordmasser	Min. 0,25 m vanlige jordmasser	Min. 0,5 m vanlige jordmasser

1) Nominell tørr densitet  $< 400$  kg/m<sup>3</sup>2) Nominell tørr densitet  $< 300$  kg/m<sup>3</sup>. Sorterte materialer har mindre egenstabilitet og krever noe mer oppfølging under utlegging og komprimering enn usorterte materialer.3) Nominell tørr densitet  $< 180$  kg/m<sup>3</sup>4) Nominell tørr densitet  $< 225$  kg/m<sup>3</sup>

5) H.G.V. betyr høyeste grunnvannstand

6) Ved fare for flom og neddykking av nytlagte masser må eventuell bruk av tørr tyngdetetthet vurderes

7) Ved bruk i vegoverbygning er maksimal lagtykkelse 0,6 m

Tabell 2.3: Lette fyllmasser

Kilde: Håndbok 274 Grunnforsterkning, fyllinger og skrånninger, s. 2-68.

### **Lettklinker**

Lettklinker er kuler av ekspandert, brent leire. Leiren tørkes i en stor roterende ovn hvor den gradvis varmes opp til ca. 1 200 °C. Ved denne temperaturen ekspanderer leirkulene slik at de får et hardt keramisk skall rundt en indre struktur med små, luftfylte celler.

(Ref. 2)

Under punkt 24.71 Fylling med lettklinker (ekspandert leire) i Håndbok 025 – Prosesskode 1 (Ref. 4), står det en beskrivelse av utførelsen av metoden. Lettklinker legges ut på rett terreng med doser eller beltegående gravemaskin med beltetrykk som ikke overstiger 50 kN/m<sup>2</sup>. Massene legges ut lagvis med maksimal lagtykkelse 1,0 m. På toppen av fyllingen legges en fiberduk.



*Figur 2.2: Utlegging av lettklinkerfylling*

*Kilde: Håndbok 274 Grunnforsterkning, fyllinger og skrånninger, s. 2-71. Foto: Jon Hauge*

De viktigste funksjonene for Leca Lettklinker er: (Ref. 5)

- Stabilitetsikring - gir mindre risiko for utrasing og skadelige deformasjoner
- Setningsreduksjon - reduserer setninger som gir skader på vegkonstruksjonen
- Jordtrykksreduksjon - ved tilbakefylling mot grunnmur, støttemur, brulandkar o.l.

- Kompensert fundamentering (masseutskifting) - gir en tilnærmet setningsfri direkte fundamentering
- Frostsikring - av veier, jernbaner og grøfter.

Lav romvekt og enkel utlegging kombinert med høy kvalitet, fører til at lettklinker er et meget konkurransedyktig alternativ til andre typer lette materialer og grunnforsterkningsløsninger.

Når det gjelder materialet skal lettklinker ha en ”ukomprimert nominell tørr densitet på maksimalt  $450 \text{ kg/m}^3$  for usortert lettklinker med gradering 0/32 mm, eventuelt mindre enn  $350 \text{ kg/m}^3$  ved sortert materiale med gradering 10/20 mm.” (Ref. 4)

### **Ekspandert polystyren (EPS)**

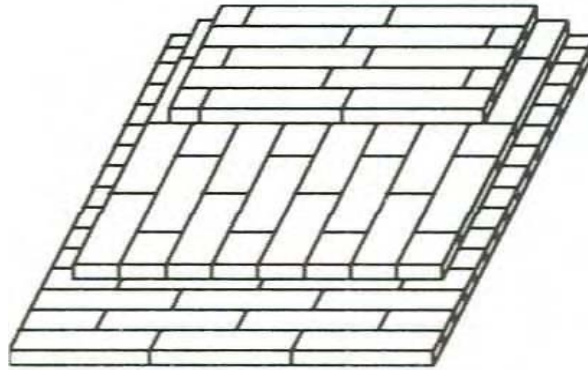
”EPS er produsert av plastråstoffet polystyren. Det er videre ekspandert under produksjon med vanndamp og deretter støpt i store blokker.” (Ref. 2)



*Figur 2.3: Fylling av EPS*

*Kilde: <http://www.byggaktuelt.com/content.asp?contentid=29087>. Foto: Endre Dahlen*

EPS brukes for å ivareta stabilitet, motvirke grunnbrudd og redusere setninger ved at man får redusert trykket på de løse og myke massene i grunnen. På toppen av EPS-en støpes et ca 10 cm tykt lag med betong. Dette gjøres for å stive det av og for å sikre jevn fordeling av vekt.



*Figur 2.4: Eksempel på oppbygging av fylling i forband*

*Kilde: Håndbok 274 Grunnforsterkning, fyllinger og skrånninger, s. 2-79*

### **Skumglass**

Skumglass er et rent glassprodukt. Produktet leveres som plater og som granulat for løs utlegging. Skumglass produseres ved å knuse returglass ned til et fint pulver.

”Glasspulveret tilsettes så en aktivator og spres på et transportbånd gjennom en tunnelovn. Glasspulveret smelter og det dannes store mengder små luftporer slik at volumet øker hvilket medfører at skumglass består av ca. 92 % luft og får en densitet på rundt 200 kg/m<sup>3</sup>”. (Ref. 2)



*Figur 2.5: Skumglass*

*Kilde: <http://www.ipf.as/isolasjonsprodukter.htm>*

Siden skumglass består av millioner små og tette "glassbobler" per cm<sup>3</sup> gir det produktet egenskaper som:

- Lav egenvekt
- God isolasjonsevne
- Høy styrke (6 til 12 N/mm<sup>2</sup>)
- Relativt lavt fuktopptak



*Figur 2.6: Utlegging av skumglass*

*Kilde: <http://www.gjenbruksprosjektet.net/article/darchive/20/>*

Det produseres i dag to typer skumglassgranulat. Disse har betegnelsene "Lett" og "Standard". Den lette materialtypen har en tørr densitet på 180 kg/m<sup>3</sup>, mens standard skumglass har en tørr densitet på 225 kg/m<sup>3</sup>. Begge materialtypene har en sortering på 10/50 mm. (Ref. 2)

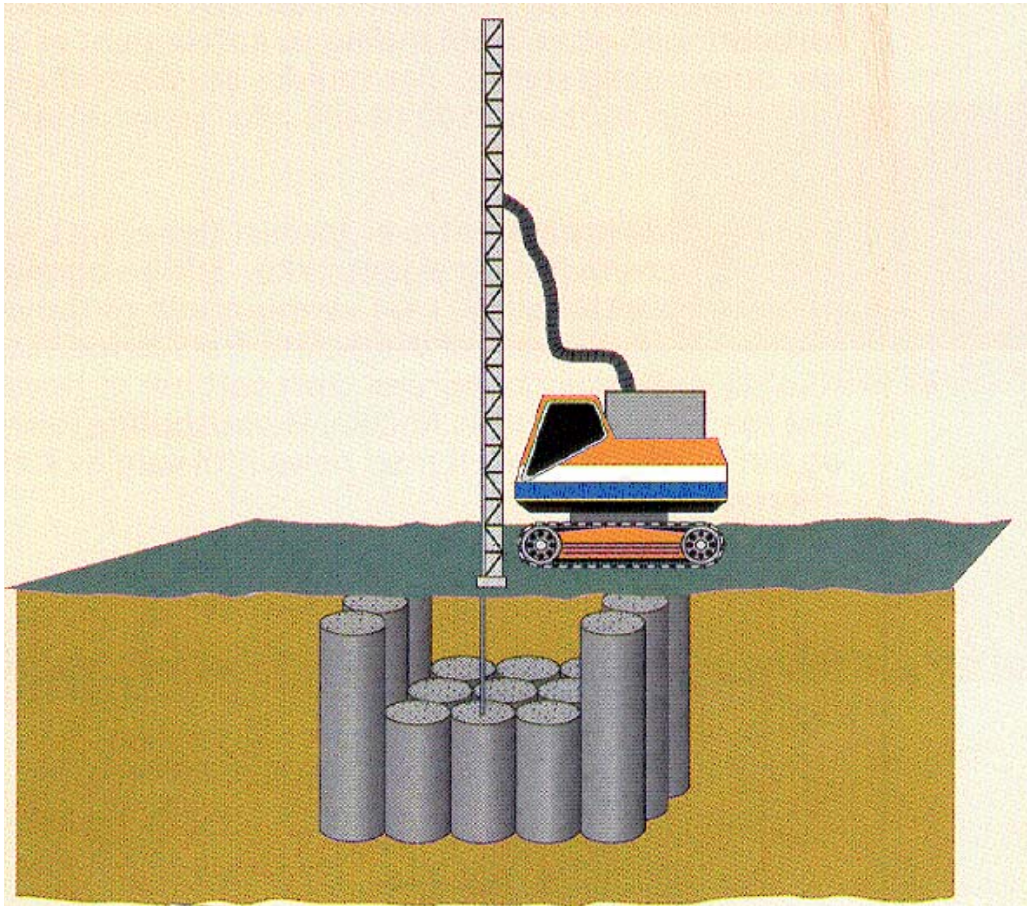
Selve utførelsen er ganske lik som for lettklinker. Skumglassgranulat skal legges ut lagvis med maksimalt 1,0 m lagtykkelse. "Fyllingen skal legges ut og komprimeres med et beltetrykk mindre enn 50 kN/m<sup>2</sup> for å unngå nedknusing. Fyllingen skal ha en støttefylling av stabile masser med tykkelse minst 0,5 m". (Ref. 4)

### 2.3.4 Kalk- og sementpeler

Prinsipp: Kalk/semest blandes med bløt grunn for å øke styrken.

Fordeler/ulemper: Effekten av stabiliseringen skal dokumenteres ved laboratorieanalyser og evt. prøvepeling. Kalk og sement er kjemiske, etsende materialer.

Relative kostnader: Middels.



*Figur 2.7: Grunnforsterkning med kalk- og sementpeler*

*Kilde: [http://www.norskasfaltforening.com/Artikler/1345/Dimensjonering\\_og\\_bygging\\_pa\\_blot\\_grunn.pdf](http://www.norskasfaltforening.com/Artikler/1345/Dimensjonering_og_bygging_pa_blot_grunn.pdf)*

Kalk- og sementpeler er et alternativ til lette fyllinger som brukes der det er et behov for å stabilisere dypere. Kalksementstabilisering utføres ved at kalk og sement blandes inn i grunnen ved hjelp av en visp som med dagens utstyr når 15-25 m dypt.

Stabiliseringsmidlene reagerer kjemisk med jord og danner et jordmateriale med større



skjærstyrke og stivhet enn den opprinnelige jorden. Det bedrer egenskapene med hensyn til setninger, stabilitet og vibrasjoner. Økonomisk kommer metoden ofte fordelaktig ut sammenlignet med alternative løsninger. Metoden ble første gang brukt i Norge i 1977. Bruksområder og -utstyr har utviklet seg mye gjennom 90-tallet. (Ref. 6)

”Kalk- og sementpeler benyttes i hovedsak:

- til å øke jordens bæreevne, f.eks. under fyllinger, anleggsveger o.l. .
- til å bedre stabiliteten av skjæringer, naturlige skråninger og utgravninger
- som setningsreducerende tiltak under fylling eller setningsutjevningstiltak under tilløpsfyllinger mot bruer fundamentert til fast grunn
- som forsterkning av fundamenter i ledningsgrøfter” (Ref. 2)

Metoden er mest brukt der det er sensitiv leire med lav skjærstyrke 5- 30 kPa.

Styrkeforbedringen med metoden gir en økning på 10 til 50 ganger opprinnelig styrke på leiren (Ref. 7)

Kalk- og sementpeler er ikke peler i ordets egentlige betydning. Det er søyler av forbedret jord i forhold til omkringliggende masser. ”Pelene er inhomogene og det kan bare regnes at de tar aksiallast. Det kan ikke forutsettes at pelene tar strekk- og bøyepåkjenning uten at de settes sammen i blokker, skiver eller buer med til sammen stor skjærkapasitet”. (Ref. 2)

Kalk- og sementpeler virker i en viss grad som vertikale dren og påskynder setningsforløpet, dette skjer på grunn av de kjemiske reaksjonene som oppstår mellom kalk, sement og jorda som gir jorda en grovere struktur enn omkringliggende jord. (Ref. 2)

”Fastheten som oppnås i pelene avhenger av

- 1: jordartsegenskaper (jordart, vanninnhold, humusinnhold, sensitivitet, skjærspenning),
- 2: innblandingsarbeidet (visptype, stigning pr omdreining, rotasjonshastighet),
- 3: stabiliseringsmiddel (kalk, sement, andre bindemidler) og
- 4: innblandingens mengde (antall kg innblanding pr m pel og blandingsforhold).

Etter at pelene er laget øker fastheten i en herdeprosess.” (Ref. 7)

Stabiliseringsmidlene og kombinasjoner av dem har betydning for hvilke egenskaper pelene får. ”Styrken avhenger av type og mengde stabiliseringsmiddel. Sement gir normalt høyest fasthet, kalk gir noe seigere materiale. Vanlig innblandingsmengde i kalkpeler er 80 - 130 kg/m<sup>3</sup>. Den mest vanlige blandingen er 50 % kalk og 50 % sement. Ved humusinnhold er det ofte en fordel å øke sementinnholdet ved å bruke 25 % kalk og 75 % sement.” (Ref. 7)

SGF Rapport 4:95 (Ref. 8) gir denne oversikten over stabiliseringsmidlene:

**Kalk: Brent kalk CaO**

Kornstørrelse 0 – 0,2 mm

CaO innhold > 80 %

Flytbarhet > 70

**Sement: Standard Portlandsement eller tilsvarende**

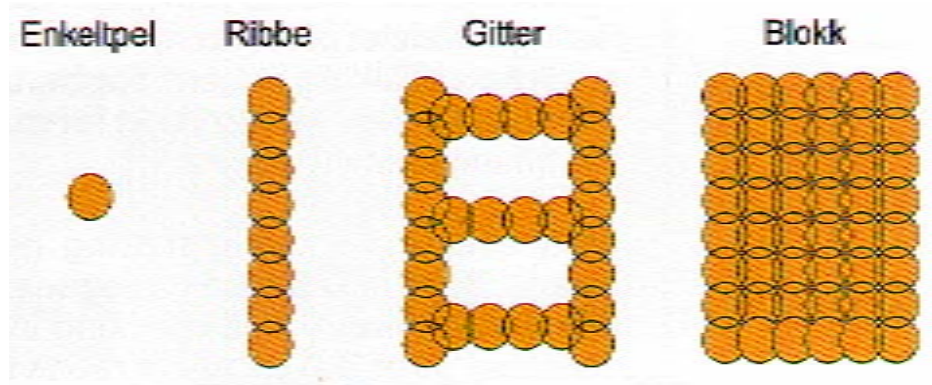
Kornstørrelse 0-0,2 mm

Flytbarhet > 40

De fleste søylene er 600 mm i diameter, men man får også søyler med diameter 500, 800 og 1000 mm. Søylene settes ut i mønster med en slik avstand at man får ønsket fasthet i grunnen.

Typiske mønstre er:

- Enkeltstående peler i rutemønster
- Enkle eller doble ”ribber” (peler tett i tett på rekke)
- Kryssende ribber
- Peler i ”blokk”



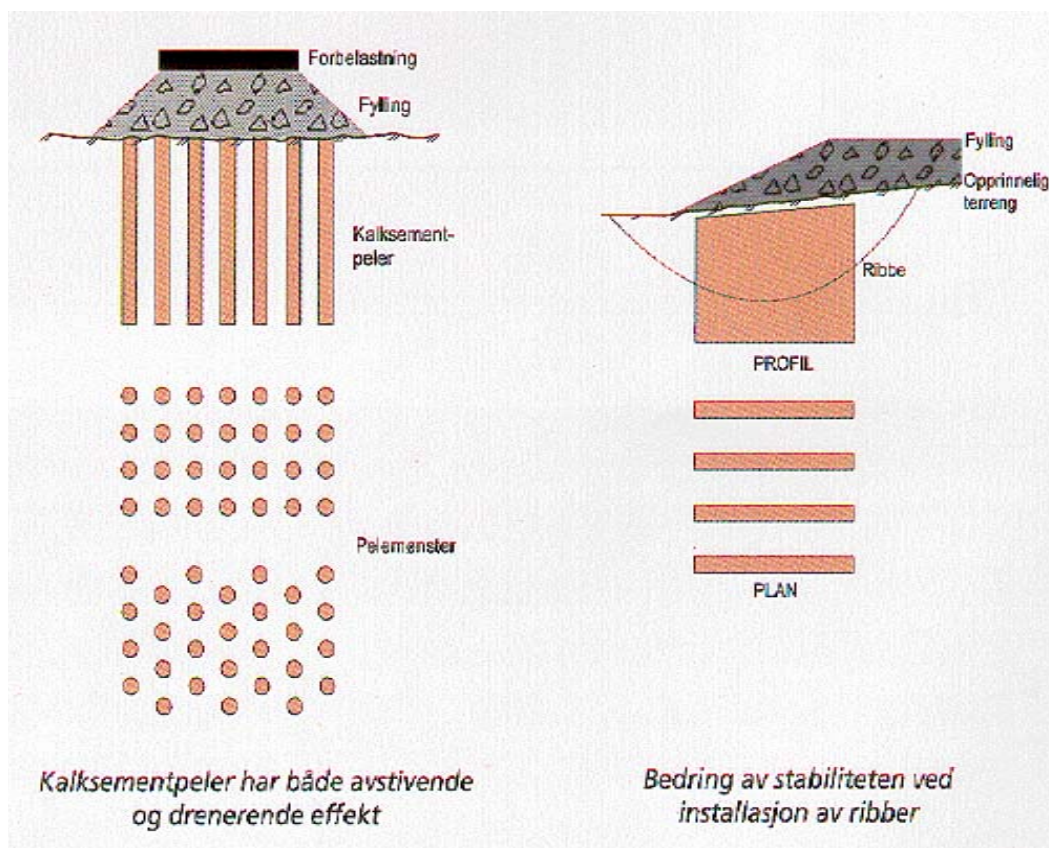
Figur 2.8: Vanlige pelemønstre

Kilde: [http://www.norskasfaltforening.com/Artikler/1345/Dimensjonering\\_og\\_bygging\\_pa\\_blot\\_grunn.pdf](http://www.norskasfaltforening.com/Artikler/1345/Dimensjonering_og_bygging_pa_blot_grunn.pdf)

Det er vanlig med 10-20 cm overlapp mellom pelene der pelene skal virke sammen i ribbe, gitter eller blokk. Det er viktig at peler som skal henge sammen blir installert etter hverandre uten opphold.

”For å ivareta setninger er det vanlig å installere pelen som enkeltpeler i trekant- eller firkantmønstre. Pelene kan virke både som avstivning og dren, men en skal være klar over at høy stivhet kan gi lavere dreneffekt. Avstivningen reduserer setningene og dreneffekten øker setningshastigheten.” (Ref. 7)

”Der pelene skal forsterke grunnen med hensyn til stabilitet bør pelene installeres i ribber, gitter eller blokk. Avstanden mellom peleelementene avgjøres av behovet for gjennomsnittelig fasthet og lokal stabilitet av naturlig grunn mellom ribber og gitter.” (Ref. 7)



Setningsreduksjon

Stabilitetsforbedring

Figur 2.9: Kalk- og sementpeler, setningsreduksjon og stabilitetsforbedring

Kilde: [http://www.norskasfaltforening.com/Artikler/1345/Dimensjonering\\_og\\_bygging\\_pa\\_blot\\_grunn.pdf](http://www.norskasfaltforening.com/Artikler/1345/Dimensjonering_og_bygging_pa_blot_grunn.pdf)

Viktige parametere i utforming og dimensjonering er jordart, vanninnhold, humusinnhold, sensitivitet og skjærstyrke. Siltige og/eller sensitive leirer gir høyest fasthetsøkning. Normalt vil leiren prøves med ulike bindemiddelmengde på egnet laboratorium før entreprise. (Ref. 6)

For mer om dimensjoneringsprinsipper henvises til Statens vegvesen sin Håndbok 274 – Grunnforsterkning, fylling og skråning (Ref. 2).

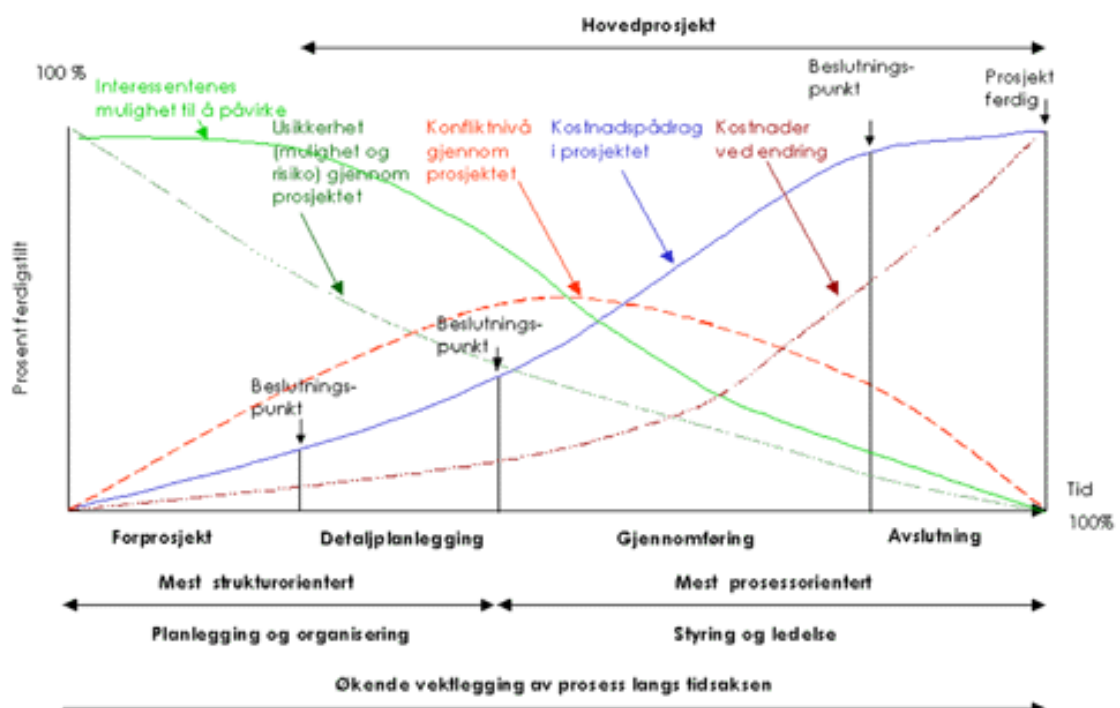
## 2.4 ULIKE FAKTORER SOM KAN PÅVIRKE KOSTNADENE

I dette kapittelet vil jeg komme inn på hva som kan påvirke kostnadene i forbindelse med vegbygging og grunnforsterkninger. Kostnadene kan blant annet komme på grunn av usikkerhet. Måten entreprenøren kalkulerer anbudet på kan også påføre byggherren ekstra kostnader.

### 2.4.1 Prosjektgjennomføring – usikkerhet og kostnader

Prosjektprosessen vil innebære flere faser og trinn. Med utgangspunkt i en idé, et problem eller en utfordring skal man finne ut hva som skal gjøres og hvordan det skal gjøres.

I prosjektets livssyklus vil usikkerheten bli mindre underveis, mens kostnadene øker. Kostnadene med endringer i prosjektet vil øke fram mot slutføringen av prosjektet. Det vil være fokus på å identifisere usikkerhet og planlegge tiltak mot risiko.



Figur 2.10: Prosjektgjennomføring  
Kilde: <http://www.prosjektguide.no/index.php?id=235858>

Som figur 2.10 viser, synker usikkerheten gradvis etter hvert som byggeprosjektet skrider frem. Usikkerheten reduseres gjennom at en får mer informasjon, en tar beslutninger med hensyn til valg av løsninger og en inngår forpliktelser og kontrakter som gjør at usikkerheten kan reduseres. I gjennomføringsfasen blir prosjektet stadig mer definert, usikkerheten synker. Den raskt synkende usikkerheten i et prosjektforløp legger til rette for at arbeidsoppgavene kan planlegges på et stadig sikrere grunnlag. (Ref. 9)

#### **2.4.2 Byggherrens motivasjon for bruk av grunnforsterkning**

”Byggherrens ”motivasjon” kan enkelt uttrykkes med ett begrep: Økonomisk optimalisering.” (Ref. 10)

For å kunne gjøre en virkelig økonomisk optimalisering av løsningen der man har begrensede grunnforhold, må det selvsagt tas gode beslutninger.

Gode beslutninger må tas på riktig tidspunkt og krever både bred faglig innsikt og ikke minst en avklart beslutningsmyndighet. For å kunne ta gode beslutninger, må vi ha et godt beslutningsgrunnlag.

”Uansett hvor mye man tilfører av god fagkunnskap og hvor mye man undersøker og utreder i utviklingen av et prosjekt, så er det beslutningene som er nøkkelementene. Det er innlysende at beslutningene ikke blir bedre enn det grunnlaget de tas på. Det er videre innlysende at det er hos byggherren (den fremtidige eier) de viktigste beslutningene må tas.” (Ref. 10)

”I byggherrens kontrakt med entreprenøren er det byggherren som har risikoen for at konkurransegrunnlaget er dårlig. Byggherren får krav fra entreprenøren om tilleggsbetaling og mer tid. Det er byggherren som må betale de tilleggskrav som entreprenøren fremmer på riktig måte.” (Ref. 1)

Utgangspunktet for entreprenørens priser er det konkurransegrunnlaget som blir utarbeidet av byggherren. Konkurransegrunnlaget består blant annet av en beskrivelse av arbeidene med mengdefortegnelsen inndelt i poster, tegninger og beregninger.

”Entreprenøren må normalt kalkulere slik at hans samlede pris dekker både variable og faste kostnader samt den fortjeneste han skal ha på prosjektet. Prissettingen skal skje på konkurransegrunnlaget som normalt består av mange poster. Derfor må entreprenøren vurdere om han skal legge sine kostnader og fortjeneste jevnt på alle postene. Hans alternativ er å fordele kostnader og fortjeneste ujevnt på de forskjellige postene. Det er nokså vanlig at entreprenørene gjør det og legger mer på noen av postene enn på andre. Vi snakker om *taktisk prising*.” (Ref. 1)

Videre skriver Hans Cappelen i sin artikkel at ”den erfarne entreprenør kan være god til å vurdere hvilke tilleggsarbeider som vil komme, slik at han kan ha høye priser på disse postene. Når entreprenøren ser dette mens han kalkulerer prisene, kan han sette lavere priser på de arbeidene der han ikke venter tillegg. Dermed blir entreprenørens samlede pris på alle arbeidene likevel konkurransedyktig. Når tilleggene kommer, kan han dessuten få bedret sitt økonomiske resultat.” (Ref. 1)

”Dersom konkurransegrunnlaget ikke er godt nok, vil det normalt bety usikkerhet, tilleggskrav og problemer. Byggherren kan tro at han vil spare kostnader på å nøye seg med et svakt og tynt konkurransegrunnlag. Men denne ”sparing” kan byggherren tape mye på under gjennomføringen av prosjektet, når svakhetene plutselig viser seg. Da blir det vanskelig å holde byggebudsjettet. Byggherrene bør derfor være oppmerksom på problemet allerede tidlig mens de planlegger prosjekter.” (Ref. 1)

Byggherren og hans prosjekterende må tenke i samme baner som entreprenøren. Byggherresiden må være spesielt oppmerksom på de poster der omfanget er usikkert. For disse postene må de ikke anslå mengdene for lavt. Ellers blir det overskridelser av den anslåtte kontraktsummen.

#### **2.4.3 Kostnader og nytte av setningsreducerende tiltak**

For et transportanlegg vil kostnadene i stor grad påvirkes av:

- type setningsreducerende tiltak som benyttes
- i hvilket omfang tiltaket benyttes

Planlegging av optimale setningsreducerende tiltak krever at tekniske og økonomiske forhold fokuseres samtidig.

Teksten nedenfor er hentet fra kursdagene på NTNU i 1996 (Ref. 11).

På bløt grunn er det ofte svært kostbart å bygge setningsfritt, selv om dette i de fleste tilfeller er teknisk mulig. Det er derfor relevant å fokusere på lavest mulige samlede kostnader for å løse setningsproblemer. Kostnader i byggefasen og driftsfasen må da ses i sammenheng og bruk av setningsreducerende tiltak må kunne begrunnes ut fra økonomiske motiver.

**Setningsreducerende tiltak bør bare iverksettes når nytten av tiltaket er større enn kostnaden. ("basiskrav" 1).**

"Basiskrav" 1 er egentlig et økonomisk minimumskrav. Dersom det kreves å få mest mulig utbytte av investeringer i setningsreducerende tiltak, må en forholde seg til at:

**Setningsreducerende tiltak bør ha høyest mulig nytte/kostnads-forhold ("basiskrav" 2).**

Kostnaden vil alltid være knyttet til anleggsperioden, mens nytten hovedsakelig er knyttet til anleggets driftsperiode. For et transportanlegg kan nytten av et setningsreducerende tiltak være:

- reduserte vedlikeholdskostnader (for eksempel grunnet økt levetid av vegdekket)
- mindre verdiforringelse (dvs økt restverdi og/eller rimeligere oppgradering)
- forbedret kjøreforhold (større fart, bedre komfort, lavere ulykkesrisiko)

Ideelt sett bør det tilstrebes å velge setningsreducerende tiltak som er mest mulig økonomisk optimale. Hvilke tiltak dette er varierer med grunnforholdene og setningsproblemets art (bl.a. etter hvor stor setningsreduksjon som må til for at det skal bli nytteverdi). Det er også viktig å være klar over at valg av økonomiske optimale tiltak på et parti med setninger ikke bare er et spørsmål om metode, men minst like mye et spørsmål om omfanget av tiltaket.

**Både type og omfang av setningsreducerende tiltak må varieres i en økonomisk optimalisering ("basiskrav" 3).**

Ved prosjektering av et utbyggingsprosjekt vil det neppe være realistisk å ta fullt hensyn til hele den økonomiske siden av setningsproblemet. Det er derfor et klart behov for å fastlegge akseptgrenser for tillatte setninger (setningskrav) for det aktuelle anlegget.



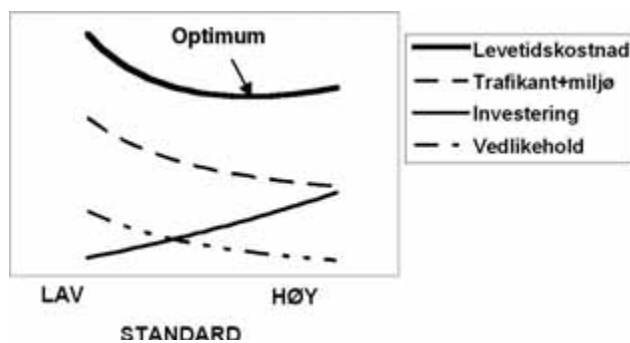
Dermed kan den prosjekterende konsentrere seg om å tilfredsstille de gitte setningskravene på rimeligst mulig måte gjennom valg av mest mulig egnede og riktige doserte tiltak.

#### 2.4.4 Levetidskostnader

I håndbok 018 er det i vedlegg 11 skrevet om levetidskostnader og nåverdi beregning. Dette er viktige beregninger som kan avgjøre valg av f. eks. grunnforsterkningsmetode. ”Når man står overfor valget mellom flere mulige tekniske løsninger, bør man ideelt sett velge den løsningen som over tid er best for samfunnet som helhet. Foruten å oppfylle de tekniske og funksjonelle kriteriene bør valgt løsning også innebære så lave totale kostnader som mulig for samfunnet over tid. De totale kostnadene en løsning påfører samfunnet i løpet av en definert analyseperiode defineres som levetidskostnadene eller livssyklus kostnadene (”life cycle costs”).

Ved valg av overbygning og andre vegelementer kan ulike løsninger innebære forskjeller i byggekostnader, men også i fremtidige vedlikeholdskostnader. I tillegg kan de innebære ulike konsekvenser for trafikanter og miljø. Ved beregning av levetidskostnader er kun de prissatte konsekvensene tatt med, dvs. de som kan uttrykkes i kroner.” (Ref. 3)

”I normale tilfeller vil man forvente at en økning i investering (f.eks. tykkere og/eller sterkere lag i en vegoverbygning) vil gi en gevinst i form av lavere vedlikeholdskostnader i fremtiden. På samme måte vil man forvente at dersom man sparer på investeringskostnadene så vil fremtidige vedlikeholdskostnader kunne øke. I tillegg kommer betraktninger omkring trafikantenes kostnader og evt. miljøkostnader. Teoretisk vil det da finnes et optimum som gir de laveste levetidskostnadene.” (Ref. 3)



Figur 2.11: Levetidskostnader

Kilde: Håndbok 018, vedlegg 11 – Metodikk for beregning av levetidskostnader.

”En krone i dag er ikke verd det samme som en krone om 10 år. Grunnen er at en krone i dag kan investeres og gi en realavkastning, dvs. få en reelt høyere verdi. Når en investering vurderes vil investoren alltid sammenligne den forventede avkastningen i prosjektet med den alternative avkastningen en vil kunne oppnå i “sikre” pengeplasseringer (f.eks. en bankkonto). Kalkulasjonsrenten som brukes ved beregning av nåverdi kan derfor også sees på som et avkastningskrav på de investerte midlene. Man regner som regel alltid med en fast kroneverdi (knyttet til et bestemt år) ved bergning av nåverdi. Dermed er inflasjon, som uansett er svært vanskelig å forutsi, ikke noe man trenger å ta eksplisitt hensyn til i analysene.” (Ref. 3)

#### 2.4.5 Byggekostnadsindeks

Bygge- og anleggsnæringen er en meget konjunkturutsatt næring. Statistisk sentralbyrå har utarbeidet byggekostnadsindekser for veganlegg siden 1985. Indeksene er en input prisindeks og måler prisutviklingen på innsatsfaktorene i anleggsproduksjonen.

Prisendringene på materialer, arbeidskraft, maskiner, transport og annet vektes sammen til en indeks. (Ref. 12)



Figur 2.12: Byggekostnadsindeks for veganlegg

Kilde: Statistisk sentralbyrå (Ref. 12)

## Kostnader ved bruk av fylling med lette masser og kalk- og sementpeler

Tabell 2.4 nedenfor viser utviklingen i kostnadene innenfor bygging av veg i dagen.

Byggekostnadsindeksen starter på 100,00 1.kvartal 2004 og viser utviklingen kvartalsvis fram til og med 1. kvartal 2009.

	Veg i dagen	
	I alt	Materialer
<b>2004</b>		
1. kv.	100,00	100,00
2. kv.	102,00	104,80
3. kv.	102,80	106,30
4. kv.	103,20	104,30
<b>2005</b>		
1. kv.	103,80	106,00
2. kv.	105,50	110,80
3. kv.	106,40	111,70
4. kv.	107,70	112,80
<b>2006</b>		
1. kv.	108,30	114,30
2. kv.	109,80	117,30
3. kv.	110,70	116,70
4. kv.	111,70	116,80
<b>2007</b>		
1. kv.	112,60	117,60
2. kv.	115,30	122,30
3. kv.	117,50	124,80
4. kv.	121,40	126,60
<b>2008</b>		
1. kv.	124,10	128,90
2. kv.	127,20	133,70
3. kv.	130,50	142,50
4. kv.	126,20	131,60
<b>2009</b>		
1. kv.	125,6	129,2

Tabell 2.4: Byggekostnadsindeks for veganlegg

Kilde: Statistisk sentralbyrå; <http://www.ssb.no/bkianl/tab-2009-04-23-03.html>

**2.4.5 Kostnader ved bruk av kalk- og sementpeler**

Kalk- og sementpeler er i en del tilfeller konkurransedyktig på pris for en del problemstillinger.

Tabell 2.5 viser priser for peler med en diameter på 500mm, 600mm, 800mm og 1000mm.

<b>Pelediameter i meter</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>
<b>Ca kostnad kr/m pel</b>	<b>50 - 65</b>	<b>65 - 80</b>	<b>110 - 130</b>	<b>140 – 175</b>

*Tabell 2.5: Kostnader ved k/s-peler, 1996*

*Kilde: (Ref. 13)*

”Omtrent 40 – 50 % av kostnadene er innblandingsmiddelet (kalk, sement)” (Ref. 13)

### **3. DEL 2: MATERIALE OG METODER**

#### **3.1 INNSAMLING OG BEARBEIDING AV DATA**

Jeg startet arbeidet med denne oppgaven ved å sette meg inn i hva grunnforsterkning i forbindelse med vegbygging går ut på. Min jobb ble deretter å samle inn priser på ulike grunnforsterkningsmetoder. Med hjelp fra veileder fikk vi samlet inn kontrakter fra flere større og mindre vegprosjekter i Norge. De ulike grunnforsterkningsmetodene hører til under prosess 24 – masseutskifting og grunnforsterkning, som er hentet fra Håndbok 025 – prosesskode 1. Alle kostnadene som er oppgitt er kun hentet fra postene som kommer inn under prosess 24.

##### **3.1.1 Valg av grunnforsterkningsmetoder**

Etter hvert som jeg fikk inn kontrakter så jeg at det var noen grunnforsterkningsmetoder som gikk igjen. Jeg konsentrerte meg derfor om de metodene jeg har fått mest priser på for å gi et best bilde på kostnadene på hver enkelt metode. Disse metodene er fylling med lette masser og kalk- og sementpeler. Innenfor lette fyllmasser viser jeg kostnader på lettklinker, ekspandert polystyren (EPS) og skumglassgranulat.

##### **3.1.2 Prosessene som er inkludert i kostnadene for hver enkelt metode**

For å best kunne sammenligne resultatene for hver metode har jeg brukt, der det har vært mulig, de samme prosesskodene/materialene.

##### **Lettklinker:**

Fylling med lette masser kommer inn under prosess 24.7, som man finner i Håndbok 025 – prosesskode 1. Fylling med lettklinker har prosesskode 24.71. Denne prosessen omfatter ”levering, utlegging og komprimering av lettklinker som lett fylling.” (Ref. 4)

**Skumglassgranulat:**

Fylling med skumglassgranulat finnes som post 24.72 i prosesskoden. Denne prosessen ”omfatter levering, utlegging og komprimering av skumglassgranulat som lett fylling”. Det var på alle prosjektene, hvor det var brukt skumglassgranulat, brukt standard materiale som beskrevet i prosesskoden ”skumglassgranulat skal ha ukomprimert nominell tørr densitet mindre enn 180 evt. 225 kg/m<sup>3</sup> kvalitet (Lett evt. Standard) med gradering 10/50 mm.” (Ref. 4)

**Ekspandert polystyren:**

Når det kommer til ekspandert polystyren finner man i prosesskoden, under post 24.74, at denne metoden kan bestå av flere prosesser. De kontraktene jeg mottok var forskjellig i forhold til hvilke og hvor mange prosesser som var med. For best mulig sammenligningsgrunnlag valgte jeg ut de samme postene på de ulike prosjektene. Alle prosjektene hvor det var benyttet fylling med ekspandert polystyren hadde med posten for levering og utlegging av ekspandert polystyren som lett fylling, prosess 24.741, og posten som gjaldt armert betongplate som lastfordelingslag, prosess 24.743. Jeg har valgt å slå sammen disse to prosessene når jeg har regnet ut enhetspriser for ekspandert polystyren.

**Kalk- og sementpeler:**

Kalk- og sementpeler kommer inn under prosessen for stabilisering under fylling, 24.6 i prosesskoden. Jeg har tatt med alle prosessene som trengs for å få utført denne grunnforsterkningsmetoden, det er bl.a. tilrigging, materialer, innblanding og fasthetskontroller. Prosessene er å finne under post 24.65 – Stabilisering med kalk/sementpeler i Håndbok 025 (Ref. 4)

## **3.2 PRESENTASJON AV KOSTNADENE FOR HVER ENKELT METODE**

Under vil jeg forklare valgene jeg har tatt med hensyn til hvilke enhetspriser jeg viser og hvorfor.

### 3.2.1 Lette masser

For lette masser er prisene i kontraktene oppgitt per  $m^3$ , disse blir vist under hvert enkelt prosjekt. Pris per  $m^3$  er ikke alltid et ideelt mål, i tidligfasen i et prosjekt vet man kanskje bare arealet eller lengden på vegstrekningen som må grunnforsterkes. I en anslagsprosess benyttes ofte en kostnad per løpemeter veg. Ut fra tegninger fra hvert enkelt prosjekt har jeg funnet arealer, høyder, bredder og lengder på fyllingene. Fordi målene er funnet ved å måle med en reduksjonsstav på tegningene kan de være noe unøyaktig. Ved å bruke de høydene, breddene og lengdene jeg har funnet, har jeg regnet ut en pris på fyllingen per  $m^2$  og per løpemeter veg.

### 3.2.2 Kalk- og sementpeler

Når det gjelder kalk- og sementpeler har jeg funnet, som vist i teorien i tabell 2.5, pris på peler per løpemeter. Jeg har gjort den samme utregningen for hvert enkelt prosjekt, for å kunne gjøre en sammenligning. En pris per meter pel vil i en tidlig fase av prosjektet være et mindre egnet mål siden man kanskje ikke vet hvor mange peler man har behov for og hvor lange de må være. På tegningene for de ulike prosjektene har jeg regnet ut arealet der det er installert kalk- og sementpeler. Jeg har så tatt de totale kostnadene og delt det på det totale arealet, slik at jeg får en pris per  $m^2$ . Hvert enkelt prosjekt er unikt i forhold til antall peler, hvilke pelemønster som er brukt og hvor stort område det er installert peler på. Dette er listet opp under hvert enkelt prosjekt.

## **4. DEL 3, RESULTATER OG DISKUSJON**

### **4.1 INNLEDNING**

Jeg har valgt og fokusere på grunnforsterkningene kalkstabilisering og fyllinger med lette masser. Innen for lette masser har jeg fått priser på lettklinker, EPS og skumglassgranulat.

Kontrakter er veldig sensitivt materiale, det er en bindende avtale mellom to parter. Av den grunn har jeg valgt å anonymisere prosjektene, for å ikke avsløre entreprenørene og deres priser. Prisene på grunnforsterkninger har jeg fått fra ulike prosjekter i hele landet. Har valgt å kalle de ulike entreprisene henholdsvis prosjekt 1 til prosjekt 26. Under hvert enkelt prosjekt har jeg listet opp forutsetninger, mengder og kostnadene for de ulike metodene.

Grunnforholdene er stort sett ganske like for alle prosjektene, det vil si dårlig grunn/bløt leire. Det er behov for å forsterke grunnen enten ved kalk- og sementpeler eller ved en utskifting av de dårlige massene med nye lette masser.

Materialene som er brukt på de ulike metodene er standard materialer som er beskrevet i Statens vegvesen sin Håndbok 025 Prosesskode 1. I denne oppgaven er standard materialene listet opp i teorikapittelet. Tabell 2.3 viser de lette massene, mens materialene som brukes ved installering av kalk- og sementpeler er vist på side 17.

Alle priser som oppgis er regnet om til dagens kostnadsnivå ved hjelp av byggekostnadsindeksene fra statistisk sentralbyrå, se tabell 2.4.



## 4.2 PRESENTASJON AV PROSJEKTENE

I dette kapitlet viser jeg forutsetninger, mengder og kostnader for hvert enkelt prosjekt. De første 10 prosjektene viser fylling med lettklinker. Prosjekt 11-14 viser fylling med ekspandert polystyren. Fylling med skumglassgranulat er vist i prosjekt 15-19. Prosjekt 20-26 viser kostnader og forutsetninger for kalk- og sementpeler.

### 4.2.1 Fylling med lettklinker

I prosjektene hvor det er brukt fylling med lettklinker, er det kostnadene under prosess 24.71 fra håndbok 025 som er brukt.

#### PROSJEKT 1

##### Lettklinker:

- Mengde = 9 800 m<sup>3</sup>.
- Areal = ca 5 200 m<sup>2</sup>, det gir en gjennomsnittlig fyllingsdybde på nesten 1,9 m.
- Gjennomsnittlig fyllingsbredde er 30 meter.

Prosjekt 1			
Metode	Pris pr m <sup>3</sup>	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
Lettklinker	369	701	21 019

Tabell 4.1: Priser på lettklinker på prosjekt 1

#### PROSJEKT 2

##### Lettklinker:

- Mengde = 600 m<sup>3</sup>.
- Fyllingene er lagt ut over et område på til sammen 400 m<sup>2</sup>.
- Fyllingsbredden er ca 20 meter.

Prosjekt 2			
Metode	Pris pr m <sup>3</sup>	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
Lettklinker	604	907	18 132

Tabell 4.2: Priser på lettklinker på prosjekt 2

**PROSJEKT 3****Lettklinker:**

- Mengde = 42 000 m<sup>3</sup>.
- Fyllingene er lagt ut på et område som til sammen er 21 000 m<sup>2</sup>.
- Gjennomsnittlig fyllingsbredde er 20 meter.

Prosjekt 3			
Metode	Pris pr m <sup>3</sup>	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
Lettklinker	348	697	13 936

Tabell 4.3: Priser på lettklinker på prosjekt 3

**PROSJEKT 4****Lettklinker:**

- Mengde = 11 000 m<sup>3</sup>.
- Fyllingsområdet er til sammen 5 500 m<sup>2</sup>.
- Store deler av fyllingene er lagt på store områder, som bl.a. rundkjøring.

Prosjekt 4		
Metode	Pris pr m <sup>3</sup>	Pris pr m <sup>2</sup>
Lettklinker	332	664

Tabell 4.4: Priser på lettklinker på prosjekt 4

**PROSJEKT 5****Lettklinker:**

- Mengde = 1 750 m<sup>3</sup>.
- Fyllingsområde er til sammen ca 2 900 m<sup>2</sup>.
- Bredden på fyllingen er ca 30 meter.

<b>Prosjekt 5</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>Lettklinker</b>	<b>405</b>	<b>243</b>	<b>7 296</b>

Tabell 4.5: Priser på lettklinker på prosjekt 5

**PROSJEKT 6****Lettklinker:**

- Mengde = 33 100 m<sup>3</sup>.
- Fyllingene er lagt ut på et område som er til sammen ca 12 730 m<sup>2</sup>.
- Fyllingsbredden er ca 21 meter.

<b>Prosjekt 6</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>Lettklinker</b>	<b>423</b>	<b>1 101</b>	<b>23 122</b>

Tabell 4.6: Priser på lettklinker på prosjekt 6

**PROSJEKT 7****Lettklinker:**

- Mengde = 9 002 m<sup>3</sup>.
- Fyllingsområdet er til sammen ca 4 500 m<sup>2</sup>.
- Fyllingsbredden er ca 16 meter.

<b>Prosjekt 7</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>Lettklinker</b>	<b>299</b>	<b>599</b>	<b>9 579</b>

Tabell 4.7: Priser på lettklinker på prosjekt 7

**PROSJEKT 8****Lettklinker:**

- Mengde = 30 447 m<sup>3</sup>.
- Fyllingene er lagt ut på et område som er til sammen ca 15 220 m<sup>2</sup>.
- Fyllingsbredden er ca 16 meter.

<b>Prosjekt 8</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>Lettklinker</b>	<b>334</b>	<b>668</b>	<b>10 687</b>

Tabell 4.8: Priser på lettklinker på prosjekt 8

**PROSJEKT 9****Lettklinker:**

- Mengde = 750 m<sup>3</sup>.
- Fyllingsområdet er til sammen ca 375 m<sup>2</sup>.
- Fyllingsbredden er ca 16 meter.

<b>Prosjekt 9</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>Lettklinker</b>	<b>342</b>	<b>683</b>	<b>10 934</b>

Tabell 4.9: Priser på lettklinker på prosjekt 9

**PROSJEKT 10****Lettklinker:**

- Mengde = 6 500 m<sup>3</sup>.
- Fyllingene er lagt ut på et område som til sammen er ca 3 250 m<sup>2</sup>.
- Bredden på fyllingene er i gjennomsnitt ca 20 meter.

<b>Prosjekt 10</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>Lettklinker</b>	<b>340</b>	<b>680</b>	<b>13 602</b>

*Tabell 4.10: Priser på lettklinker på prosjekt 10*

#### 4.2.2 Fylling med ekspandert polystyren (EPS)

I prosjektene hvor det er brukt fylling med EPS, er det kostnadene under prosess 24.741 og 24.743 fra håndbok 025 som er brukt.

#### PROSJEKT 11

##### Ekspandert polystyren (EPS):

- Mengde = 8 300 m<sup>3</sup>.
- Fyllingene er lagt ut på et område som til sammen er ca 3 770 m<sup>2</sup>.
- Gjennomsnittlig fyllingsbredde er 30 meter.

Prosjekt 11			
Metode	Pris pr m <sup>3</sup>	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
EPS	638	1 405	42 137

Tabell 4.11: Priser på EPS på prosjekt 11

#### PROSJEKT 12

##### Ekspandert polystyren (EPS):

- Mengde = 12 400 m<sup>3</sup>.
- Arealet fyllingene er lagt ut på er til sammen ca 6 200 m<sup>2</sup>.
- Fyllingsbredden er ca 20 meter.

Prosjekt 12			
Metode	Pris pr m <sup>3</sup>	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
EPS	634	1 268	25 368

Tabell 4.12: Priser på EPS på prosjekt 12

**PROSJEKT 13****Ekspandert polystyren (EPS):**

- Mengde = 4 650 m<sup>3</sup>.
- Arealet fyllingene er lagt ut på er til sammen ca 1 160 m<sup>2</sup>.
- Fyllingsbredden er ca. 20 meter.

<b>Prosjekt 13</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>EPS</b>	<b>467</b>	<b>1 867</b>	<b>37 332</b>

Tabell 4.13: Priser på EPS på prosjekt 13

**PROSJEKT 14****Ekspandert polystyren (EPS):**

- Mengde = 19 000 m<sup>3</sup>.
- Arealet som fyllingene er lagt ut på er til sammen ca 3 450 m<sup>2</sup>.
- Fyllingsbredden er ca 15 meter.

<b>Prosjekt 14</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>EPS</b>	<b>584</b>	<b>3 213</b>	<b>48 189</b>

Tabell 4.14: Priser på EPS på prosjekt 14

### 4.2.3 Fylling med skumglassgranulat

I prosjektene hvor det er brukt fylling med skumglassgranulat, er det kostnadene under prosess 24.72 fra håndbok 025 som er brukt.

#### PROSJEKT 15

##### Skumglassgranulat:

- Mengde = 7 450 m<sup>3</sup>.
- Fyllingsarealet er til sammen ca 5 960 m<sup>2</sup>.
- Bredden på fyllingene er ca 21 meter.

Prosjekt 15			
Metode	Pris pr m <sup>3</sup>	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
Skumglass	712	890	18 696

Tabell 4.15: Priser på skumglassgranulat på prosjekt 15

#### PROSJEKT 16

##### Skumglassgranulat:

- Mengde = 6 500 m<sup>3</sup>.
- Fyllingsområdet har et areal på til sammen ca 4 330 m<sup>2</sup>.
- Fyllingsbredden er ca 20 meter.

Prosjekt 16			
Metode	Pris pr m <sup>3</sup>	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
Skumglass	556	833	16 669

Tabell 4.16: Priser på skumglassgranulat på prosjekt 16



**PROSJEKT 17****Skumglassgranulat:**

- Mengde = 3 000 m<sup>3</sup>.
- Arealet fyllingene er lagt ut på er til sammen ca 3 330 m<sup>2</sup>.
- Bredden på fyllingene er ca 15 meter.

<b>Prosjekt 17</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>Skumglass</b>	<b>750</b>	<b>675</b>	<b>10125</b>

Tabell 4.17: Priser på skumglassgranulat på prosjekt 17

**PROSJEKT 18****Skumglassgranulat:**

- Mengde = 7 000 m<sup>3</sup>.
- Fyllingsområdet har et areal på til sammen ca 2 800 m<sup>2</sup>.
- Bredden på fyllingene er ca 15 meter.

<b>Prosjekt 18</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>Skumglass</b>	<b>477</b>	<b>1 191</b>	<b>17 870</b>

Tabell 4.18: Priser på skumglassgranulat på prosjekt 18

**PROSJEKT 19****Skumglassgranulat:**

- Mengde = 1 600 m<sup>3</sup>.
- Arealet som fyllingene er lagt ut på er til sammen ca 2 280 m<sup>2</sup>.
- Bredden på fyllingene er ca 15 meter.

<b>Prosjekt 19</b>			
<b>Metode</b>	<b>Pris pr m<sup>3</sup></b>	<b>Pris pr m<sup>2</sup></b>	<b>Pris pr lm</b>
<b>Skumglass</b>	<b>590</b>	<b>413</b>	<b>6 195</b>

*Tabell 4.19: Priser på skumglassgranulat på prosjekt 19*

## 4.2.4 Oversikt over mengder og kostnader for lette masser

Prosjekt	Mengde	Pris/m <sup>3</sup>	Fyllingsområde	Pris/m <sup>2</sup>	Fyllingsbredde	Pris/m
<b>Lettklinker</b>						
1	9 800 m <sup>3</sup>	369	5 200 m <sup>2</sup>	701	30 m	21 019
2	600 m <sup>3</sup>	604	400 m <sup>2</sup>	907	20 m	18 132
3	42 000 m <sup>3</sup>	348	21 000 m <sup>2</sup>	697	20 m	13 936
4	11 000 m <sup>3</sup>	332	5 500 m <sup>2</sup>	664	-	-
5	1 750 m <sup>3</sup>	405	2 900 m <sup>2</sup>	243	30 m	7 296
6	33 100 m <sup>3</sup>	423	12 730 m <sup>2</sup>	1 101	21 m	23 122
7	9 002 m <sup>3</sup>	299	4 500 m <sup>2</sup>	599	16 m	9 579
8	30 447 m <sup>3</sup>	334	15 220 m <sup>2</sup>	668	16 m	10 687
9	750 m <sup>3</sup>	342	375 m <sup>2</sup>	683	16 m	10 934
10	6 500 m <sup>3</sup>	340	3 250 m <sup>2</sup>	680	20 m	13 602
<b>EPS</b>						
11	8 300 m <sup>3</sup>	638	3 770 m <sup>2</sup>	1 404	30 m	42 137
12	12 400 m <sup>3</sup>	634	6 200 m <sup>2</sup>	1 268	20 m	25 368
13	4 650 m <sup>3</sup>	467	1 160 m <sup>2</sup>	1 867	20 m	37 332
14	19 000 m <sup>3</sup>	584	3 450 m <sup>2</sup>	3 213	15 m	48 189
<b>Skumglassgranulat</b>						
15	7 450 m <sup>3</sup>	712	5 960 m <sup>2</sup>	890	21 m	18 696
16	6 500 m <sup>3</sup>	556	4 330 m <sup>2</sup>	833	20 m	16 669
17	3 000 m <sup>3</sup>	750	3 330 m <sup>2</sup>	675	15 m	10 125
18	7 000 m <sup>3</sup>	477	2 800 m <sup>2</sup>	1 191	15 m	17 870
19	1 600 m <sup>3</sup>	590	2 280 m <sup>2</sup>	413	15 m	6 195

Tabell 4.20: Oversikt over mengder og kostnader for lette masser

#### 4.2.5 Installering av kalk- og sementpeler

I prosjektene hvor det er brukt kalk- og sementpeler, er det alle kostnadene under prosessene i pkt 24.65 fra håndbok 025 som er brukt.

#### PROSJEKT 20

##### Kalk- og sementpeler:

Det ble stabilisert 199 100 lm med peler  $\varnothing = 600$  mm. Til sammen ble det installert 26 150 peler. Det gir en gjennomsnittlig lengde på 7,6 meter per pel.

Blandingsforholdet er 25 % kalk og 75 % sement, med en blandingsmengde på 32 kg/m.

Pelene er installert som enkle og doble ribber, tett blokkemønster og som enkeltstående peler. Hver 5. pel er ført til 0,5 m under terreng for å oppnå raskere poretrykksutjevning.

##### Enkle ribber c/c 1,5 m

$$\text{Areal (totalt)} = 1\,380 \text{ m}^2$$

$$\text{Dekningsgrad} = 0,316$$

##### Doble ribber c/c 3 m

$$\text{Areal (totalt)} = 8\,994 \text{ m}^2$$

$$\text{Dekningsgrad} = 0,314$$

##### Singelpeler c/c 1,1 m

$$\text{Areal (totalt)} = 8\,119 \text{ m}^2$$

$$\text{Dekningsgrad} = 0,234$$

##### Tett blokkemønster for ledningssjakter

$$\text{Areal (totalt)} = 750 \text{ m}^2$$

$$\text{Dekningsgrad} = 1,00$$

Prosjekt 20		
Metode	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
K/S-Peler	971	94

Tabell 4.21: Priser på k/s-peler på prosjekt 20

På dette prosjektet utgjør riggekostnadene 9,5 % av kostnadene for installering av kalk- og sementpeler.

**PROSJEKT 21****Kalk- og sementpeler:**

Det ble stabilisert 26 820 lm med peler  $\text{\O} = 600$  mm. Til sammen ble det installert 5 250 peler. Det gir en gjennomsnittlig lengde på 5,1 meter per pel.

Blandingsforholdet er 25 % kalk og 75 % sement, med en blandingsmengde på 32 kg/m i ribber og 27 kg/lm i øvrige peler.

Pelene installeres som doble ribber og som enkeltstående peler.

Hver 5. pel er ført til 0,5 m under terreng for å oppnå raskere poretrykksutjevning.

**Doble ribber c/c 3 m**

$$\text{Areal (totalt)} = 805 \text{ m}^2$$

$$\text{Dekningsgrad} = 0,314$$

**Singelpeler c/c 1,1 m**

$$\text{Areal (totalt)} = 430 \text{ m}^2$$

$$\text{Dekningsgrad} = 0,234$$

Prosjekt 21		
Metode	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
K/S-Peler	3 361	155

Tabell 4.22: Priser på k/s-peler på prosjekt 21

Riggkostnadene utgjør 28,1 % av de totale kostnadene for k/s-peling.

**PROSJEKT 22****Kalk- og sementpeler:**

Det ble stabilisert til sammen 70 000 lm med peler. Av dette har 25 000 lm en diameter på 800 mm og 45 000 lm  $\text{\O} = 600$  mm. Til sammen ble det installert 5 000 peler. Det gir en gjennomsnittlig lengde på 14 meter per pel.

Blandingsforholdet er 50 % kalk og 50 % sement, med blandingsmengde på 100 kg/m<sup>3</sup>.

Dette tilsvarer et forbruk på 28 kg/lm pel for peler med diameter 600 mm og 50 kg/lm pel for peler med diameter 800 mm.

Pelene installeres som enkle ribber, kryssende ribber og som enkeltstående peler.

**Enkle ribber c/c 2 m Ø 800 mm**Areal (totalt) = 990 m<sup>2</sup>

Dekningsgrad = 0,315

**Singelpeler c/c 1,1 m Ø 600 mm**Areal (totalt) = 3 145 m<sup>2</sup>

Dekningsgrad = 0,234

**Singelpeler c/c 1,0 m Ø 600 mm**Areal (totalt) = 1 207 m<sup>2</sup>

Dekningsgrad = 0,196

**Rutemønster c/c 1,95 m Ø 800 mm**Areal (totalt) = 900 m<sup>2</sup>

Dekningsgrad = 0,64

Prosjekt 22		
Metode	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
K/S-Peler	1 303	116

Tabell 4.23: Priser på k/s-peler på prosjekt 22

På dette prosjektet er andelen riggekostnader ca 7,7 % av de totale kostnadene ved bruk av denne grunnforsterkningsmetoden.

**PROSJEKT 23****Kalk- og sementpeler:**

Det ble stabilisert 102 300 lm med peler Ø = 600 mm. Til sammen ble det installert 7 600 peler. Det gir en gjennomsnittlig lengde på 13,5 meter per pel.

Blandingsforholdet er 50 % kalk og 50 % sement, med en blandingsmengde på 30 kg/m.

Pelene installeres som tett blokkmønster og som enkeltstående peler.

**Singelpeler c/c 1,1 m**Areal (totalt) = 7 595 m<sup>2</sup>

Dekningsgrad = 0,234

**Tett blokkmønster mellom spunt.**Areal (totalt) = 1 215 m<sup>2</sup>

Dekningsgrad = 1,0

Prosjekt 23		
Metode	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
K/S-Peler	1 210	104

Tabell 4.24: Priser på k/s-peler på prosjekt 23

Riggkostnadene utgjør ca 9,4 % av totalsummen for k/s-peling på dette prosjektet.

**PROSJEKT 24****Kalk- og sementpeler:**

Det ble stabilisert 180 000 lm med peler Ø = 600 mm. Til sammen ble det installert 13 830 peler. Det gir en gjennomsnittlig lengde på 13 meter per pel.

Blandingsforholdet er 50 % kalk og 50 % sement, med en blandingsmengde på 30 kg/m.

Pelene installeres som enkle ribber og som enkeltstående peler.

**Enkle ribber c/c 1,25 m**Areal (totalt) = 3 390 m<sup>2</sup>

Dekningsgrad = 0,376

**Singelpeler c/c 1,3 m**Areal (totalt) = 15 960 m<sup>2</sup>

Dekningsgrad = 0,167

Prosjekt 24		
Metode	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
K/S-Peler	787	85

Tabell 4.25: Priser på k/s-peler på prosjekt 24

På dette prosjektet utgjør riggekostnadene ca 7,9 % av de totale kostnadene for denne grunnforsterkningsmetoden.

**PROSJEKT 25****Kalk- og sementpeler:**

Det ble stabilisert 120 000 lm med peler  $\text{\O} = 600$  mm. Til sammen ble det installert 8 100 peler. Det gir en gjennomsnittlig lengde på 14,8 meter per pel.

Blandingsforholdet er 50 % kalk og 50 % sement, med en blandingsmengde på 30 kg/m.

Pelene installeres som enkle ribber og som enkeltstående peler.

**Enkle ribber c/c 1,25 m**

$$\text{Areal (totalt)} = 1\,075 \text{ m}^2$$

$$\text{Dekningsgrad} = 0,376$$

**Singelpeler c/c 1,3 m**

$$\text{Areal (totalt)} = 12\,224 \text{ m}^2$$

$$\text{Dekningsgrad} = 0,167$$

Prosjekt 25		
Metode	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
K/S-Peler	870	97

Tabell 4.26: Priser på k/s-peler på prosjekt 25

Riggkostnadene utgjør ca 9,4 % av de totale kostnadene av denne metoden.

**PROSJEKT 26****Kalk- og sementpeler:**

Det ble stabilisert 15 550 lm med peler  $\text{\O} = 600$  mm. Til sammen ble det installert 1 450 peler. Det gir en gjennomsnittlig lengde på 10,7 meter per pel.

Blandingsforholdet er 50 % kalk og 50 % sement, med en blandingsmengde på 32 kg/m.

Pelene installeres som doble ribber.

**Doble ribber c/c 3m**

$$\text{Areal (totalt)} = 1\,050 \text{ m}^2$$

$$\text{Dekningsgrad} = 0,314$$



## Kostnader ved bruk av fylling med lette masser og kalk- og sementpeler

Prosjekt 26		
Metode	Pris pr m <sup>2</sup>	Pris pr lm
K/S-Peler	1 558	105

Tabell 4.27: Priser på k/s-peler på prosjekt 26

På dette prosjektet utgjør riggekostnadene 10,5 % av de totale kostnadene ved bruk av denne grunnforsterkningsmetoden.

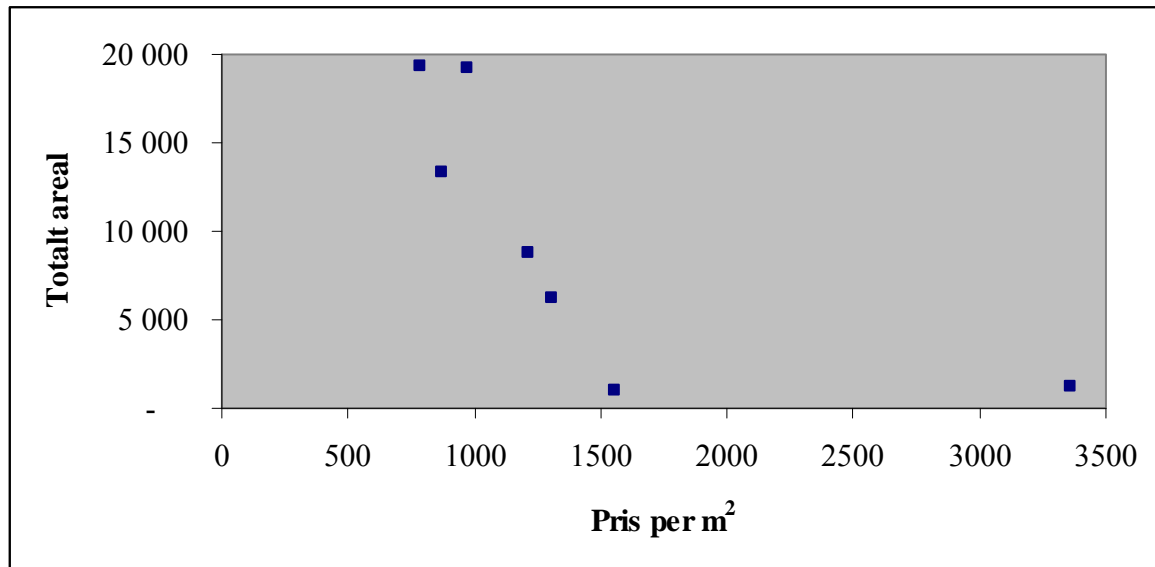
## 4.2.6 Oversikt over mengder og kostnader ved bruk av kalk- og sementpeler

Prosjekt	Areal (totalt)					Totalt areal
	Enkle ribber	Doble ribber	Singelpeler	Rutemønster	Tett blokkemønster	
20	1 380	8 994	8 119		750	19 243
21		805	430			1 235
22	990		4 352	900		6 242
23			7 595		1 215	8 810
24	3 390		15 960			19 350
25	1 075		12 224			13 299
26		1 050				1 050

Tabell 4.28: Oversikt over pelemønster og arealer

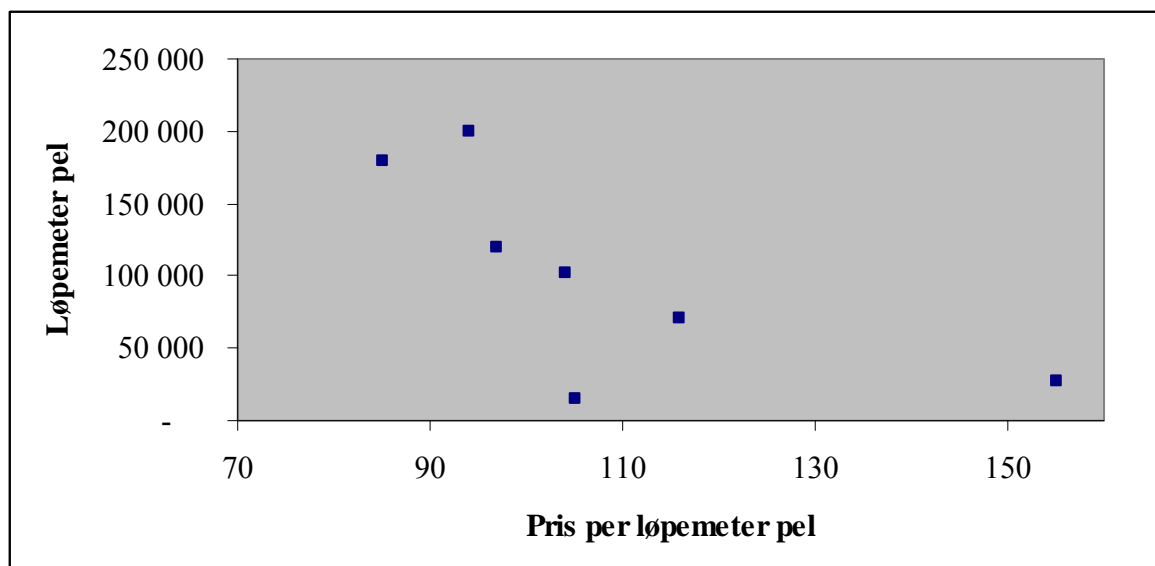
Tabellen over gir en oversikt over pelemønster og totalt areal for hvert mønster på de ulike prosjektene.

Figuren nedenfor viser kostnader per kvadratmeter langs den horisontale akse og totalt areal på den vertikale akse. Hver blå prikk er et prosjekt.



Figur 4.1: Diagram som viser forholdet mellom totalt areal og pris per m<sup>2</sup>

Figuren nedenfor viser kostnader per løpemetre pel langs den horisontale akse og løpemetre pel langs den vertikale akse. Også her er hver blå prikk et prosjekt.



Figur 4.2: Forholdet mellom løpemetre pel og prisen per løpemetre pel

### 4.3 KOSTNADER VED GRUNNFORSTERKNING

Ovenfor er de ulike grunnforsterkningsmetodene listet opp prosjektvis. For å få en bedre oversikt over kostnadene har jeg i dette kapittelet samlet resultatene for hver metode.

Resultatene blir diskutert etter hvert som de presenteres.

#### 4.3.1 Fylling med lette masser

Innen for fylling med lette masser har jeg fått priser på lettklinker, ekspandert polystyren (EPS) og skumglassgranulat. Kostnadene blir presentert per  $m^3$ , per  $m^2$  og per løpemetere veg.

##### Lettklinker:

Prisene på lettklinker man får av leverandørene er oppgitt i  $kr/m^3$ . Nedenfor er en tabell over kostnadene på lettklinker per kubikkmeter fra de ulike prosjektene. Prisene er regnet om til dagens prisnivå.

Metode	Enhet	1	2	3	4	5
Lettklinker	$kr/m^3$	369	604	348	332	405

Metode	Enhet	6	7	8	9	10
Lettklinker	$kr/m^3$	423	299	334	342	340

Tabell 4.29: Kostnader pr.  $m^3$  ved bruk av lettklinker

Som tallene viser er det stor variasjon i kostnadene på lettklinker pr  $m^3$ . Prosjekt 2 skiller seg ut med en kubikkmeterpris på 604 kr. Det kan være flere årsaker til den høye prisen.

En grunn kan være høy enhetspris fra leverandør. En annen grunn er at entreprenøren har tenkt at dette var en usikker post i forhold til mengden, og har derfor satt en høyere enhetspris for å sikre seg høyere ”betaling” ved tilleggsarbeider.

De andre prisene ligger i området fra ca.  $300 kr/m^3$  –  $423 kr/m^3$ .

## Kostnader ved bruk av fylling med lette masser og kalk- og sementpeler

Når det gjelder kostnadene per kvadratmeter, er de litt mer unøyaktig siden arealet er funnet ved å måle på tegningene. Tabellen under viser prisene for de ulike prosjektene.

Metode	Enhet	1	2	3	4	5
Lettklinker	kr/m <sup>2</sup>	701	907	697	664	243

Metode	Enhet	6	7	8	9	10
Lettklinker	kr/m <sup>2</sup>	1 101	599	668	683	680

Tabell 4.30: Kostnader pr m<sup>2</sup> ved bruk av lettklinker

Det er stor variasjon i kostnadene per m<sup>2</sup>. Hovedtyngden av tallene ligger mellom 600 kr/m<sup>2</sup> og 700 kr/m<sup>2</sup>. Tre av prosjektene skiller seg ut, prosjekt 2, 5 og 6. Prosjekt 2 hadde også en høy pris per m<sup>3</sup>. Den gjennomsnittlige fyllingshøyden ligger rundt 2 meter på de fleste prosjektene. Prosjekt 5 skiller seg litt ut, her er den gjennomsnittlige fyllingshøyden under 1 meter, dette gir en lavere pris per m<sup>2</sup> i forhold til de andre prosjektene. Prosjekt 6 har en gjennomsnittlig fyllingshøyde på nærmere 3 meter, det kan være en årsak til at dette prosjektet har den høyeste prisen per m<sup>2</sup>. I tillegg hadde prosjekt 6 den nest høyeste prisen per m<sup>3</sup>.

Priser for lettklinker pr lm veg:

Metode	Enhet	1	2	3	4	5
Lettklinker	kr/m	21 019	18 132	13 936	-	7 296

Metode	Enhet	6	7	8	9	10
Lettklinker	kr/m	23 122	9 579	10 687	10 934	13 602

Tabell 4.31: Kostnader pr lm veg ved bruk av lettklinker

Kostnadene per løpemeter veg varierer veldig. En grunn til det er at vegbredden varierer mellom 16 – 30 meter. Prosjekt 4 har fyllinger lagt ut på store områder, bl.a. rundkjøring, jeg har derfor ikke regnet ut en pris per løpemeter veg på dette prosjektet.

Gjennomsnittsprisen er på ca 14 250 kr/lm veg.

**Ekspandert polystyren (EPS):**

Har fått inn priser fra fire prosjekter.

På samme måte som for lettklinker samler jeg resultatene på bruk av EPS-fyllinger fra prosjektene. Prisene man får av leverandørene er oppgitt i kr/m<sup>3</sup>. Nedenfor er en tabell over kostnadene på lettklinker per kubikkmeter. Prisene er regnet om til dagens prisnivå.

Metode	Enhet	11	12	13	14
EPS	kr/m <sup>3</sup>	638	634	467	584

Tabell 4.32: Kostnader pr. m<sup>3</sup> ved bruk av EPS

Prosjekt 11 og 12 har nesten lik kubikkmeterpris. Prisen på prosjekt 14 ligger ikke så langt unna, men prosjekt 13 er en del lavere. Grunnen til spredningen kan være den samme som for lettklinker, at man enten har fått høy/lav pris fra leverandøren eller at dette er en usikker post som derfor prises høyt for å sikre seg høyere inntjening ved tilleggsarbeider.

Metode	Enhet	11	12	13	14
EPS	kr/m <sup>2</sup>	1 405	1 268	1 867	3 213

Tabell 4.33: Kostnader pr. m<sup>2</sup> ved bruk av EPS

Prosjekt 11 og 12 har en gjennomsnittlig fyllingshøyde på ca 2 meter, mens fyllingshøyden på prosjekt 13 er ca 4 meter og prosjekt 14 er ca 5,5 meter.

Metode	Enhet	11	12	13	14
EPS	kr/m	42 137	25 368	37 332	48 189

Tabell 4.34: Kostnader pr. lm veg ved bruk av EPS

På prosjekt 11 er fyllingsbredden ca 30 meter, mens på prosjekt 12 og 13 er den ca 20 meter og for prosjekt 14 er den 15 meter.

**Skumglassgranulat:**

Har fått inn priser på fem prosjekter. Starter først med en tabell over kostnader per kubikkmeter.

Metode	Enhet	15	16	17	18	19
Skumglass	kr/m <sup>3</sup>	712	556	750	477	590

Tabell 4.35: Kostnader pr. m<sup>3</sup> ved bruk av skumglassgranulat

Kostnadene ligger mellom ca 480 kr/m<sup>3</sup> og 750 kr/m<sup>3</sup>, noe som er et veldig stort spenn. Igjen vil jeg si at grunnen kan være den samme som for lettklinker, høy/lav enhetspris fra leverandør og/eller at dette er en post som prises høyere fordi det er usikkerhet i forhold til mengder.

Metode	Enhet	15	16	17	18	19
Skumglass	kr/m <sup>2</sup>	890	833	675	1 191	413

Tabell 4.36: Kostnader pr. m<sup>2</sup> ved bruk av skumglassgranulat

Fyllingshøydene varierer på de ulike prosjektene. Den laveste gjennomsnittshøyden har prosjekt 19, med en høyde på 0,7 meter. Den høyeste fyllingen har prosjekt 18, med H = 2,5 meter. De ulike fyllingshøydene gir stor variasjon i kvadratmeterprisene.

Metode	Enhet	15	16	17	18	19
Skumglass	kr/m	18 696	16 669	10 125	17 870	6 195

Tabell 4.37: Kostnader pr. lm veg ved bruk av skumglassgranulat

Prosjekt 15 og 16 har en fyllingsbredde på ca 20 meter, mens resten av prosjektene har en bredde på 15 meter.

### 4.3.2 Kalk- og sementpeler

Her blir prisene som er listet opp prosjektvis i kapittel 4.2.5 samlet, så det er lettere å sammenligne. Jeg har samlet inn priser fra sju prosjekter. Kostnaden per meter pel er vist i tabellen nedenfor. Alle prisene er regnet om til dagens kostnadsnivå.

Metode	Enhet	20	21	22	23	24	25	26
K/S-Peler	kr/m	94	155	116	104	85	97	105

Tabell 4.38: Kostnader per meter pel

Kostnadene per meter pel ligger her mellom 85 kr/m og 155 kr/m med en hovedvekt av kostnader rundt 100 kr/m. Prosjektene med lavest kostnad per meter er her de største prosjektene og motsatt, de minste prosjektene har de høyeste meterprisene.

Prosjekt 21 har den høyeste meterprisen på kalk- og sementpeler. Det er også dette prosjektet som har den høyeste andelen riggekostnader, her utgjorde tilrigging 28,1 % av de totale kostnadene for kalk- og sementpeling. På mindre prosjekter vil riggekostnadene gjerne utgjøre en større andel av totalsummen en på større prosjekter.

Som man kan se av figur 4.2 har prosjektene med de største mengdene løpemeter pel minst kostnader per løpemeter.

Tabellen nedenfor viser kostnader ved installering av kalk- og sementpeler per kvadratmeter. Arealet er funnet ved å måle på tegninger, så målene og kostnadene blir noe unøyaktige.

Metode	Enhet	20	21	22	23	24	25	26
K/S-Peler	kr/m <sup>2</sup>	971	3 361	1 303	1 210	787	870	1 558

Tabell 4.39: Gjennomsnittspris pr kvadratmeter

Kostnadene per m<sup>2</sup> varierer veldig. Det er flere faktorer som spiller inn her. Den gjennomsnittlige lengde per pel varierer mye mellom prosjektene. Prosjekt 21 har en gjennomsnittlig lengde per pel på ca 5 meter, som for øvrig er den kortest lengden. Prosjekt 22-25 har de lengste pelene, med en gjennomsnittlig lengde på rundt 14 meter per

pel. Denne måten å vise kostnadene på tar ikke hensyn til pelemønsteret. Pelemønster, dekningsgrader og arealer er listet opp under hvert enkelt prosjekt. De totale arealene per pelemønster på hvert prosjekt er også samlet i tabell 4.28. Prosjektene hvor den største andelen av pelene er satt ned som enkeltstående peler, har de laveste kostandene per m<sup>2</sup>. En grunn til at prosjekt 24 har de laveste kostnadene kan være at dette er et stort prosjekt med lave riggekostnader og med stor andel av pelene satt ut som enkeltstående peler.



## 5. KONKLUSJON

Hensikten med denne oppgaven var å finne kostnadene ved utførelse av ulike grunnforsterkningsmetoder.

Kostnader på fylling med lette masser og kalk- og sementpeling er blitt presentert i kapittelet foran. Med utgangspunkt i datamaterialet gir resultatene et bilde av kostnadsnivået på de ulike metodene som brukes i forbindelse med vegbygging.

Jeg har kun sett på kostnadene til de ulike metodene, har ikke sett på forskjeller i grunnforholdene, setninger og stabilitet.

Når det gjelder fyllinger med lette masser kommer det frem av resultatene at kostnadene varierer mye fra prosjekt til prosjekt. Prisene avhenger først og fremst av materialkostnadene som igjen kan avhenge av størrelsen på prosjektet. Når det gjelder kostnader per m<sup>2</sup> og per løpemeteter, har fyllingshøyden og bredden stor betydning for hvor mye det vil koste med fylling av lette masser.

For kalk- og sementpelene er det stor sammenheng mellom enhetskostnadene og størrelsen på prosjektet. Kostnadene per løpemeteter er lavere jo større prosjektet er. Stort prosjekt betyr her store totale kostnader ved utførelse av metoden og store mengder kalk- og sementpeler. Når det kommer til kostnadene per m<sup>2</sup> avhenger prisen av flere ting, blant annet lengden på pelene, pelemønsteret og det generelle kostnadsnivået på materialer og tilrigging.

Som resultatene viser kan de være vanskelig å gi en eksakt pris på å utføre enten fylling med lette masser eller kalk- og sementpeler, siden enhetsprisene kan avhenge av høyder, bredder og lengder. Resultatkapittelet viser hvilket prisnivå metodene ligger på, oppgitt med ulike enheter.

## **5.1 ANBEFALINGER TIL VIDERE ARBEID**

Jeg har nedenfor listet opp noen anbefalinger jeg har å komme med til videre arbeid innenfor temaet grunnforsterkninger og kostnader.

- Få inn flere kontrakter, for å få et bedre sammenlikningsgrunnlag.
- Gå dypere inn i hver enkelt metode, se på setninger og stabilitet.
- Se på andre grunnforsterkningsmetoder.
- Se på om det er store avvik på kontraktsmengder og virkelige mengder?

## 6. REFERANSELISTE

- (1) Cappelen, Hans. Entreprenørens kalkulering og byggherrens konkurransegrunnlag.  
<http://www.cappelen-krefting.no/artikler/entrekalkulering.htm>
- (2) Statens vegvesen: Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger.  
Håndbok 274, Vegdirektoratet, Oslo 2008.  
<http://www.vegvesen.no/binary?id=14213>
- (3) Statens vegvesen: Vegbygging.  
Håndbok 018, Vegdirektoratet, Oslo 2005.  
<http://www.vegvesen.no/binary?id=31731>
- (4) Statens vegvesen: Prosesskode 1; Standard arbeidsbeskrivelse for vegarbeidsdrift.  
Håndbok 025, Vegdirektoratet, Oslo 1994.  
<http://www.vegvesen.no/binary?id=14125>
- (5) Leca lett fyllmasse – Brosjyre.  
[http://www.maxit.no/media/37/Brosjyrer/Leca\\_Lett\\_Fyllmasse.pdf](http://www.maxit.no/media/37/Brosjyrer/Leca_Lett_Fyllmasse.pdf)
- (6) Franzefoss Miljøkalk AS - kalksementpeler  
<http://www.kalk.no/website.aspx?displayid=1462>
- (7) Heidelberg cement - kalksementpeler  
[http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/88277060-5768-47DD-A8AC-C7563D5E5A73/0/Kalksement\\_original.pdf](http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/88277060-5768-47DD-A8AC-C7563D5E5A73/0/Kalksement_original.pdf)
- (8) Svenska Geotekniska Föreningens (SGF) rapport 4:95 "Kalk- och Kalkcementpelare" Vägledning för prosjektering, utförande och kontroll.  
Stockholm;1999.

- (9) ProsjektGuide, prosjektprosessen.  
<http://www.prosjektguide.no/index.php?id=235858>
- (10) NIF: Grunnforsterkning – økonomi og metoder, kursdagene NTNU 1996.  
Hefte 3 - Byggherrens motivasjon for bruk av forsterkningsmetoder,  
av Anders Beitnes.
- (11) NIF: Grunnforsterkning – økonomi og metoder, kursdagene NTNU 1996.  
Hefte 4 - Kostnad, effekt og nytte av setningsreducerende tiltak,  
av Odd Magne Solheim.
- (12) Statistisk sentralbyrå. Byggekostnadsindeks for veganlegg, 1. kvartal 2009  
Nettsider, <http://www.ssb.no/bkian/>
- (13) NIF: Grunnforsterkning – økonomi og metoder, kursdagene NTNU 1996.  
Hefte 10 - Metodebeskrivelse, av Astrid Eggen.