

Lars Ingvald Hermanrud
Anders Nybu Hansen

Bærekraftig masseforbruk

En studie om benyttelse av stedlige masser i
forsterkningslaget

Bacheloroppgave i Ingeniørfag - bygg
Veileder: Ole Kristian Haug

Mai 2021

Lars Ingvald Hermanrud
Anders Nybu Hansen

Bærekraftig masseforbruk

En studie om benyttelse av stedlige masser i
forsterkningslaget

Bacheloroppgave i Ingeniørfag - bygg
Veileder: Ole Kristian Haug
Mai 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Bærekraftig masseforbruk

*En studie om benyttelse av stedlige masser i
forsterkningslaget*

Lars Ingvald Hermanrud
Anders Nybu Hansen

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag - bygg
Innlevert: mai 2021
Veileder: Ole Kristian Haug

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk

Oppgavens tittel:	Dato: 20.05.2021		
Bærekraftig masseforbruk	Antall sider: 109		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
Navn: Lars Ingvald Hermanrud og Anders Nybu Hansen			
Veileder: Ole Kristian Haug			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Hans Frøslid			

Sammendrag:

Hensikten med denne bacheloroppgaven er å avgjøre hvorvidt det er bærekraftig å øke utnyttelsesgraden av stedlige masser ved vegbygging. Formålet med oppgaven er å undersøke hvordan økonomiske og miljømessige forhold påvirkes ved økt benyttelse av stedlige masser. Oppgaven er avgrenset til overbygningens forsterkningslag, men funn fra studiet kan derimot være av relevans for andre sjikt i vegkroppen, eiendomsutvikling og samferdselsprosjekter.

Bacheloroppgaven er utarbeidet med en triangulær metodetilnærming med hvert sitt resultat. Dette er gjennomført for å kunne besvare problemstillingen og oppgavens tematikk på best mulig måte. Innledningsvis gjennomførte gruppen en litteraturstudie for relevant teoretisk grunnlag. Et casebasert forsøk ble gjennomført for å undersøke hvordan stedlige masser opptrer i forsterkningslaget. En økonomisk kalkyle og en miljøanalyse ble gjennomført for å avgjøre hvordan benyttelse av stedlige masser henholdsvis påvirker økonomi og miljø.

Vegkonstruksjonen som gruppen oppførte i forbindelse med forsøket, har ikke oppnådd tilfredsstillende komprimeringsgrad for de forskjellige delene. Som et resultat av ikke-ideelle forhold medfører dette dermed usikkerhet rundt forsøkets resultat og validitet. Resultatet for den økonomiske kalkylen viser til store besparelser ved benyttelse av stedlige masser. Miljøanalysen gir gode resultater, hvor de største dimensjoneringsbreddene har best potensiale for reduksjon av klimagassutslipp. Økt benyttelse av stedlige masser i forsterkningslaget vil være et godt tiltak for bærekraftig utvikling innen transportsektoren.

Stikkord:

Stedlige masser
Forsterkningslag
Bærekraftig utvikling
Ressursutnyttelse



Lars Ingvald Hermanrud



Anders Nybu Hansen

Forord

Rapporten er utarbeidet som en bacheloroppgave for studentene Lars I. Hermanrud og Anders Nybu Hansen, ved studieretning ingeniørfag-bygg for NTNU Gjøvik. Utarbeidelsen startet høsten 2020 med planlegging og tilrettelegging, mens utformingen foregikk våren 2021. Oppgaven er skrevet i samarbeid med Hæhre Entreprenør AS, hvor nytteverdien ses på som gjensidig.

Formålet med oppgaven er å studere bærekrafts-verdien ved benyttelse av stedlige masser. Dette gjennom en triangulert metodeteknikk, hvor økonomi, miljøpåvirkning og faktiske forhold undersøkes. Trianguleringen innebærer derfor: En økonomisk kalkyle for besparelser ved benyttelse av stedlige masser, én miljøanalyse som fastsetter antall CO₂-ekvivalenter og et forsøk som etterprøver viktigheten av materialets styrkeegenskaper. Gjennom prosessen med utarbeidelse av oppgaven er det blitt tillært ny kunnskap og erfaring, både teoretisk gjennom undersøkelser og praktisk gjennom fysiske forsøk. Dette er nyttig lærdom som studentene vil ta med seg inn i arbeidslivet.

For å kunne komme frem til målet som er å konkludere valgt problemstilling, har det vært nødvendig med veiledning og hjelp fra fagfolk. Bachelorgruppen ønsker dermed å rette oppmerksomhet til alle involverte, både for hjelp med oppgaven og ellers god faglig input. Det rettes stor takknemlighet til Hæhre, spesielt ved prosjektet Blakset- og Flotunnelen. Dette for at gruppen fikk utføre forsøk på anlegget, lån av maskiner og utstyr, faglig hjelp og tilrettelegging. Takk til Hæhres representanter ved Hans Frøslid for utarbeidelse av problemstilling, Jan Lima for veiledning og intervju, Knut Olav Hermanrud og Tor Bjørnsen for intervju angående timeverk. Gruppen setter også pris på bidrag fra firmaene Vinsrygg Maskin AS og Pon Equipment AS for prissetting på knuse- og sorteringsverk og informasjon om anleggsmaskinenes drivstofforbruk. Videre vil gruppen takke Stig Rønning ved Statens vegvesen Laboratorium sørøst, for hjelp til å analysere resultatene fra platebelastningstesten og god erfaringsdeling. Avslutningsvis rettes det takknemlighet til veileder Ole Kristian Haug ved NTNU Gjøvik, for gode råd og dialog.

Abstract

The intention of this bachelor thesis is to assess whether it is sustainable to increase the degree of utilization of local masses in road construction. The purpose of the thesis is to examine how economical and environmental conditions are affected by greater use of local masses. The study is limited to apply for construction of the road reinforcement layer. Findings from this study will also be of relevance to different road constructions, real estate developments and other transportation projects.

This bachelor thesis has been designed with a triangulated methodological approach, each with its own result. This has been carried out to answer the thesis problem and the topic in the best possible way. Initially the group carried out a literature study to form a theoretical foundation. A case experiment was carried out to investigate how local masses behave in the reinforcement layer. An economic calculation and an environmental analysis were carried out, to determine how the use of local masses affects both economy and environment.

The road construction that was made as an experiment did not achieved a satisfactory degree of mass compressing for the different parts. As a result of non-ideal conditions, there are uncertainty revolving the result and validity of the experiment. Results from the economic calculation indicates large savings by using local masses. The environmental analysis gave good results, where the highest road width has the best potential for reducing greenhouse gas emissions. Greater use of local masses in the reinforcement layer will be a good measure for sustainable development in the transportation sector.

Innholdsfortegnelse

FORORD.....	III
ABSTRACT	IV
INNHOLDSFORTEGNELSE	V
FIGURLISTE.....	VII
TABELLISTE.....	VIII
BEGREPSLISTE	X
1 INNLEDNING.....	1
1.1 BAKGRUNN	2
1.2 PROBLEMSTILLING	3
1.3 SAMFUNNSPERSPEKTIV	4
1.3.1 Økonomi	4
1.3.2 Klima og miljø.....	5
1.4 AVGRENSING	6
2 TEORETISK GRUNNLAG	8
2.1 GENERELT	8
2.1.1 Vegbygging i Norge	8
2.1.2 Nasjonal transportplan.....	9
2.2 VEGOVERBYGNING.....	11
2.2.1 Forsterkningslag	13
2.3 DIMENSJONERING AV FORSTERKNINGSLAG	14
2.3.1 Masser til forsterkningslag	16
2.3.2 Komprimering av forsterkningslag	19
2.4 STEDLIGE MASSER.....	23
2.4.1 Tester	24
2.4.2 Mobilt knuse- og sorteringsverk.....	28
2.5 MILJØ OG ØKONOMI	29
2.5.1 Klima og miljø ved vegbygging.....	29
2.5.2 Miljøaspekt ved benyttelse av stedlige masser	30
2.5.3 Økonomisk aspekt	32
3 CASE/MATERIALER	33
4 METODE.....	34
4.1 UTARBEIDELSE AV PROBLEMSTILLING	35
4.1.1 Valg av overbygningslag.....	36
4.1.2 Valg av hovedvariabler.....	36
4.2 LITTERATURSTUDIE	37
4.3 FORSØK- OG DATAINNSAMLING.....	38
4.3.1 Kvalitativ og kvantitativ forskningsstrategi.....	38
4.3.2 Økonomisk kalkyle	40
4.3.3 Miljøanalyse	49
4.3.4 Forsøk	53
4.4 VURDERING AV METODEVALG	59

4.4.1	<i>Feilkilder</i>	59
4.4.2	<i>Troverdighet</i>	61
5	RESULTAT	62
5.1	ØKONOMISK KALKYLE	62
5.1.1	<i>Mellomregning</i>	63
5.1.2	<i>Resultat, avstand: 10-50 km til pukkverk</i>	64
5.2	MILJØANALYSE.....	67
5.2.1	<i>Dieselbruk ved massetransport tur-retur pukkverk</i>	69
5.2.2	<i>Totalt utslipp av CO₂-ekvivalenter ved benyttelse av stedlige masser</i>	72
5.3	FORSØK	75
5.3.1	<i>Vegkonstruksjon 1, forsterkningstykkelse: 33cm</i>	76
5.3.2	<i>Vegkonstruksjon 2, forsterkningstykkelse: 49,5 cm</i>	77
5.3.3	<i>Vegkonstruksjon 3, forsterkningstykkelse: 66 cm</i>	78
6	DISKUSJON OG ANALYSE	79
6.1	ØKONOMISK KALKYLE	79
6.1.1	<i>Motivasjon for bedre utnyttelse av stedlige masser</i>	79
6.1.2	<i>Nye løsninger</i>	81
6.1.3	<i>Andre formål</i>	82
6.1.4	<i>Antagelsen og feilkildenes påvirkning på resultatet</i>	83
6.2	MILJØANALYSE.....	85
6.2.1	<i>Klimagassutslipp</i>	85
6.2.2	<i>Elektrifisering</i>	87
6.2.3	<i>Betydning for samfunnet</i>	88
6.2.4	<i>FNs bærekraftsmål</i>	89
6.3	FORSØK	90
6.3.1	<i>Resultatets betydning</i>	90
6.3.2	<i>Resultatenes validitet</i>	92
6.4	DISKUSJON OG ANALYSE AV FORSKNINGSSPØRSMÅL	95
6.4.1	<i>Samfunnsmessige forhold</i>	95
6.4.2	<i>Andre institusjoner og stedlige masser</i>	97
7	KONKLUSJON	100
7.1	VIDERE FORSKNING	102
	LITTERATURLISTE	104
	VEDLEGG	109

Figurliste

Figur 1, FNs bærekraftsmål nummer 9 (Forente nasjoner (FN), 2021a).	5
Figur 2, FNs bærekraftsmål nummer 12 (Forente nasjoner (FN), 2021a).	5
Figur 3, FNs bærekraftsmål nummer 13 (Forente nasjoner (FN), 2021a).	5
Figur 4, Prosess for avgrensing, egenprodusert.	7
Figur 5, Utklipp av Tabell 12.1, s.10 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	9
Figur 6, Utklipp av figur 4.17, s.73 Vegteknologi Lærebok, (Statens vegvesen, 2016b).	12
Figur 7, Utklipp fra tabell 511.1, s.140 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	15
Figur 8, Utklipp av tabell 533.1, s.156 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	15
Figur 10, Utklipp av tabell 631.1, s.199 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	17
Figur 11, Utklipp av tabell 631.2, s.200 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	17
Figur 11, Utklipp av tabell 631.4, s.201 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	18
Figur 12, Utklipp av tabell 631.5, s.202 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	18
Figur 13, Utklipp av tabell 602.4, s.187 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	19
Figur 14, Utklipp av tabell 602.3, s.185 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	20
Figur 15, Utklipp av figur 2.2.4-1, s.202 R211, (Statens vegvesen, 2021b).	21
Figur 16, Utklipp av tabell 602.5, s.188 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	22
Figur 17, Utklipp av figur 5.6, s.108 Lærebok Vegteknologi, (Statens vegvesen, 2016b).	24
Figur 19, Utklipp av figur 5.8, s.107, Lærebok Vegteknologi, (Statens vegvesen, 2016b).	25
Figur 20, Utklipp av figur 5.14, s.111 Lærebok Vegteknologi, (Statens vegvesen, 2016b).	26
Figur 21, Utklipp av figur 5.15, s.113 Lærebok Vegteknologi, (Statens vegvesen, 2016b).	27
Figur 22, Flytskjema, egenprodusert.	34
Figur 22, Utklipp av tabell C.3, s.32 N100, (Statens vegvesen, 2019a).	44
Figur 23, Enkel tegning av konstruksjon 1, egenprodusert.	54
Figur 24, Enkel tegning av konstruksjon 2, egenprodusert.	55
Figur 25, Enkel tegning av konstruksjon 3, egenprodusert.	56
Figur 27: Bærekraftig utviklings tre pilarer: Miljø og klima, økonomi, sosiale forhold (Forente nasjoner (FN), 2019).	97
Figur 28, prosesser for bærekraft, egenprodusert.	99

Tabelliste

Tabell 1, Begrepsliste, egenprodusert.	xii
Tabell 2, Materialer til forsterkningslag, s.198 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).	16
Tabell 3, Materialvalg forkilingslag, s.202 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).....	18
Tabell 4, Pris på maskiner, Hentet fra vedlegg 5.	42
Tabell 5, Pris mobilt knuse- og sorteringsverk, hentet fra vedlegg 3.....	46
Tabell 6, Antatt timeverk, hentet fra vedlegg 2.....	47
Tabell 7, Testresultater Labtest AS, hentet fra vedlegg 4.	54
Tabell 8, Testresultater Labtest AS, hentet fra vedlegg 4.	55
Tabell 9, Testresultater Labtest AS, hentet fra vedlegg 4.	56
Tabell 10, Mellomregning, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	63
Tabell 11, Resultater ved 10 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	65
Tabell 12, Resultater ved 20 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	65
Tabell 13, Resultater ved 30 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	65
Tabell 14, Resultater ved 40 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	66
Tabell 15, Resultater ved 50 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	66
Tabell 16, Statistiske mål, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	66
Tabell 17, Mellomregning, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	67
Tabell 18, Økning av dieselbruk ved stedlige masser, utarbeidet fra vedlegg 6.....	68
Tabell 19, CO ₂ -ekvivalenter ved mertid, utarbeidet fra vedlegg 6.	68
Tabell 20, Mellomregning, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	69
Tabell 21, Resultater ved 10 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra vedlegg 7.....	70
Tabell 22, Resultater ved 20 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra vedlegg 7.....	70
Tabell 23, Resultater ved 30 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra vedlegg 7.....	70
Tabell 24, Resultater ved 40 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra vedlegg 7.....	71
Tabell 25, Resultater ved 50 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra vedlegg 7.....	71
Tabell 26, Resultater for H3, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.....	72
Tabell 27, Resultater for H5, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.....	72
Tabell 28, Resultater for H1, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.....	73
Tabell 29, Resultater for Hø1/Hø2/L1, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.	73
Tabell 30, Resultater for L2 øvre, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.	73
Tabell 31, Resultater for L2 nedre, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.	74
Tabell 32, Resultater for vegkonstruksjon 1, utarbeidet fra vedlegg 1.	76
Tabell 33, Resultater for vegkonstruksjon 2, utarbeidet fra vedlegg 1.	77
Tabell 34, Resultater for vegkonstruksjon 3, utarbeidet fra vedlegg 1.	78
Tabell 35, Potensiell besparelse E16 Høgkastet-Hønefoss, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	80

Tabell 36, Økt potensiell besparelse for alle avstander, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	82
Tabell 37, Endring i potensiell besparelse, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».	84
Tabell 38, CO ₂ -ekvivalenter ved mertid, utarbeidet fra vedlegg 6.	85
Tabell 39, Sammenlikning av setninger, utarbeidet fra vedlegg 1.	90
Tabell 40, Sammenlikning av E ₂ -verdi, utarbeidet fra vedlegg 1.	91
Tabell 41, Sammenlikning av komprimeringsgrad E ₂ /E ₁ , utarbeidet fra vedlegg 1.	91
Tabell 42, Sammenlikning overfarter og komprimeringsgrad, utarbeidet fra vedlegg 1.	94

Begrepsliste

Forkortelse/begrep:	Forklaring:	Kapittel:
SVV	Statens vegvesen.	-
N200	Forkortelse for håndbok N200 «Vegbygging» av Statens vegvesen (Statens Vegvesen, 2018c).	-
N100	Forkortelse for håndbok N100 «Veg og gateutforming» av Statens vegvesen (Statens vegvesen, 2019a).	-
Stedlige masser	Annet ord for lokale masser, masser i umiddelbar nærhet.	-
Ikke-fornybar ressurs	Kan ikke fornyes, og jorden kan gå tom for denne ressursen.	1.1
Veg i dagen	Veger som ligger i åpent lende.	1.4
Underbygning	«Oppfyllingen som foretas opp til planum i tillegg til den forbedring av undergrunnen som ofte er nødvendig» ((Statens vegvesen, 2016b), s.33)	1.4
Bituminøst dekke	Dekke av asfalt med bituminøse bindemidler (Statens vegvesen, 2018a).	1.4
Lavutslippssamfunn	«Et samfunn hvor klimagassutslippene, ut fra beste vitenskapelige grunnlag, utslippsutviklingen globalt og nasjonale omstendigheter, er redusert for å motvirke skadelige virkninger av global oppvarming som beskrevet i Parisavtalen 12. desember 2015» ((Klimaloven, 2017), §4. Klimamål for 2050).	2.1.2
Vegkropp	Hele vegoppbygningen med tilhørende overbygning og underbygning.	2.2
Planum	«Overflaten av underbygningen». ((Statens vegvesen, 2017a), definisjonsliste).	2.2
ÅDT	Årsdøgntrafikk, gjennomsnittlig trafikk pr. døgn.	2.2
Bituminøse materialer	Masser som er tilsatt bitumen, for bedre lastfordeling.	2.2
Empirisk	Erfaringsbasert.	2.2
Telefarlig	«Masser som kan trekke opp vann kapillært til frostsonen under frysing» ((Statens vegvesen, 2017a), definisjonsliste).	2.2
Vannømfintlig	Masser med en prosentandel materiale >0,063 mm større enn 7 % (Statens vegvesen, 2016b).	2.2.1
Teleløsning	Perioden når massene i vegkroppen begynner å tine, perioden gir en generell «svikt» i bæreevnen (Statens vegvesen, 2017a).	2.2.1
Sortering	Materialets sortering/størrelse. Eks. 22/125: Hvor nedre kornstørrelse er 22 mm og øvre kornstørrelse er 125 mm.	2.3.1
NS-EN 13285	Norsk standard for Mekanisk stabiliserte masser (Standard Norge, 2018).	2.3.1

NS-EN 13242	Norsk standard: « <i>Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg-og anleggsarbeid og vegbygging</i> » (Standard Norge, 2009).	2.3.1
Gjb	Gjenbruks betong.	2.3.1
Bm	Blandet masse.	2.3.1
Samfengt	Usortert.	2.3.1
Forkilingslag	Tynt «mellomlag» for å binde sammen grove masser, slik at stabiliteten i underliggende lag opprettholdes (Statens Vegvesen, 2018c).	2.3.1
Overkomprimering	Når massene komprimeres for mye, slik at nedknusing av materialet forekommer.	2.3.2
R211	Forkortelse for håndbok R211 « <i>Feltundersøkelser</i> » av Statens vegvesen (Statens vegvesen, 2021b).	2.3.2
Overfart	Annet ord for «lengde», komprimere en lengde. To overfarter = komprimere frem og tilbake på massene én gang.	2.3.2
NS 3458:2004	Norsk Standard: « <i>Komprimering – Krav og utførelse</i> » (Standard Norge, 2004).	2.3.2
Elastisitetsmodul	« <i>Forholdet mellom påført spenning og elastisk deformasjon</i> » ((Statens vegvesen, 2017a), definisjonsliste).	2.3.2
R210	Forkortelse for håndbok R210 « <i>Laboratorieundersøkelser</i> » av Statens vegvesen (Statens vegvesen, 2016a).	2.4.1
NS-EN 933-1	Norsk Standard: « <i>Prøvmingsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag – Del 1: Bestemmelse av kornstørrelsesfordeling – Sikteanalyse</i> » (Standard Norge, 2012a).	2.4.1
NS-EN 933-5	Norsk Standard: « <i>Prøvmingsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag – Del 5: Bestemmelse av prosentinnhold av knuste korn i grovt tilslag</i> » (Standard Norge, 1998).	2.4.1
NS-EN 933-3	Norsk Standard: « <i>Prøvmingsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag – Del 3: Bestemmelse av kornform – Flisighetsindeks</i> » (Standard Norge, 2012b).	2.4.1
NS-EN 1097-2	Norsk Standard: « <i>Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag: Del 2: Metoder for bestemmelse av motstand mot knusing</i> » (Standard Norge, 2020).	2.4.1
NS-EN 1097-1	Norsk Standard: « <i>Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 1: Bestemmelse av motstand mot slitasje (micro-Deval)</i> » (Standard Norge, 2011).	2.4.1
Asfaltgranulat	En type resirkulert asfalt.	2.4.2
CO₂-ekvivalenter	En måleenhet som benyttes for å kunne	2.5.1

	sammenligne oppvarmingseffekten ulike klimagasser har på atmosfæren (Miljødirektoratet, 2021b).	
Ikke-kvotepliktige utslipp	Utslippskategori som omfatter blant annet bygg og anlegg. Ikke omfattet av EUs kvotesystem (Miljødirektoratet, 2021b).	2.5.1
Planprosessen	Med planprosessen menes planleggingen av vegen, fra NTP til ferdig reguleringsplan.	4.3.2
NS 3468	Norsk Standard: « <i>Grove steinmaterialer til bruk i bygge- og anleggsarbeid – Spesifikasjon</i> » (Standard Norge, 2019).	4.3.2
Forsterkningskvalitet	Masser som samsvarer med de krav som stilles til forsterkningslaget.	4.3.2
Kvalitetsmasser	Masser som møter de krav som stilles gjennom SVVs håndbøker og Norske Standarder.	4.3.2
Euroklasse	Angir maksimalt utslipp pr. kjøretøyet for å være godkjent til salg i EUs medlemsland (Astrid Amundsen, 2020).	4.3.3
Tippsemi	Lastebiltype med stor lastekapasitet.	6.1.4
Modul-vogntog	Ekstra stort vogntog, sammensatt av flere moduler.	6.4.1

Tabell 1, Begrepsliste, egenprodusert.

1 Innledning

Denne bacheloroppgaven omhandler forsterkningslaget i vegoverbygningen og dets materialer. Mer spesifikt går oppgaven ut på å øke kunnskapsgraden og fremme bruken av stedlige masser i anleggsprosjekter. Tema og problemstilling er utarbeidet i samarbeid med Hæhre Entreprenør AS ved Hans Frøslid og konferert med veileder Ole Kristian Haug ved NTNU Gjøvik. Målet med oppgaven er å belyse bærekraftsperspektivet ved benyttelse av stedlige masser og viktigheten av videre forskning innenfor temaet.

Rapporten er inndelt etter spesifikke kapitler, hvor det vektlegges at leser skal tilegne seg nok informasjon til å forstå tematikken. Innledningen gir en presentasjon av oppgaven og strukturen i rapporten. Her gjøres det rede for bakgrunnen for valgt tema og problemstilling, temaets samfunnsperspektiv og oppgavens avgrensinger. Videre presenteres relevant teori som en faglig forankring for oppgaven, som senere vil benyttes til diskusjon og analyse av oppgavens resultater. Dette kapitlet vil gi leser av oppgaven en relevant kontekst og nok informasjon, uten at det går utenfor temaets grenser. Påfølgende kapittel redegjør for oppgavens «case» og de materialene som trengs for å fullføre fremgangsmåten. Deretter følger metodekapitlet som har til hensikt å gjøre rede for gruppens fremgangsmåte til resultater, hvor valgte metoder presenteres og hensiktsmessig argumenteres for. Resultatene som gruppen har avdekket i sitt arbeid kommer påfølgende som et produkt av valgt metode for oppgaven. Resultatene vil deretter diskuteres og analyseres i lys av relevant teori, før det avslutningsvis blir trukket en konklusjon på problemstillingen.

1.1 Bakgrunn

Vegsektoren koster det norske samfunnet mellom 40 og 50 milliarder kroner hvert år. Sektoren er også en av klimaverstingene her til lands, og slipper ut omkring én tredjedel av alle nasjonale klimagassutslipp (Meld. St.(2016-2017), 2017). Det finnes en rekke undertemaer og problemområder innen vegsektoren, bachelorgruppen har valgt å fokusere sitt arbeid på økonomi og klima/miljø i tilknytning til problemstillingen.

Det handler i stor grad om å tilrettelegge for bærekraftig utvikling, hvor økonomi og klima utgjør grunnpilarene sammen med sosiale forhold. Bærekraftig utvikling er et begrep som først ble benyttet av Brundtland-kommisjonen i 1987 gjennom rapporten «*Vår felles fremtid*», med følgende definisjon:

«Utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov» ((Forente nasjoner (FN), 2019), tredje avsnitt).

Dersom kommende generasjoner i Norge skal få dekket sine behov på en tilfredsstillende måte, må det legges til rette for det i alle offentlige sektorer. Vegsektoren benytter store mengder sand, grus og pukk innen vegbygging. Dette er ikke-fornybare ressurser og medfører et stort ansvar i tilknytning til god utnyttelse. Hyppigere benyttelse av stedlige masser og kortreist stein, trekkes frem av miljødirektoratet som én av flere løsninger innen vegsektoren. Dette er en del av forbedringspotensialet sektoren har innen logistikk (Miljødirektoratet, 2020b).

Bachelorgruppen finner det valgte temaet og problemstilling spesielt spennende, da det foreligger lite ferdigstilt forskning på området. Gjennom arbeidet vil bachelorgruppen etterstrebe å avdekke prosesser og rutiner som kan bidra til bærekraftig utvikling innen vegsektoren. Herunder vil det også være viktig for gruppen å avdekke behovet for videre spesifikk forskning som kan danne grunnlaget for fremtidig vegbygging.

1.2 Problemstilling

Hæhre Entreprenør AS og bachelorgruppen ønsket en dagsaktuell problemstilling, som utfordrer både det miljømessige og det økonomiske aspektet. Samtidig som det måtte være mulig å komme frem til en konklusjon, herav at oppgaven er gjennomførbar. Derfor falt valget på følgende problemstilling:

«Er det bærekraftig å øke utnyttelsesgraden av stedlige masser?»

Et aspekt av denne problemstillingen er «gjenbruk», et fenomen som allerede er blitt populært i andre industrier og sektorer. Her trekkes klesindustrien spesifikt frem, som har fått et løft når det kommer til gjenbruk av klær gjennom offentlige personer og TV-programmer. Selv om bruken av stedlige masser er kjent for anleggsaktører fra før av, er det hensiktsmessig med et løft som viser viktigheten av god utnyttelse og planlegging. Bachelorgruppen har et ønske om at oppgaven skal føre til flere diskusjoner rundt temaet, spesielt med tanke på hvor viktig forvaltning av ressurser er for menneskets klimapåvirkning.

1.3 Samfunnsperspektiv

Vegnettet i Norge har en avgjørende betydning for samfunnets funksjonalitet. Denne funksjonaliteten er nødvendig for å sikre og ivareta samfunnets behov for transport. Et vegnett med tilstrekkelig transportevne er til enhver tid nødvendig, for å ivareta befolkningens grunnleggende behov og kritiske samfunnsfunksjoner (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2016). Opprettholdelse av et funksjonelt vegnett med tilstrekkelig transportevne medfører samfunnsmessige kostnader og utslipp av klimagasser.

1.3.1 Økonomi

Regjeringen presenterer gjennom gjeldene nasjonal transportplan at vegsektoren har en årlig ramme på 44,669 milliarder kroner. Dette er utelukkende statlige midler som er øremerket bygging, drift og vedlikehold av norske vegformål (Meld. St.(2016-2017), 2017). De statlige rammene som legges til grunn for vegsektoren kan vanskelig beskrives som småpenger, og det er dermed ingen tvil om at vegsektoren koster samfunnet milliarder av kroner årlig.

I Norge bygges det veg gjennom to statlige virksomheter, etaten Statens vegvesen og selskapet Nye Veier AS. Regjeringens ønske om mer veg for pengene blir tydelig i arbeidet med den nye nasjonale transportplanen for 2022-2033. Samferdselsminister Jon Georg Dale oppfordrer til noe som kan minne om konkurranse mellom etaten og selskapet, for å få mer veg for skattepengene. Dette kommer som et resultat av at Nye Veier AS har vist en mer effektiv måte å bygge veg på (Samferdselsdepartementet, 2019).

Det råder altså ingen tvil om at Regjeringen ønsker tiltak innen vegsektoren som gjør vegbygging mer kostnadseffektivt. Dette vil føre til reduserte samfunnskostnader knyttet til vegbygging, hvor skattepenger og andre statlige midler kan øremerkes andre sårt tiltrengte formål.

1.3.2 Klima og miljø

I dag bygges det mer veg enn noen gang i Norge. Vegbygging fører til høye klimagassutslipp og medfører klimaendring som en overhengende trussel. Vegsektoren må dermed være en bidragsyter til å overholde forpliktelsene som Norge har påtatt seg, i forbindelse med kutt av klimagassutslipp mot 2030 (Statens vegvesen, 2020b).

Bacheloroppgaven vil forsøke å avdekke en mulig løsning på klimautfordringene som et bidrag fra vegsektoren. Gjennom Statens vegvesens «klimaworkshop» blir massetransport, optimal massehåndtering, og gjenbruk av masser frekvent nevnt som mulige løsninger for å nå forpliktelsene (Statens vegvesen, 2020b). Regjeringen har også vedtatt at Norge skal ta lederrollen i forbindelse med kutt i utslipp, både nasjonalt og internasjonalt. Dette er en del av et forsterket klimamål under Parisavtalen (Klima- og miljødepartementet, 2020).

Dersom Norge skal nå sine klimamål må forpliktelsene gjennom Parisavtalen følges (Forente nasjoner (FN), 2020). Arbeidet med å finne løsninger for å redusere klimagassutslipp i vegsektoren er direkte relevant for FNs bærekraftsmål nummer 13 – «*Stoppe klimaendringene*». Dette målet er i lys av oppgavens natur, overordnet sett mest relevant. Gjeldende er også FNs bærekraftsmål nummer 9 – «*Industri, innovasjon og infrastruktur*», og nummer 12 – «*Ansvarlig forbruk og produksjon*». Disse målene handler henholdsvis om å investere i infrastruktur (Forente nasjoner (FN), 2021c) og å sikre bærekraftige forbruks og produksjonsmønstre (Forente nasjoner (FN), 2021b).



Figur 1, FNs bærekraftsmål nummer 9 (Forente nasjoner (FN), 2021a).



Figur 2, FNs bærekraftsmål nummer 12 (Forente nasjoner (FN), 2021a).



Figur 3, FNs bærekraftsmål nummer 13 (Forente nasjoner (FN), 2021a).

1.4 Avgrensning

Det er vesentlig for denne bacheloroppgaven å redegjøre for avgrensinger, da problemstillingen er forholdsvis åpen. Benyttelse av stedlige masser kan gjelde de fleste byggetrinn for vegbygging, samtidig som det kan gjelde for andre byggeprosesser. Det er fullt mulig å benytte stedlige masser til bygging av blant annet jernbane, vindmølleparker, industriområder og byggefelt. Første avgrensning er at oppgaven spesifikt vil rettes mot benyttelse av stedlige masser til vegbygging.

Det finnes to hovedtyper vegbygging: Bygging av veg i tunnel og veg i dagen. Det finnes mange likheter ved disse typene, men fremgangsmåten ved dimensjoneringen vil variere. Totalstrekningen med veg i dagen overgår mengden veg i tunnel med stor margin, dermed settes avgrensingen til veg i dagen.

Neste avgrensning omhandler hvilken type oppbygning av veg oppgaven skal gjelde for. Valgalternativene er mange, deriblant: Gang- og sykkelveg, veg med dekke av belegningsstein/betong/gate- eller naturstein, parkeringsarealer, grusveger eller veg med dekke av bituminøse materialer. Forskjellen mellom disse er bruksområde og dermed dimensjoneringen og materialbruk (Statens Vegvesen, 2018c). Den vanligste typen vegoppbygning som konstrueres er veg med bituminøst dekke, dette blir dermed neste avgrensning.

Videre avgrensning dreier seg om formålet de stedlige massene er ment for, herav underbygningen, overbygningen, anleggsveg, kompensasjon til grunneier eller lignende. Avgrensingen her er valgt til overbygningen, som består av forskjellige materiallag.

Siste avgrensning for problemstillingen omhandler hvilket lag i vegoverbygningen oppgaven fokuserer på. Valgte lag i overbygningen er forsterkningslaget, som også utgjør essensen av oppgavens tema. Relevant teori tilknyttet til vegoverbygningen og forsterkningslaget vil bli gjort rede for ved kapittel 2 «*Teoretisk grunnlag*» i rapporten.



Figur 4, Prosess for avgrensing, egenprodusert.

Figuren ovenfor viser prosessen i sin helhet, total avgrensing er dermed:

Utnyttelsesgrad av stedlige masser ment til forsterkningslag, for veg i dagen med bituminøst dekke.

Det teoretiske grunnlaget som presenteres ved neste kapittel vil være et produkt av disse avgrensingene. Derfor er dimensjonerings-, material-, og utføringsteorien kun basert på faktorene innenfor de rammene som nå er satt.

Det vil også forekomme avgrensinger og forutsetninger senere i rapporten for å kunne komme frem til en så god konklusjon på problemstillingen som mulig. Herunder vil det også presenteres nødvendige antagelser for oppgaven. Disse vil forekomme og bli forklart i kapittel 4 «Metode». Oppgavens avgrensinger vil derimot ikke bety at resultatene ikke kan være overførbare og veiledende for andre byggeprosesser, vegoppbygninger, formål eller overbygning. Betydningen av resultatene og dets omfang vil bli gjort rede for i kapittel 6 «Diskusjon og analyse».

2 Teoretisk grunnlag

For at leser av denne bacheloroppgaven skal kunne få et helhetlig inntrykk av oppgavens omfang og problemstillingens dagsaktualitet, vil det bli presentert et relevant teoretisk grunnlag. Teori som presenteres skal også gi oppgaven en forankring i fagteori og empiri. Det vil dermed være relevant å fremlegge teori om grunnleggende vegbygging, gjeldende regelverk, vegbygging på nasjonalt nivå og lignende undertemaer. Videre vil det det også være relevant å presentere teori knyttet til miljø og økonomi ved vegbygging. Det teoretiske grunnlaget vil utgjøre fundamentet til diskusjon og analyse av oppgavens resultater, som avslutningsvis fører til oppgavens konklusjon.

2.1 Generelt

2.1.1 Vegbygging i Norge

Offentlige veganlegg i Norge planlegges etter plan- og bygningsloven og anlegges etter vegloven (Statens vegvesen, 2019d). Statens vegvesen utgir håndbøker som benyttes i forbindelse med vegbygging. Disse håndbøkene består av normaler(N), retningslinjer(R) og veiledninger(V). Dette utgjør håndbokhierarkiet til Statens vegvesen hvor normalene og retningslinjene er kravdokumenter. Normalene har hjemmel i lovverket og gjelder all veg, Statens vegvesen og andre myndigheter. Normalene er utarbeidet med hjemmel i samferdselsdepartementets forskrifter etter veglovens § 13. I tillegg gjelder plan- og bygningsloven for planlegging av offentlig veg gjennom veglovens § 12. Retningslinjene gjelder kun for riksveg og for Statens vegvesen og er hjemlet i lovverk eller i instruks fra Vegdirektøren. Retningslinjene gjør seg også gjeldene for konsulenter og entreprenører på oppdrag fra Statens vegvesen. Veiledningene består av hjelpedokumenter som skal understøtte normalene og retningslinjene (Statens vegvesen, 2019b).

Statens vegvesen beskriver i håndbok N200 på side 3. at normalene for vegbygging danner grunnlaget for alle som planlegger, dimensjonerer og bygger veg. Videre beskrives normalen som et hensiktsmessig ledelsesverktøy for å ta standpunkt til sentrale bestemmelser for funksjons- og kvalitetskrav (Statens Vegvesen, 2018c).

Håndbokhierarkiet til Statens vegvesen utgjør en sentral del av teorigrunnet i forbindelse med gjennomføring av denne bacheloroppgaven. Ved bruk av normalene vil det være relevant å gjøre rede for krav-nivået. Verbene definerer hvilken gyldighet og instanser som har myndighet til å fravike kravene.

Det foreligger to nivåkrav: Dette er «skal» og «bør», hvor «skal-kravet» er det viktigste. Fravik er søknadspliktig og skal gjennomføres ved eget skjema (Statens Vegvesen, 2018c).

Verb	Betydning	Myndighet til å fravike krav
Skal	Krav	Kravene fravikes av Vegdirektoratet. Søknad om fravik skal begrunnes.
Bør	Krav	Kravene fravikes av Regionvegkontoret. Søknad om fravik skal begrunnes. Vegdirektoratet skal ha melding med mulighet for å endre fraviksvedtaket innen 3 uker (6 uker i perioden 1. juni til 31. august).
Kan	Anbefaling	Fravikes etter faglig vurdering uten krav til godkjenning.

Figur 5, Utklipp av Tabell 12.1, s.10 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

2.1.2 Nasjonal transportplan

Nasjonal transportplan er regjeringens tolvårsplan for transportpolitikk som beskriver hvilke mål og prinsipper regjeringen legger til grunn for transport i Norge. Gjeldene plan er nasjonal transportplan 2018-2029. Planen presenterer en samlet strategi for utvikling av veg-, jernbane-, luft- og sjøtransport (Statens vegvesen, 2020a). I forbindelse med gjennomføring av denne bacheloroppgaven vil det kun være relevant å presentere deler av NTP som gjelder vegtransport. Grunnlaget for delen som gjelder vegtransport er utarbeidet av Statens vegvesen på vegne av samferdselsdepartementet (Statens vegvesen, 2020a).

Nåværende NTP ble presentert av samferdselsdepartementet 5. april 2017 og godkjent i statsråd samme dag. Melding fra departementet til stortinget ligger publisert på regjeringens nettsider, hvor det overordnede og langsiktige målet lyder som følger:

«Et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskapning og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet.» ((Meld. St.(2016-2017), 2017), 1.2 «Sammendrag», avsnitt 2).

Solberg-regjeringen har gjennom hele sin periode satset tungt på transportsektoren med stor vekst i samferdselsinvesteringer. Investeringene gjennomføres for å få et mer moderne transportsystem for fremtiden i lys av følgende tre hovedmål: Bedre fremkommelighet for personer og gods i hele landet, redusere transportulykker og redusere klimautslippene (Meld. St.(2016-2017), 2017).

Regjeringen er opptatt av at beslutningene som tas på bakgrunn av denne transportplanen skal være løsninger som er gode og varige. Det er avgjørende at transportsektoren er effektiv for å være konkurransedyktige i årene fremover. Regjeringen vil styrke godstransporten i Norge, slik at næringslivet sikres gode vilkår. En slik satsning vil bety tilretteleggelse for modulvogntog som er større kjøretøyer enn det som benyttes i dag. Dette medfører større belastning på vegnettet, men transportkostnadene kan reduseres (Meld. St.(2016-2017), 2017).

Klimaendringer er et av punktene regjeringen trekker frem for transportsektoren i forbindelse med risiko-, trussel- og sårbarhetsbildet for samfunnssikkerhet. For å møte en fremtid med stadig økende variasjoner i klima, ønsker regjeringen å øke robustheten i transportsektoren. Dette skal gjennomføres med en betydelig innsats på drift, vedlikehold og fornying av veg (Meld. St.(2016-2017), 2017).

Basert på regjeringens overordnede og langsiktige mål, beskrives det i stortingsmeldingen at hovedmålet for miljø og klima innen transportbransjen er å:

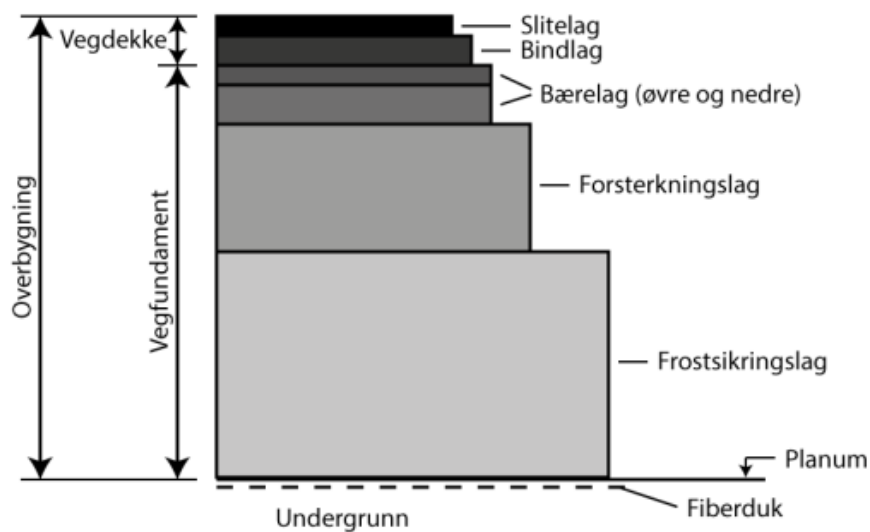
«Redusere klimagassutslippene i tråd med en omstilling mot et lavutslippssamfunn og redusere andre negative miljøkonsekvenser» ((Meld. St.(2016-2017), 2017), 1.2 «Sammendrag», avsnitt 9).

Klima- og miljøutfordringene skyldes både transportaktivitet og bygging, drift og vedlikehold av infrastruktur. I forbindelse med nasjonaltransportplan har regjeringen utarbeidet en handlingsplan for fossilfrie anleggsplasser/byggeplasser innen transportsektoren (Meld. St.(2016-2017), 2017). Denne handlingsplanen vil videre presenteres under kapittel 2.5 «*Miljø og økonomi*».

2.2 Vegoverbygning

En vegkropp består av en overbygning og en underbygning, hvor vegoverbygningen er selve konstruksjonen av vegen. Det vil si oppbygningen av vegen fra planum til vegoverflaten, bestående av forskjellige lag. Disse lagene har ulik hensikt hvor målet er en bestandig vegoverbygning som tåler trafikklasten og de klimatiske påkjenningene året rundt. Hvordan oppbygningen av vegen ser ut avhenger av flere faktorer som blant annet grunnforhold, ÅDT og vegstandard. Uavhengig av faktorene består vegoverbygningene i Norge vanligvis av fem lag: (Statens vegvesen, 2016b).

1. **Slitelag:** Slitelag og bindlag utgjør vegdekket og er dermed øvre sjiktet av vegen. I Norge brukes det bituminøse materialer til vegdekket, dette skal sikre en jevn overflate som har nok friksjon til sikker kjøring under alle værforhold (Statens vegvesen, 2016b).
2. **Bindlag:** Utgjør vegdekket sammen med slitelaget, bituminøse materialer (Statens vegvesen, 2016b).
3. **Bærelag:** Bærelagetes funksjon er å fordele laster, dermed stilles det strenge krav til kvaliteten på materialene som brukes i bærelaget (Statens vegvesen, 2016b).
4. **Forsterkningslag:** Forsterkningslaget bidrar til en videre forsterkning av vegen og har til funksjon å fordele laster og å sørge for god drenering slik at de øvrige lagene kan holde vanninnholdet til et minimum. Det brukes som oftest knuste steinmaterialer til forsterkningslaget (Statens vegvesen, 2016b).
5. **Frostsikringslag:** Frostsikringslaget skal sikre at frost ikke trenger ned i underbygningen, da dette kan føre til telehiv. Behovet og dimensjoneringen avdekkes av grunnforholdene (Statens vegvesen, 2016b).



Figur 6, Utklipp av figur 4.17, s.73 Vegteknologi Lærebok, (Statens vegvesen, 2016b).

Figuren ovenfor viser en generell vegoppbygning ved telefarlig undergrunn (T3/T4), underbygningen vil være fra planum og nedover.

Metoden for dimensjonering av veger i Norge er basert på empiri, men dimensjoneringen kan også forekomme på en mekanistisk-empirisk metode ved å ta hensyn til lokale faktorer. Alle veger skal kunne tilfredsstillende visse krav, disse er spesifisert i håndbøkene til vegvesenet. For en vegoverbygning vil ulike krav og anbefalinger bli funnet i håndbok N200 «Vegbygging», publisert av Statens Vegvesen i 2018 (Statens Vegvesen, 2018c).

2.2.1 Forsterkningslag

I henhold til Statens Vegvesen ved «Lærebok vegteknologi» side 74, er forsterkningslagets hovedoppgaver som følger:

«Lastfordeling for å unngå overbelastning av undergrunnen, og drenering for å bidra til lavt vanninnhold i de overliggende lag» (Statens vegvesen, 2016b).

Dette betyr at materialene som benyttes til forsterkningslaget må ha høy styrke- og bestandighetsgrad, slik at nedknusing unngås. Materialer som benyttes i vegoverbygningen skal være ikke-telefarlige og ikke-vannømfintlige materialer, for å sikre vegen mot skadelige deformasjoner (Statens vegvesen, 2018b). For at forsterkningslaget skal kunne opprettholde funksjonen må materialene som benyttes være av god kvalitet, hvor de spesifikke materialkravene er oppgitt i håndbok N200 ved delkapittel «63 Forsterkningslag» (Statens Vegvesen, 2018c). Kravene vil bli gjort rede for i delkapittel 2.3.1 «Masser til forsterkningslag» i denne rapporten.

Utførelsen må være av tilfredsstillende kvalitet, slik at lagets egenskaper blir oppnådd. Dette forutsetter riktig dimensjonering, utlegging og komprimering. Dårlig utført utlegging av forsterkningsmateriale kan gi innvirkning på homogenitet, steinstørrelse og finstoffinnhold. Mens mangelfull komprimering kan føre til ujevnheter på vegen som følger av varierende stivhet (Nils Sigurd Uthus, 2010). Underdimensjonert forsterkningslag kan føre til setninger i vegkroppen, ettersom undergrunnen kan bli overbelastet. Underdimensjonering kan også føre til en forverret teleløsning og gi en større svekkelse i bæreevnen under perioden. Dette fordi manglende dreneringsegenskaper kan forekomme og dermed forårsake større vanninnhold i overliggende masser (Statens vegvesen, 2016b).

2.3 Dimensjonering av forsterkningslag

Norske veger dimensjoneres pr. dags dato etter håndbok N200 «Vegbygging», hvor dimensjoneringsmetoden som tidligere beskrevet er basert på empiri. Det arbeides derimot med en ny metode for dimensjonering som kalles «VegDim». Ved VegDim kan man få et analytisk digitalt dimensjoneringsystem som videre kan gi mer fleksibilitet. Foreløpig er VegDim kun et forskningsprogram av SVV som strekker seg til 2022 (Statens vegvesen, 2021a). SVV mener at VegDim skal kunne gi:

1. «*Bedre systemer for planlegging og forvaltning av vegnettet*» ((Statens vegvesen, 2021a), andre avsnitt).
2. «*Redusert miljøbelastning: reduksjon i energiforbruk og klimagassutslipp ved bygging og vedlikehold av veger*» ((Statens vegvesen, 2021a), andre avsnitt).
3. «*Økt kunnskap og kompetanse innen vegteknologi*» ((Statens vegvesen, 2021a), andre avsnitt).

Veger i Norge dimensjoneres for 10 tonns aksellast og en dimensjoneringsperiode på 20 år. Det vil si at vegene skal kunne tåle tungtrafikk med belastning på oppimot 10 tonn pr. aksel, samtidig som vegen skal kunne tåle all belastningen i minst 20 år. Derfor er det viktig at vegene blir bygd med tilstrekkelig kvalitet, både med tanke på oppbygningen og materialene. Dimensjonering av veger skal dermed følge håndbok N200, slik at material- og utførelseskrav etterfølges (Statens Vegvesen, 2018c).

Dimensjoneringen av forsterkningslag for veger med bituminøst dekke finnes i håndbok N200, delkapittel 532 «Forsterkningslag» på side 155 (Statens Vegvesen, 2018c). For å kunne angi tykkelsen på forsterkningslaget må man ha kartlagt materialtype i undergrunnen, dette forutsetter dermed at grunnundersøkelser er utført. Vegens trafikkgruppe må også fastsettes, som bestemmes ut ifra tabell 511.1 «Valg av trafikkgruppe ut fra antall ekvivalente 10 tonns aksler»:

Trafikkgruppe	Ekvivalente 10 tonns aksler (N)
A	< 500 000
B	500 000 – 1 000 000
C	1 000 000 – 2 000 000
D	2 000 000 – 3 500 000
E	3 500 000 – 10 000 000
F	> 10 000 000

Figur 7, Utklipp fra tabell 511.1, s.140 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

Videre dimensjoneres tykkelsen ut ifra tabell 533.1 «Dimensjonering av veger med bituminøst dekke, lagtykkelser i cm»:

DIMENSJONERINGSTABELL FOR VEGER MED BITUMINØST DEKKE (lagtykkelser i cm)							
		TRAFIKKGRUPPE (Antall ekvivalente 10 t aksler per felt i dimensjoneringsperioden, N, mill.) Beregning av trafikkgruppe, se kapittel 511.					
		A	B	C	D	E	F
		(< 0,5)	(0,5 - 1)	(1 - 2)	(2 - 3,5)	(3,5 - 10)	(> 10)
DEKKE		Dekketype og tykkelse velges på grunnlag av ÅDT i åpningsåret, se kapittel 530.					
BÆRELAG							
Anbefalte materialer:		Tykkelse (cm), bærelag					
Ag		9	10	11	12	13	14
Ag over Ap		5 over 6	6 over 7	6 over 8	7 over 8	7 over 9	7 over 10
Ag over Ak		5 over 10	6 over 10	7 over 10	8 over 10		
Ag over Gja		6 over 5	6 over 7	6 over 9	6 over 10		
Ag over Fk		5 over 10	6 over 10	7 over 10			
Fk		20					
FORSTERKNINGSLAG PÅ							
Materialtype i grunnen:	Bæreevne-gruppe	Tykkelse (cm), forsterkningslag med lastfordelingskoeffisient a = 1,0					
Bergskjæring, steinfylling, T1 ¹⁾	1	30	30	30	30	30	30
Grus C _u ≥ 15, T1	2	30	30	30	30	30	30
Grus C _u < 15, T1 Sand C _u ≥ 15, T1 Bergskjæring, steinfylling T2 ³⁾	3	30	30	30	40	50	50
Sand C _u < 15, T1 Grus, sand, morene, T2	4 ⁴⁾	40	40	50	60	70	80
Grus, sand, morene, T3	5	50	60	70	70	80	90
Silt, leire, T4, c _u ≥ 50 kPa	6	60	70	70	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u 37,5-50 kPa	6	60	70	80	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u 25-37,5 kPa	6	60+20 ¹⁾	70+10 ¹⁾	80	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u < 25 kPa	6	60+50 ¹⁾	70+40 ¹⁾	80+30 ¹⁾	80+30 ¹⁾	90+20 ¹⁾	100+10 ¹⁾
BÆRELAGSINDEKSKRAV, BI_k ²⁾		39	45	50	54	62	65

¹⁾ Tall med pluss foran angir økning av forsterkningslagstykkelsen knyttet til anleggstekniske forhold.

²⁾ Bærelagsindeks (BI), se forklaring i vedlegg 3.

³⁾ Bergskjæring omfatter både dyp- og grunnsprengning. For grunnsprengning er det krav om min 0,75 m fra vegoverflate til topp av knøler, se kapittel 2.

⁴⁾ Gjelder også for forsterkningslag på isolasjonslag av XPS, skumglass eller lettklinker.

Figur 8, Utklipp av tabell 533.1, s.156 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

Tabellen forutsetter bruk av materialer med lastfordelingskoeffisient (a) på 1,0. Dersom materialet som benyttes har en annen lastfordelingskoeffisient må tykkelsen ganges med koeffisienten (Statens Vegvesen, 2018c).

Lastfordelingskoeffisienten på materialet kan bestemmes ut ifra laboratoriske prøver, men tabell 513.4 på side 145 i N200 kan også benyttes (Statens Vegvesen, 2018c).

Lastfordelingskoeffisienten for de aktuelle forsterkningsmaterialene er satt til:

- 1,0 for grus, knust grus, knust betong og blandet masse (Statens Vegvesen, 2018c).
- 1,1 for pukk, kult og samfengt knust berg (Statens Vegvesen, 2018c).

2.3.1 Masser til forsterkningslag

I henhold til N200 side 198. skal forsikringslaget:

«Bestå av så sterke og stabile materialer, og være utført på en slik måte, at ikke nedknusing eller deformasjoner i forsterkningslaget medfører redusert kjørekomfort i dimensjoneringsperioden.» (Statens Vegvesen, 2018c).

De materialene som kan benyttes til forsterkningslag er:

Materialtype:	Sortering:
Kult	22/125, 22/180
Pukk	11/90, 16/90
Samfengt knust berg	0/63, 0/90
Grus	0/63, 0/90
Resirkulerte materialer	0/63, 0/90, 0/125, 22/125, 11/90, 16/90

Tabell 2, Materialer til forsterkningslag, s.198 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

Materialet som brukes til forsterkningslag må bestå alle krav i tabellene 631.1 og 631.2, samtidig må Gjb og Bm oppfylle krav i ekstern tabell 631.3. Håndbok N200 presiserer også at leverandør av forsterkningsmaterialer med øvre siktstørrelse større enn eller lik 90, må følge krav gitt i NS-EN 13242. Samtidig må tilleggskrav i NS-EN 13285 følges for samfengte materialer (Statens Vegvesen, 2018c).

Tabell 631.1 angir de mekaniske kravene, analyse av materialene for mekaniske egenskaper kan gjøres på produksjonsstedet. Disse kravene er også gyldig for resirkulerte materialer (Statens Vegvesen, 2018c).
Kontrollomfang: 1 prøve pr. 10 000 m³.

Krav til mekaniske egenskaper (knuste steinmaterialer)	Trafikkgruppe	
	A ¹	B, C, D, E og F
Los Angeles-verdi, LA	≤40	≤35
Micro-Deval-koeffisient, M _{DE}	≤25	≤20
Krav til mekaniske egenskaper (knust og uknust grus)	Trafikkgruppe	
	A ¹	B og C
Los Angeles-verdi, LA	≤40	≤35
Micro-Deval-koeffisient, M _{DE}	≤25	≤20
Krav til mekaniske egenskaper (resirkulerte materialer)	Trafikkgruppe	
	A ¹	B, C og D
Los Angeles-verdi, LA	≤40	≤35
Micro-Deval-koeffisient, M _{DE}	≤25	≤20
Krav til humusinnhold og knusningsgrad (samfengte grusmaterialer)	Trafikkgruppe	
	A ¹	B og C
Humusinnhold	< 1 %	< 1 %
Knusningsgrad C	-	C _{50/30}

¹⁾ Gjelder også gang- og sykkelveger og parkeringsplasser for lette kjøretøy.

Figur 9, Utklipp av tabell 631.1, s.199 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

Tabell 631.2 angir krav til korngradering for materialer brukt i forsterkningslag, hvor analyse av materialer skal tas fra ferdig utlagt veg. Kontrollomfanget er 1 prøve pr. 1 000 m³ eller 1 prøve pr. 500 m pr. kjørefelt (Statens Vegvesen, 2018c).

Tabell 631.2 Krav til korngradering for forsterkningslag, ferdig utlagt på veg

Krav til korngradering	Kvalitetskrav	
	Verdi	Maks. verdi ¹⁾
Samfengt knust/uknust grus og knust berg		
Andel overkorn	≤ 20 %	25 %
Andel mindre enn 1.4D	98–100 %	
Andel mindre enn D	80–99 %	
Andel mat. < 63 µm (av hel prøve), f 0/63 og 0/90	≤ 3 %	5 %
Største steinstørrelse, D _{maks}	≤ 125 mm	
Kornkurve, se figur 631.1 og 631.2		
Pukk		
Andel overkorn	≤ 20 %	25 %
Andel underkorn	≤ 20 %	25 %
Andel mindre enn 1.4D	98–100 %	
Andel mindre enn D	80–99 %	
Andel mindre enn D/2	20–70 %	
Andel mindre enn d	1–20 %	
Andel mindre enn d/2	0–5 %	
Største steinstørrelse, D _{maks}	≤ 125 mm	
Kult		
Andel materiale < 90 mm 22/125	50–85 %	
22/180	20–70 %	
Andel mindre enn d ²⁾	1–20 %	
Andel mindre enn d/2	0–5 %	
D _{maks}	≤ 2/3 av lagtykkelse, maks. 250 mm ³⁾	270 mm
Største steinlengde	≤ 2/3 av lagtykkelse, maks. 360 mm ³⁾	390 mm
Resirkulerte materialer		
Andel materiale < 63 µm av hel prøve	≤ 5 %	7 %
For D > 90 mm, andel mat. < 63 µm regnet av materiale < 90 mm	≤ 5 %	7 %
Største steinstørrelse, D _{maks}	≤ 125 mm	

¹⁾ Generelt aksepteres for prøver tatt på veg at 1 av 5 prøver (20 %) kan avvike fra gjeldende krav, men ingen prøver skal avvike mer enn angitt maksimalverdi.

²⁾ En sortering benevnes som d/D, hvor d er nedre siktstørrelse og D er øvre siktstørrelse angitt i mm.

³⁾ D_{maks} og største steinlengde kan måles med tommestokk eller skyvelære. Målene skal ikke overstige halve lagtykkelsen ved bæreevnegruppe 4 eller dårligere.

Figur 10, Utklipp av tabell 631.2, s.200 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

Usorterte masser 0/63 og 0/90 skal også oppfylle kravene i tabell 631.4 og 631.5 (Statens Vegvesen, 2018c).

0/63: Gjennomføres ved bruk av tabell 631.4 «*Krav til korngradering for 0/63-masse ferdig utlagt på veg*» (Statens Vegvesen, 2018c).

Kornstørrelse (mm)	0,063	2	4	8	16	31,5	63	125
Grenseverdi (%)	0–3	3–32	6–42	12–53	23–66	43–81	80–99	100

Figur 11, Utklipp av tabell 631.4, s.201 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

0/90: Gjennomføres ved bruk av tabell 631.5 «*Krav til korngradering for 0/90-masse ferdig utlagt på veg*» (Statens Vegvesen, 2018c).

Kornstørrelse (mm)	0,063	2	5,6	11,2	22,4	45	90	125
Grenseverdi (%)	0–3	3–32	6–42	12–53	23–66	43–81	80–99	100

Figur 12, Utklipp av tabell 631.5, s.202 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

Forkilingslag

Dersom det benyttes grove masser i forsterkningslaget, er det nødvendig med et tynt forkilingslag for å sikre stabilitet i øvre del av laget. Det benyttes ulike materialer til forkiling basert på materialene brukt i bærelaget:

Bærelag:	Forkilingslag:
Knust berg (Fk)	Knust berg (Fk)
Bituminøse materialer	Knust asfalt (Ak), emulsjonsgrus (Eg), skumgrus (Sg)

Tabell 3, Materialvalg forkilingslag, s.202 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

Forkilingsmaterialet skal være av bærelagskvalitet og tilsvare likt kontrollomfang som ved bærelag. Forkilingslaget skal samtidig være så tynt som mulig, hvor maksimum tykkelse er satt til 50 mm. Prøvetakning av materialet til forkiling kan foregå før utlegging (Statens Vegvesen, 2018c).

2.3.2 Komprimering av forsterkningslag

Å komprimere er et tverrfaglig uttrykk som benyttes i flere bransjer enn kun anleggsbransjen. Komprimering i sammenheng med vegbygging betyr å presse sammen masser slik at massene blir til et samlet materiale. Målet med komprimeringen er å oppnå ønsket levetid og bæreevne på vegen, ved at komprimert materiale gir bedre lastfordeling og motstand mot deformasjon (Marit Fladvad og Jostein Aksnes, 2014).

Komprimering av forsterkningslaget er dermed en viktig faktor for å kunne oppnå et tilfredsstillende resultat, komprimeringen må utføres korrekt da feil kan føre til mangler på forsterkningslaget. Korrekt utførelse av komprimeringsarbeidet presenteres i håndbok N200 ved delkapittel «602.2 Komprimering av mekanisk stabiliserte lag» (Statens Vegvesen, 2018c).

Første steget av komprimeringsarbeidet er å utarbeide en komprimeringsplan. Dersom arbeidets omfang er mindre enn 5000 m² kan planen baseres på tidligere arbeider, ved større omfang enn 5000 m² skal planen baseres på et valseprogram. Komprimeringsplanen skal planlegge arbeidet for alle lag separat, da forskjellig materialer og tykkelser benyttes (Statens Vegvesen, 2018c).

Ved et valseprogram fastsettes det hvor mange overfarter som er hensiktsmessig for et godt resultat, dette ved hjelp av målemetoder. Programmet gjennomføres ved å komprimere en strekning gjentatte ganger, hvor målinger gjennomføres mellom overfartene. Tabell «602.4 Målemetoder for utarbeidelse av valseprogram» på side 187 i N200 fastsetter de ulike målemetodene og dets bruksområde (Statens Vegvesen, 2018c):

Målemetode	Bruksområde	Måleomfang
Platebelastning 300 mm plate	Øvre siktstørrelse (D) ≤ 150 mm	Minimum tre komprimeringsnivåer, minimum tre målinger per komprimeringsnivå
Modifisert Proctor	Øvre siktstørrelse (D) ≤ 32 mm	Minimum tre komprimeringsnivåer, minimum tre målinger per komprimeringsnivå
Responsmålinger	Alle materialer	Kontinuerlig over minimum 50 m
Nivellement	Alle materialer	10 punkter i hver tverrprofil, minimum 5 profiler pr. homogen seksjon

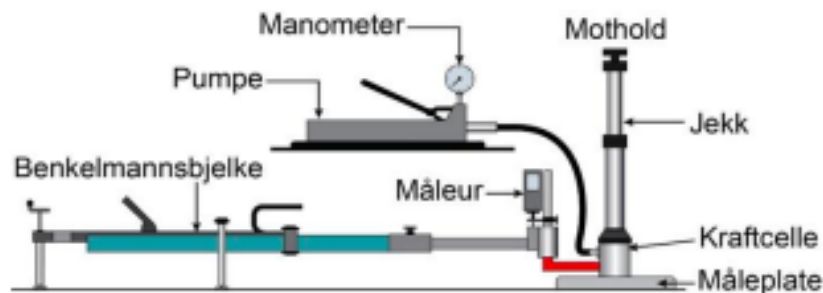
Figur 13, Utklipp av tabell 602.4, s.187 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

Platebelastningstest

En platebelastningstest måler nedbøyinger i konstruksjonen ved hjelp av endring i elastisitetsmodulen og har to bruksområder:

- 1) «Kontroll av komprimeringen på utlagte materialer med maksimal kornstørrelse mindre enn ca. 150 mm» ((Statens vegvesen, 2021b), s.204).
- 2) «Måle bæreevne og stabilitet» ((Statens vegvesen, 2021b), s.204).

Utstyret som benyttes til platebelastningstest varierer, da testen kan utføres både med manuelt og halvautomatisk utstyr. Håndbok R211 «Feltundersøkelser» ved delkapittel 2.2.4 «Platebelastning» presenterer prosedyren ved platebelastning, hvor utstyret som benyttes ved halvautomatisk gjennomføring gis ved figur 16 (Statens vegvesen, 2021b).



Figur 15, Utklipp av figur 2.2.4-1, s.202 R211, (Statens vegvesen, 2021b).

Testen gjennomføres i to omganger ved en sekstrinns belastning: 50-,180-,300-,420-,500- og 600 kN/m² hvor avlesningen av måleuret foregår mellom hvert trinn (Statens vegvesen, 2021b).

Resultatene fra målingene skal settes inn i et diagram som viser forholdet mellom belastning og nedbøyning. Diagrammet brukes videre til å beregne elastisitetsmodulen ved formel:

$$E = 0,75 * \frac{\Delta p}{\Delta s} * D$$

Δp = Belastningsendring (kN/m²)

Δs = Setningsendring (m)

D = Platediameter (m)

((Statens vegvesen, 2021b), s.204).

Skal elastisitetsmodulen være målbar mot krav i håndbok N200 beregnes det et forholdstall mellom resultatene i omgangene. Setningene som benyttes ved utregning i omgang én (E_1) er 30% og 70% av maksimalbelastning, mens ved utregning av andre omgangsbelastning (E_2) benyttes 30% av maksimalbelastningen og belastningen hvor setningene stagnerer (Statens vegvesen, 2021b).

Krav til komprimering av forsterkningslag fremkommer av tabell 602.5 «*krav til komprimering målt med statisk platebelastning, 300 mm platediameter*» på side 188. i N200. Der kravet er satt til $E_2/E_1 \leq 2,5$ og $E_2 > 150$ (Statens Vegvesen, 2018c).

Lag	E_2/E_1	E_2 (MPa)
Bærelag og forsterkningslag	$\leq 2,5$	> 150
Frostsikringslag av sand, grus og stein	$\leq 3,5$	> 120

Figur 16, Utklipp av tabell 602.5, s.188 N200, (Statens Vegvesen, 2018c).

Gjeldende standard for komprimeringsarbeid og platebelastningstest er NS 3458:2004, standarden overstyrer håndbok R211 ved uoverensstemmelser (Statens vegvesen, 2021b).

2.4 Stedlige masser

Ved de fleste veganlegg vil det forekomme stedlige masser i forbindelse med utbedring av eksisterende veg, ved ny veg i umiddelbar nærhet til gammel trase eller ved tunneldriving. Massekvaliteten vil da variere ut ifra de grunnforholdene som finnes i området. Derfor er det viktig å kartlegge og teste de stedlige massene tidlig i prosjektets gang. Dette for å kunne utnytte massene til det fulle, noe som kan resultere i lavere innkjøpskostnader og lavere klimagassutslipp.

Bruksområdet til stedlige masser kan være så mangt, men vil variere ut ifra kvaliteten på massene. Det er strengere krav til masser som benyttes i eksempelvis et forsterkningslag kontra et frostsikringslag, dette fordi det ikke stilles krav til bæreevne ved frostsikringslaget. Massene kan også brukes til fyllinger, skråninger, anleggsveg eller kompensasjon til grunneiere (Statens vegvesen, 2016b).

Det kan være mye å hente ved god utnyttelse av stedlige masser, spesielt ved de anlegg som har lang reiseveg til nærmeste pukkverk/miljøstasjon. Samtidig som man slipper å kjøpe inn nye masser, vil ressurser spares ved kortere turer med lastebil eller dumper. Dette kan bidra til lavere klimagassutslipp.

Forutsetningen for å kunne bruke de stedlige massene er at de har tilstrekkelig kvalitet til det formålet de er tiltenkt. Dette betyr at massene blant annet må ha riktige geometriske egenskaper, som størrelse og kornform. Derfor kan det være hensiktsmessig å etablere et mobilt knuse- og sorteringsverk i forbindelse med anlegget, for de veganleggene med store mengder stedlige masser. Dersom det etableres et mobilt knuse og sorteringsverk må produksjonen tilfredsstillende gjeldene krav, dette omtales videre i rapportens delkapittel 2.4.2 «Mobilt knuse- og sorteringsverk».

2.4.1 Tester

For å kunne vite om de stedlige massene oppfyller kravene til de aktuelle veglagene må det utføres tester. Disse testene fastsetter egenskapene til massene og dermed hva de er egnet for, dette kan være mekaniske, geometriske og kjemiske egenskaper. De ulike kvalitetskrav for steinmaterialer til forskjellige lag i overbygningen er kartlagt av figur 5.6 «Kvalitetskrav for frostsikringslag, forsterkningslag og bærelag» i «Lærebok Vegteknologi» av Statens vegvesen (Statens vegvesen, 2016b).

Kontroll av	Frostsikr. lag	Forsterkningslag ¹⁾		Mek. stab. bærelag			Bærelag av bitumenstabiliserte materialer							Gjb I	Gjb II		
	S/G/P/K	G	P/K	Gk	Fk	Fp	Ag	Ap	Pp	Eg	Ep	Sg	Bg	Ak			
Materialegenskaper																	
- Los Angeles-verdi		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X
- flisighetsindeks				X	X	X	X	X	X	X	X	X					X
- mølleverdi ²⁾		(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	X	X	X	X	X	X	X				X
- micro-Deval-koeffisient ³⁾		X	X	X	X	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)				
- andel knuste korn				X			X	X	X	X	X	X	X				
- bindemiddelkvalitet							X	X	X	X	X	X	X				
- sammensetning (inkl. renhet)														X ⁴⁾			X ⁵⁾
Korngradering																	
- kornfordeling	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
- maks. steinstørrelse	X	X	X														X
Vannømfintlighet	X	X	X	X	X	X											X
Telefarlighet	X	X	X	X	X	X											X
Bindemiddelmengde							X	X	X	X	X	X	X				
Asfalttemperatur																	
- materialproduksjon							X	X									
- utlagt materiale							X	X	X								
Komprimering	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X
Forbruk							X	X	X	X	X	X	X				
Indirekte strekkstyrke										X	X	X	X	X			

1) S, G, P og K betyr hhv. sand, grus, pukk og kult.
2) Parentes angir at mølleverdien tillates brukt i produksjonskontrollen som et alternativ til kontroll med micro Deval, men micro-Deval skal benyttes ved typeprøving/deklarasjon. Sammenheng micro-Deval og kulemølle må etableres. (Om korrelasjon mellom metodene, se også vedlegg 3.)
3) Parentes angir at dersom det foreligger resultater fra micro-Deval testing kan disse benyttes i stedet for kulemølleverdier både for typeprøving og produksjonskontroll. Se Vedlegg 3.
4) Se pkt 622.4
5) Se pkt 522.12

Figur 17, Utklipp av figur 5.6, s.108 Lærebok Vegteknologi, (Statens vegvesen, 2016b).

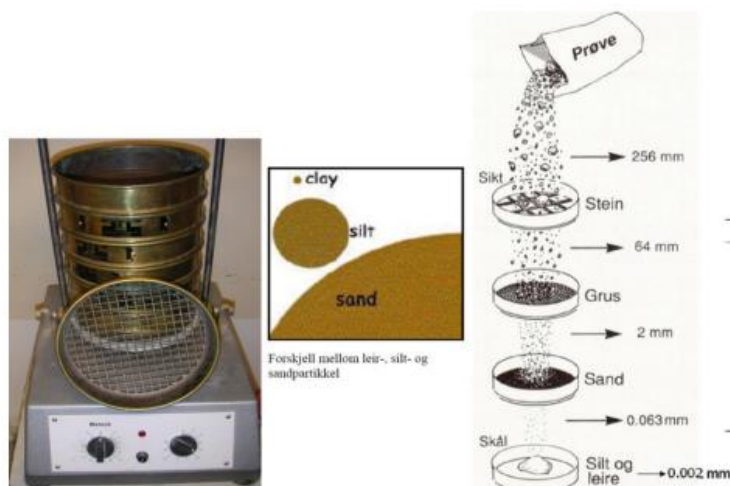
Disse testmetodene er dermed aktuelle for forsterkningslaget:

- Sikteanalyse for korngradering, telefarlighet og vannømfintlighet (Statens vegvesen, 2016b).
- Knusingsgrad, siktanalyse og flisighetsindeks for komprimering (Statens vegvesen, 2016b).
- Los Angeles metoden for Los Angeles-verdi (Statens vegvesen, 2016b).
- Micro-Deval-testen for Micro-Deval-koeffisient (Statens vegvesen, 2016b).

Sikteanalyse

Ved hjelp av en sikteanalyse fastsettes materialets korngradering. Detaljert fremgangsmåte av analysen presenteres ved delkapittel 131 «Sikteanalyse» i håndbok R210

«Laboratorieundersøkelser», her refereres det også til tilhørende standarder NS-EN 933-1 og NS-EN 932-5. I håndbok R210 presiseres det at gjeldende standarder for sikteanalysen overstyrer håndboka til enhver tid (Statens vegvesen, 2016a).



Figur 18, Utklipp av figur 5.8, s.107, Lærebok Vegteknologi, (Statens vegvesen, 2016b)

Figur 19 viser prosedyre og tilhørende utstyr for en sikteanalyse. Resultatene som fremkommer tegnes opp i et diagram som gir en siktekurve. Ut av sikteanalysen ønsker man å få et graderingstall, som bestemmer graderingen til materialet. Altså om materialet er ensgradert, middels gradert eller velgradert (Statens vegvesen, 2016b).

Dersom materialet som blir testet har høyt finstoffinnhold, opp mot leire-, silt- og sandfraksjon kan det klassifiseres som telefarlig og vannømfintlig. Materiale av den typen kan dermed ikke brukes i forsterkningslaget, massene må stå til materialkrav i N200 ved tabell 631.2 presentert ved delkapittel 2.3.1 «Masser til forsterkningslag» i rapporten.

Flisighetsindeks

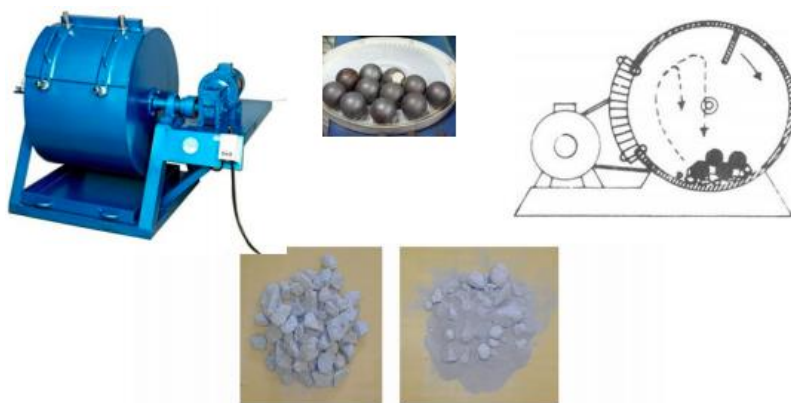
Bestemmelse av materialets kornform foregår ved flisighetsindeksen, hensikten er at det ønskes kubiske partikler i deler av vegkonstruksjonen da dette fremmer stabilitet (Statens vegvesen, 2016b). Metoden for bestemmelse av flisighetsindeks foregår ved hjelp av sikter, vekt og tørkeskap. Materialet siktes først gjennom en sikt med kvadratiske åpninger, deretter gjennom en stavsikt. Prosedyre for måling av flisighetsindeks er beskrevet i håndbok R210 ved delkapittel 144 «Flisighetsindeks», mens NS-EN 933-3 er gjeldende standard og overstyrer R210 (Statens vegvesen, 2016a).

Knusingsgrad

Knusingsgraden fastsetter antall knuste korn i materialet ved benyttelse av sikter, vekt, tørkeskap og siktemaskin. Resultatet av prosedyren gir en prosentvis andel knuste og rundete korn i materialet. Fullstendig metode og formler for beregning presenteres i håndbok R210 ved delkapittel 146 «*Andel knuste korn i grovt tilslag*», hvor gjeldende standard er NS-EN 933-5 (Statens vegvesen, 2016a).

Los Angeles-metoden

Los Angeles-metoden har til hensikt å etterprøve materialets motstandsevne mot nedknusing, hvor materialet tromles sammen med stålkuler til det er tørt. Metoden er en simulering av påkjenningene massene vil oppleve i vegoverbygningen (Statens vegvesen, 2016a).



Figur 20 viser en trommel med tilhørende stålkuler for Los Angeles-metoden, prinsippskisse av tromling og materialet før og etter tromling (Statens vegvesen, 2016b).

Figur 19, Utklipp av figur 5.14, s.111 Lærebok Vegteknologi, (Statens vegvesen, 2016b).

Målet er å få en Los Angeles-verdi, som defineres på følgende måte i R210:

«Verdien er prosentvis innhold av materiale mindre enn 1,6 mm etter tromling (nedknust masse)» ((Statens vegvesen, 2016a), s.63).

Det ønskes en så lav Los Angeles-verdi som mulig, dette betyr større motstandsdyktighet mot nedknusing (Statens vegvesen, 2016b). Komplet prosedyre for Los Angeles-metoden kan finnes i håndbok R210 ved delkapittel 141 «*Los Angeles-metoden*», hvor tilhørende standard som overstyrrer R210 er NS-EN 1097-2 (Statens vegvesen, 2016a).

Micro-Deval-metoden

I likhet med Los-Angeles-metoden er Micro-Deval-metoden en prosedyre for testing av materialers mekaniske egenskaper, forskjellen er at materialet utsettes for større krefter ved Micro-Deval. Det ønskes å fastsette materialets slitestyrke ved benyttelse av tromler og stålkuler (Statens vegvesen, 2016b).



Figur 20, Utklipp av figur 5.15, s.113 Lærebok Vegteknologi, (Statens vegvesen, 2016b).

Figur 21 viser en trommel, stålkuler og materialer før og etter testing. Resultatet av prosedyren er nedslippte kanter på materialet.

(Statens vegvesen, 2016b).

Målet er å bestemme Micro-Deval-verdien til materialet, som er et mål for mengden masser som blir slitt bort etter tromling. Dersom testen indikerer lav Micro-Deval-verdi betyr det at materialet er slitesterkt. Jo lavere verdi, desto høyere slitestyrke har materialet. Komplette prosedyre for Micro-Deval-metoden kan finnes i håndbok R210 ved delkapittel 142 «Micro-Devalmetoden», standarden som er gjeldende for Micro-Deval-metoden er NS-EN 1097-1 og overstyrer R210 (Statens vegvesen, 2016a).

2.4.2 Mobilt knuse- og sorteringsverk

Et knuseverk benyttes ved knusing av stein for å oppnå forskjellige dimensjoner. Steinen som produseres har flere anvendelsesområder og benyttes eksempelvis til underbygning av veg, planering og som fyllmasser (Gunnar Holth Grusforretning AS, 2021). Gjennom SVVs håndbok N200 beskrives det at mobile knuseverk også kan være aktuelt for knusing og rensing av lokale bygningsrester. Ved benyttelse av asfaltgranulat i vegbygging må materialet etter lengre tids lagring gjennom et knuseverk. Dette gjøres for å sikre at materialet er fri for klumper til bruk. Videre beskriver håndboken bruk av data fra knuse- og sorteringsverk til dokumentasjon av minimumskrav knyttet til materialkvalitet (Statens Vegvesen, 2018c).

Selve knusingen av materialene forekommer fortrinnsvis i en kjeftknuser, der to mot-plater jobber mot hverandre og danner en kjeft som knuser steinen. Deretter er det vanlig med en konknuser, som slipper steinen ned mellom to koner som maler steinen til ønsket dimensjon. Det benyttes også spindelknusere og slagknusere. Førstenevne fungerer på samme måte som en konknuser, bare med en slankere senterkon. En slagknuser har en hurtiggående aksel som slår mot en ambolt (Statens vegvesen, 2016b).

Etter definisjon fra forurensningsforskriften regnes et knuse- og sorteringsverk som mobilt dersom virksomheten har foregått på samme sted under ett år. Det gjøres oppmerksom på at stasjonære knuse- og sorteringsverk også omfattes av forurensningsforskriften (Forurensningsforskriften, 2009). Videre stiller plan- og bygningsloven krav til mobile knuse- og sorteringsverk gjennom blant annet §12-1. reguleringsplan. Denne paragrafen stiller krav til reguleringsplan ved gjennomføring av større bygge- og anleggstiltak som kan føre til vesentlige virkninger for samfunn og miljø. Fastsettelse av rammer for ordlyden «*større*» gjennomføres av den gitte kommune. Et slikt tiltak er i utgangspunktet søknadspliktig gjennom plan- og bygningslovens §20-2, lovens §20-5 tredje ledd bokstav j gir imidlertid unntak. Denne paragrafer tilsier at «*midlertidige bygninger, konstruksjoner eller anlegg*» er fritatt søknadsplikten for plassering inntil 2 måneder (Plan- og bygningsloven, 2021).

SVVs beskriver at mobile knuseverk kan være et godt klimatiltak i prosjekter der hvor det er tilrettelagt, da dette kan redusere massetransporten. Selve etableringen av knuseverket omtales derimot som mulig ødeleggende for nærmiljøet. Regelverket rundt etableringen hevder SVV at kan utgjøre en barriere for slike anlegg (Statens vegvesen, 2020b).

2.5 Miljø og økonomi

2.5.1 Klima og miljø ved vegbygging

Regjeringen presenterer gjennom NTP at transportsektoren står for en tredjedel av alle klimagassutslipp i Norge. Planen vil legge til rette for betydelige kutt i transportsektoren, da Norge har forpliktet seg til en 40% reduksjon av klimagassutslipp i 2030 sammenlignet med 1990. Norge har også et internt mål om å bli et lavutslippssamfunn innen 2050.

Regjeringens hovedmål innen klima og miljø i transportsektoren innebærer fokus på transportaktivitet, bygging, drift og vedlikehold av vegnettet i Norge. Utbygging av veger og infrastruktur vil føre til endret arealbruk som igjen kan utsette bolig-, nærings- og handelsvirksomhet for mer luft- og støyforurensning. Dette er forurensning som vil kunne føre til lokale helseproblemer hos befolkningen (Meld. St.(2016-2017), 2017).

Som et resultat av Regjeringens ønske har det blitt utarbeidet en handlingsplan for fossilfrie anleggsplasser innen transportsektoren. Denne handlingsplanen redegjør for konkrete tiltak for å redusere klimagassutslipp i Norge i tråd med gjeldende forpliktelser. Den mest relevante statistikken fra handlingsplanen i forbindelse med denne bacheloroppgaven, er statistisk sentralbyrås statistikk for «*Traktorer, anleggsmaskiner og andre motorredskaper*». Dette fordi diesel uten veibruksavgift er plassert i denne kategorien. Statistikken inkluderer også alle andre dieseldrevne ikke veg-gående maskiner og kjøretøy. Ifølge utslippsregnskapet fra 2019 står denne utslippskilden for 2,35 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Dette er en økning på 77% sammenlignet med 1990. Klimagassutslipp fra anleggsplasser innen transportsektoren står i dag for omkring 3-4% av det totale utslippet fra transportsektoren. Mot 2030 viser framskrivinger i Nasjonalbudsjettet at de ikke-kvotepliktige utslippene vil synke med 33%. Ikke veg-gående maskiner vil ha en svak nedgang i samme tidsrom, og dermed vil anleggsdelen av sektoren i fremtiden stå for en større andel av sektorens totale klimagassutslipp (Samferdselsdepartementet, 2021a).

2.5.2 Miljøaspekt ved benyttelse av stedlige masser

Gjennom miljødirektoratets rapport – «*Klimakur 2030*» blir det presentert løsninger for flere sektorer angående reduksjon av klimagassutslipp og målsetningen om et lavutslippssamfunn i 2050. Rapportens del A omfatter hva som skal til for å redusere ikke-kvotepliktige utslipp i Norge med minst 50% innen 2030 sammenlignet med 2005. Vegtransport er en av sektorene som omtales i rapporten, hvor redusert transportomfang presenteres som en av løsningene for redusert klimagassutslipp. Rapporten beskriver at massetransport knyttet til bygging av infrastruktur kan ha et stort forbedringspotensial innen logistikk. Dette innebærer transport av stein, sand, jord og andre mineraler i tilknytning til byggeprosjekter av infrastruktur (Miljødirektoratet, 2020b).

Direktoratet hevder at bedre planlegging, regulering og tilretteleggelse fra lokale myndigheter vil kunne redusere transportavstander. Herunder nevner rapporten fylkesvise planer som en eksempelvis-løsning. Bedre kartlegging av bergarter på forhånd av prosjekter vil også kunne gi en bedre oversikt over hvilke masser prosjektet frembringer. Bedre samarbeid mellom utbyggere i samme område knyttet til behov for utfyllingsmasser nevnes også som et virkemiddel. Det reduserte behovet for uttak av masser andre steder blir nevnt som en positiv bivirkning (Miljødirektoratet, 2020b).

En bedring av effektivitet og logistikk vil kunne redusere klimagassutslipp fra anleggsplasser innen transportsektoren med 420 tusen tonn CO₂-ekvivalenter. Miljødirektoratet leder i disse dager én gruppe, hvis hensikt er å vurdere effektiv massehåndtering av ikke-forurensede masser og å foreslå tiltak for mer ressurseffektiv og forsvarlig massehåndtering (Samferdselsdepartementet, 2021a).

Klimagassregnskap

Ifølge miljødirektoratet har mengden klimagassutslipp økt siden 1990, mens utslipp av andre klimagasser har blitt redusert. De totale utslippene har ligget relativt stabilt på samme nivå. I 2019 ble det i Norge sluppet ut klimagasser tilsvarende om lag 50,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter, ifølge tall fra statistisk sentralbyrå (Miljødirektoratet, 2020a).

Asplan Viak beskriver gjennom sitt arbeid for universitet i Oslo at et klimaregnskap hovedsakelig utarbeides ut ifra produsentperspektivet og forbrukerperspektivet. For førstnevnte fokuseres det utelukkende på en virksomhets direkteutslipp, og sistnevnte inkluderer indirekte utslipp forårsaket av bedriften i tillegg til det direkte. Kombinasjonen av disse utslippene blir ofte omtalt som et klimafotavtrykk (Asplan Viak, 2019).

Det er vanlig praksis ved gjennomføring av klimaregnskap å benytte den velkjente «Scope» modellen til GHG (Greenhouse Gas Protocol, red.anm.), som fordeler klimautslipp i tre kategorier etter omfang. Hensiktsmessig for denne bacheloroppgavens problemstilling vil kun være relevant å se på «Scope 1». Denne kategorien tar for seg direkte utslipp fra forbrenning av f.eks. drivstoff fra kjøretøy (Asplan Viak, 2019).

2.5.3 Økonomisk aspekt

Regjeringen legger en statlig ramme på om lag 933 milliarder kroner til grunn for hele transportsektoren i perioden 2018-2029, hvor om lag 536 milliarder er øremerket til vegformål. Dette er en betydelig høyere økonomiske rammer enn ved forrige transportplan (Meld. St.(2016-2017), 2017).

Norges geologiske undersøkelse (NGU) mener at byggeråstoffer som pukk, sand og stein bør være kortreiste. Dette er råstoffer som det er stort behov for innen bygging av infrastruktur og at det i Norge brukes et lastebillass med transport av slike råvarer pr. innebygger hvert år. Dersom byggeråstoffet transporteres mer enn 30 kilometer, hevder NGU at transportkostnadene knyttet til flytting av massene overskrider kostnaden av selve råvaren. NGU snakker på lik linje som Miljødirektoratet om behovet for fylkesvis kartlegging av byggeråstoffer og NGU ønsker et ressursregnskap over fylker eller områder som gir en oversikt over uttatt råstoff (Norges geologiske undersøkelse, 2017).

3 Case/materialer

Denne bacheloroppgaven omhandler forsterkningslaget i vegoverbygningen, hvor problemstillingen lyder som følger:

«Er det bærekraftig å øke utnyttelsesgraden av stedlige masser?»

For å kunne komme frem til en konklusjon på denne problemstillingen, er det nødvendig med en relevant situasjon som både tema og problemstilling kan kobles opp mot. Oppgaven trenger derimot ikke kobles inn mot et spesielt veganlegg, da problemstilling og tema kan gjøres gjeldene for flere veganlegg rundt om i landet.

Situasjonen er dermed slik:

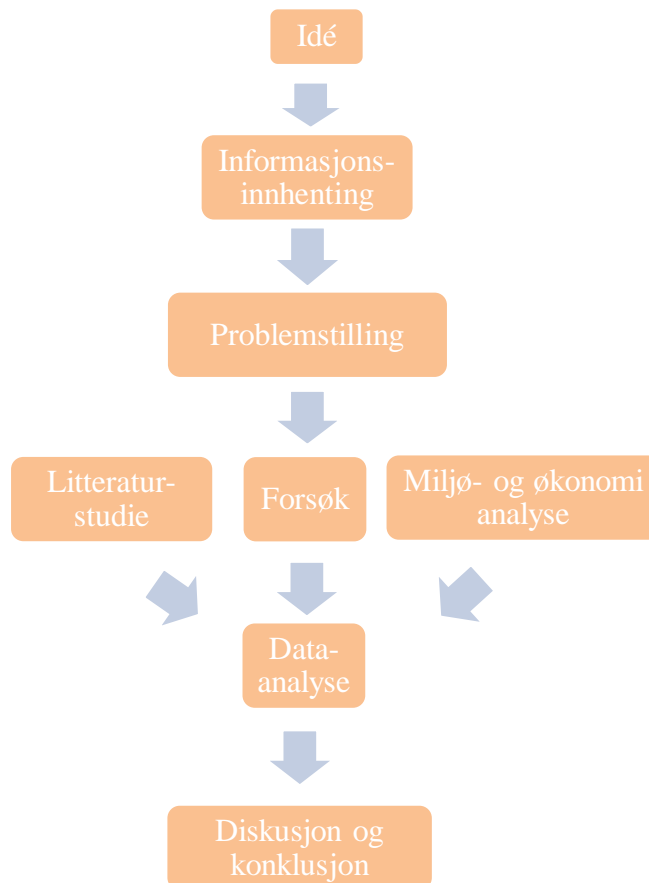
- ◆ Et veganlegg med tilhørende stedlige masser av varierende kvalitet i henhold til materialkravene til forsterkningslag i håndbok N200.
- ◆ Prosjektet tilknyttet til veganlegget innebærer oppføring av ny veg eller total renovering av eksisterende veg etter krav i håndbok N200.
- ◆ Veganlegget har en viss distanse til nærmeste pukkverk, og dermed et visst utslipp av CO₂-ekvivalenter tilknyttet transport av masser.

Metodene som er valgt for å kunne komme frem til en konklusjon på problemstillingen blir helhetlig fremstilt i kapittel 4 «Metode». Kapittelet inneholder relevant forskningsteori, utregningsmetoder og fremgangsmåte for tilhørende forsøk.

For å kunne gjennomføre bacheloroppgavens metode er det behov for utstyr/materialer, spesielt med tanke på forsøksdelen. Herunder er det behov for følgende punkter: Et begrenset område til å oppføre konstruksjonene, testede masser av ulik kvalitet i henhold til håndbok N200, anleggsmaskiner i form av gravemaskin, lastebil og vegvals, platebelastningsutstyr og innmålingsutstyr. Videre trengs det ikke sjåfører på maskinene eller geomatiker til innmåling, da bachelorgruppen utfører dette arbeidet selv. Til utregningsdelen trengs det ulike priser og et utregningsverktøy for CO₂-ekvivalenter, for å få en mest mulig nøyaktig økonomisk kalkyle og miljømessig analyse. Dette innebærer pris på lastebil, veghøvel og vegvals pr. time, antall CO₂-ekvivalenter pr. maskin pr. tid-/avstandsenhet, pris på masser av forsterkningskvalitet og pris på mobilt knuse- og sorteringsverk.

4 Metode

Dette kapitlet vil redegjøre for den metodiske arbeidsprosessen ved gjennomføring av denne bacheloroppgaven. Arbeidet med å avdekke oppgavens metode startet innledningsvis ved utarbeidelse av problemstilling på bakgrunn av en idé. Videre har prosjektplanen vært et godt planleggingsverktøy som har bidratt til innsikt i hva slags metode som er hensiktsmessig og relevant for videre gjennomføring. Arbeidsprosessen er grafisk fremstilt gjennom flytskjema i figur 22, hvor underpunktene vil bli utdypet videre i dette kapitlet.



Figur 21, Flytskjema, egenprodusert.

4.1 Utarbeidelse av problemstilling

Arbeidsprosessen med denne bacheloroppgaven startet med en idé om et tema innen anleggsbransjen som kunne være interessant å utforske. Denne ideen ble bearbeidet gjennom kontakt med fagpersoner innen anleggsbransjen og ved informasjonssøk på Internettet.

Gjennom veiledningsmøter med Hans Frøslid fra Hæhre Entreprenør AS og Ole Kristian Haug fra NTNU - ble ideen videreført til problemformuleringer, og avslutningsvis ledet til det første utkastet av problemstilling.

Ringdal (2013) hevder at problemstillinger i forbindelse med oppgaver, bør utformes på en slik måte at de er samfunnsmessig relevant. Det var dermed viktig for gruppen å prioritere at et viktig samfunnsmessig spørsmål kunne bli besvart gjennom problemstillingen. Videre anbefaler Ringdal å utarbeide en problemstilling som er både faglig interessant og som gir ny kunnskap (Ringdal, 2013). Fagområdet som omfatter bruken av stedlige masser er fortsatt mangelfull, og Miljødirektoratet jobber i dag med upubliserte vurderinger rundt massehåndtering (Samferdselsdepartementet, 2021a). Bachelorgruppen anser dermed at det er svært sannsynlig å frembringe ny og innovativ kunnskap.

Gjennom digital veiledning med Ole Kristian Haug fra NTNU har gruppen fått støtte i sin hypotese om at problemstillingen omfatter et interessant og dagsaktuelt tema. Videre i de to påfølgende underkapitlene vil det bli presentert hvilke retningsvalg denne bacheloroppgaven tar for å kunne besvare problemstillingen på best mulig måte.

4.1.1 Valg av overbygningslag

Hovedmodellen for en vegoverbygning består tradisjonelt sett av slitelag, bindlag, bærelag, forsterkningslag og frostsikringslag (Statens vegvesen, 2016b). I forbindelse med gjennomføring av denne bacheloroppgaven har det vært hensiktsmessig å avgrense omfanget av variabler i overbygningen. En slik avgrensing er gjennomført for å kunne bevare problemstillingen på best mulig måte. Testene som er tilgjengelig for bachelorgruppen på bakgrunn av tid og omfang gjør at forsterkningslaget har blitt valgt som variabel og gjenstand for undersøkelse. Forsterkningslaget har også blitt valgt fordi dette laget kan bestå av knuste steinmaterialer og fordi knust stein er det som i størst grad frembringes ved tunneldriving og sprengning (Statens vegvesen, 2016b).

4.1.2 Valg av hovedvariabler

Bacheloroppgavens problemstilling åpner for flere mulige innfallsvinkler. Underliggende variabler for problemstillingen er dermed viktig å presisere for leseren, det økonomiske- og miljømessige perspektivet. Dette er bacheloroppgavens hovedvariabler i forbindelse med forsterkningslaget i vegoverbygningen. Bachelorgruppen finner det interessant og relevant å se hvordan økt benyttelse av stedlige masser påvirker prosjektets kostnadsrammer og klimaavtrykk. Disse variablene skal sikre at problemstillingen møter Ringdals råd om å være nyskapende, interessant og samfunnsmessig relevant. Dette skal gjennomføres ved å se på et gitt antall reiseavstander for henting av masser og hva dette utgjør i klimagassutslipp og kostnader. Metode for gjennomføringen av den økonomiske kalkylen og klimagassregnskapet vil bli redegjort for under eget underkapittel.

4.2 Litteraturstudie

I denne bacheloroppgaven har det blitt gjennomført litteraturstudie på to forskjellige stadier. Det innledende litteraturstudie ble gjennomført som informasjonsinnhenting i forbindelse med idéstadiet, hvor det er spesielt aktuelt (Ringdal, 2013). Dette ble gjennomført for å få innspill og oversikt over temaet til utarbeidelse av problemstillingen. Hovedlitteraturstudiet ble gjennomført etter forankring av bacheloroppgavens problemstilling. Litteratursøkene har hovedsakelig blitt gjennomført via søkemonitorer på relevante statlige institusjoner som SVV, Regjeringen og andre departementer. Litteratur og teori som er omtalt i rapportens teoridel er direkte relevant for besvarelse av problemstillingen og utgjør oppgavens fundament. Denne delen av bacheloroppgaven forsøker å gi leseren en innføring i tema og den benyttes senere som referanse i rapportens diskusjonsdel.

4.3 Forsøk- og datainnsamling

Forsøk- og datainnsamlingen omfatter økonomisk- og miljømessig analyse, samt en forsøksdel ute på anlegg. Denne trianguleringen utgjør bacheloroppgavens metode for å kunne komme frem til en konklusjon på problemstillingen. De forskjellige metodene benytter ulike sett av inputdata og forutsetninger som omtales i dette kapittelet.

4.3.1 Kvalitativ og kvantitativ forskningsstrategi

Ringdal (2013) gir en kortfattet innføring i de to forskjellige forskningsstrategiene som benyttes innen samfunnsvitenskapelig forskning, kvalitativ- og kvantitativ forskningsstrategi.

Ringdal forklarer at kvalitativ forskningsstrategi er konstruert på den filosofiske antagelsen om at den sosiale verden er formet gjennom enkeltmenneskers handlinger. Ved bruk av denne forskningsstrategien ønsker forskeren å sette seg grundig inn informantens situasjon, gjerne ved observasjon, samtaleintervju og fokusgrupper. Dette gjennomføres for å finne nøkkelbegreper for å forstå informantenes handlinger eller situasjon. Søken etter mening og formålsforklaring er viktig for denne forskningsstrategien, og det legges vekt på nærhet til et fåtall studieobjekter (Ringdal, 2013).

En kvantitativ forskningsstrategi tar utgangspunkt i at de sosiale fenomenene er så stabile at det er meningsfylt å foreta målinger. Denne forskningsstrategien er gjerne teoristyrte, hvor forskeren har én eller flere hypoteser knyttet til forskjellige teoretiske perspektiver.

Variablene i denne forskningsstrategien blir sett på som målinger hentet ut fra den relevante teorien. Årsaksforklaringer er viktig for denne forskningsstrategien, som går i bredden ved at den sammenligner informasjon fra et stort utvalg (Ringdal, 2013).

Denne bacheloroppgaven vil benytte flere metoder for data- og informasjonsinnhenting. En slik tilnærming til samfunnsvitenskapelig forskning beskriver Ringdal som flermetodedesign, også kalt triangulering. En slik tilnærming er ganske vanlig å finne i dag. Ringdal beskriver at hovedfokuset bør være på problemstillingen og at de to forskjellige forskningsstrategiene bør ses på som komplementære snarere enn motsetninger. I arbeidet med besvarelse av problemstillingen i denne bacheloroppgaven, vil resultatet kunne fremstå som mangelfullt dersom triangulering ikke ville vært mulig.

Intervju

Denne bacheloroppgaven gjennomføres som det Ringdal (2013) omtaler som triangulering. For å understøtte forsøk og litteratursøk vil bachelorgruppen gjennomføre et mindre antall samtaleintervjuer fra kvalitativ forskningsstrategi. Ringdal (2013) beskriver at hovedformålet med denne metoden er å innhente informasjon, snarere enn måling av teoretiske variabler. Informantene ønskes intervjuet på bakgrunn av livserfaring og kunnskap de besitter, og Ringdal (2013) hevder at én informant er tilstrekkelig i forbindelse med f.eks. arbeidsprosesser (Ringdal, 2013). Disse samtaleintervjuene vil bli avholdt med fagpersoner fra anleggsbransjen på bakgrunn av deres kompetanse og arbeidserfaring.

Informanter:

1. Jan Lima, prosjektleder, Hæhre Entreprenør AS
2. Tor Bjørnsen, anleggsleder, Hæhre Entreprenør AS
3. Knut Olav Hermanrud, anleggsleder, Hæhre Entreprenør AS

Intervjuguide

Etter anbefaling fra Ringdal (2013) vil det bli stilt det samme spørsmålet til alle informantene. Dette gjøres for å kunne sammenligne svarene og på den måten vil det oppnå større grad av validitet for videre bruk. Spørsmålsformuleringen er som følger:

1. Hva er anslått timebruk på bygging av forsterkningslag med følgende dimensjoner?: 9 m bredde, 1000 m lengde og en tykkelse på 33 cm som legges ut med høvel.

4.3.2 Økonomisk kalkyle

Et sentralt tema innen vegbyggingen er økonomi, da det ønskes en så kostnadseffektiv veg som mulig uten at det går utover kvaliteten. Dette medfører en «dragkamp» hvor byggherre ønsker å presse prisene så langt ned som mulig, og entreprenøren ønsker å tjene så mye penger som mulig. Det kommer derimot alle parter til gode dersom man finner løsninger som både fremmer effektivitet og kostnadsbesparelse. Dette fordi entreprenør kan bli fortere ferdig og dermed igangsette nye arbeidere, mens byggherre får en billigere løsning.

Økonomi er også en sentral del av denne bacheloroppgaven, dette fordi økonomisk fortjeneste kan være en motivasjon for bedre utnyttelse av stedlige masser. Derfor ønsker bachelorgruppen å utføre en økonomisk kalkyle om benyttelse av stedlige masser til forsterkningslag. Det ønskes å kartlegge besparelser både ved redusert timebruk på lastebiler og reduksjon av mengden innkjøpte kvalitetsmasser. Dette medfører at gruppen må innhente informasjon om priser og ta ulike faktorer til betraktning. Materialvalg og andre faktorer må tilfredsstillende kravene i håndbok N200, NS 13242 og NS 13285 slik at kalkylen blir mest mulig lik en reel situasjon.

Microsoft-Excel vil bli benyttet til å utforme den økonomiske kalkylen, ved bruk av dette programmet vil det være enklere å endre parameterne dersom det skulle vise seg å bli nødvendig. Kalkylen vil bestå av ulike inputdata og intervallfaktorer, hvor de faktorene som presenteres i intervall er avstand til pukkverk og dimensjoneringsbredden. De faste input dataene vil være som følger:

- Prissetting på maskiner, masser og knuse- og sorteringsverk.
- Forsterkningslagets timeverk og lastebilenes kapasitet og tidsbruk pr. lass.
- Lengde på vegstrekningen og forsterkningstykkelse.
- Gjennomsnittshastighet til pukkverk og knuse- og sorteringsverk.
- Avstand til mobilt knuse- og sorteringsverk.

Betingelser for benyttelse av stedlige masser

Dersom stedlige masser skal benyttes til forsterkningslag må de i utgangspunktet tilfredsstille de materialkravene som kreves. Det kan derimot være mulig å konferere med byggherre om bruk av de stedlige massene, dersom de er av litt dårligere kvalitet enn kravene som ønskes. Betingelsene for å kunne bruke stedlige massene av begrenset kvalitet må være at de fortsatt oppfyller krav om korngradering, som til en viss grad kan styres ved kontrollert knusing av materialene. Begrensningene til materialene vil da være de mekaniske egenskapene, testet ved Los Angeles- og Micro-Deval-metoden. Kravene til Los Angeles-verdi og Micro-Deval-koeffisient varierer ut ifra materiale og trafikkgruppe. Hvor kravene for steinmaterialer som er relevant å benytte i denne bacheloroppgaven er:

- LA-verdi ≤ 40 for trafikkgruppe A og ≤ 35 for trafikkgruppe B, C, D, E og F (Statens Vegvesen, 2018c).
- Micro-Deval-koeffisient ≤ 25 for trafikkgruppe A og ≤ 20 for trafikkgruppe B, C, D, E og F (Statens Vegvesen, 2018c).

De stedlige massene bør ikke avvike for mye fra kravene, da dette med høyest sikkerhet vil bety redusert bæreevne og bestandighet. Tiltaket for å kunne benytte de stedlige massene kan da være å øke tykkelsen på forsterkningslaget, det presiseres igjen at dette må konfereres med byggherre og godkjennes før eventuell gjennomføring.

Tiltaket med økt tykkelse på forsterkningslaget må tas hensyn til i kalkylen, da økt tykkelse vil føre til økt timeverk. I utgangspunktet vil faktoren bli tatt hensyn til ved benyttelse av antagelser, men dersom det fysiske forsøket som gjennomføres i forbindelse med bacheloroppgaven gir gruppen holdbare resultater vil de benyttes. Dette medfører at gruppen antar en økning på 50 % i tykkelse ved benyttelse av stedlige masser av begrenset kvalitet, som gir en videre antagelse angående timebruket. Timebruket antas å være 50 % høyere ved benyttelse av stedlige masser enn ved bruk av kvalitetsmasser for høvel og vals. Timeantallet vil ikke være en hundre prosent virkelighetsnær tilnærming da det vil variere ut ifra mannskap og forutsetninger.

Prissetting maskiner og mannskap

Maskiner inkludert mannskap er en faktor som må inkluderes i kalkylen, siden det antas høyere timeantall på utlegging av forsterkningslag med stedlige masser enn utlegging med kvalitetsmasser fra pukkverk. Prissettingen på maskiner kan være varierende for de ulike veganlegg, gitt om maskiner og mannskap er innleid eller ikke og om forhandlingsevne knyttet til eventuell innleie.

Gruppen trenger priser på høvel, vals og lastebil inkludert mannskap. Dette representerer maskinparken som er nødvendig og utgjør differansen relatert til kostnader i kalkylen. Til utlegging kan det også benyttes bulldoser og gravemaskin, men det velges å gå ut ifra at høvel benyttes. Valsen trengs for komprimeringsdelen og det opereres med samme timeantall som ved høvel, selv om effektiv timebruk vil være lavere. Valgte lastebiltype er 3-akslet med dumperpåbygg, som har en maksimal lastekapasitet på cirka 11 m³ (Scania Norge, 2021b).

Grunnlaget for å benytte 3-akslet lastebil i kalkylen er at denne lastebiltypen er den rimeligste, samtidig som den er allsidig. Siden det ikke vil være forsvarlig å laste planet helt fullt, reduseres lastekapasiteten i kalkylen til 9 m³. Det kunne også vært hensiktsmessig å inkludere pris og timeverk på traktor med vanningsanlegg, men kostnadsdifferansen anses som for liten til å kunne inkluderes i kalkylen.

I kalkylen benyttes veiledende priser på maskin inkludert sjåfør fra Hæhre Entreprenør AS ved prosjektet Blakset- og Flotunnelen i Stryn, prisene er inkludert moms og satsen er pr. time. Disse prisene er konkurransedyktige og vil være noenlunde i samme segment som priser benyttet hos andre entreprenører.

Maskintype:	Pris:
Høvel	1500 kr/t, inkl. Mannskap
Vals	1000 kr/t, inkl. Mannskap
3-Akslet lastebil	1250 kr/t, inkl. Mannskap

Tabell 4, Pris på maskiner, Hentet fra vedlegg 5.

Avstandsfaktor og gjennomsnittshastighet

Avstanden til pukkverk vil variere fra anlegg til anlegg. Det er også mulig for entreprenør å velge andre pukkverk enn det som ligger nærmest anleggsplassen, avhengig av kontrakter og prising. Dette skaper dermed ulike besparelser i sammenheng med reiseveg og timeantall på lastebil. For at den økonomiske kalkylen skal være relevant på anleggsplasser rundt om i hele landet, må avstanden presenteres i intervall. Denne utfordringen løses ved å bruke følgende faste avstander: 10 km, 20 km, 30 km, 40 km og 50 km. Ved bruk av disse intervallene vil avstand til pukkverk være representert for de fleste anlegg i Norge.

Kalkylen tar utgangspunkt i en fast avstand til mobilt knuse- og sorteringsverk, denne blir satt til 5 km. Gruppen ser på denne avstanden som reel, da plassering av mobilt knuse- og sorteringsverk burde planlegges slik at avstanden til massenes bruksområde er så kort som mulig.

Siden kalkylen ikke baseres på en bestemt situasjon, men heller generell kostnadsbesparelse ved benyttelse av stedlige masser kan ikke gruppen forutse fartsgrenser til pukkverk for alle anlegg. Det benyttes derfor en gjennomsnittshastighet på 50 km/t for lastebilene til og fra pukkverk. Gjennomsnittshastigheten som benyttes for lastebilene som henter masser fra mobilt knuse- og sorteringsverk blir satt til 30 km/t, som er fastsatt fartsgrense ved prosjektet Blakset- og Flotunnelen. Gjennomsnittshastigheten vil bli brukt videre til å beregne tidsbruk for lastebiler, hvor det også blir tatt hensyn til laste- og lossetid ved å legge til 10 minutter ekstra tidsbruk pr. lass.

Mengde forsterkningsmaterialer

Mengden forsterkningsmaterialer som behøves avhenger av flere ulike faktorer. Den første faktoren er hva slags dimensjoneringsklasse vegen bygges i, som igjen avhenger av vegtype, fartsgrense, sikt og ÅDT. Dimensjoneringsklassen på vegen fastsettes i planprosessen, hvor det deles inn i hovedveger og lokale veger (Statens vegvesen, 2019a).

Tabell C.3: Oppsummering av standardkrav for ulike dimensjoneringsklasser

	H1	H5	H3	Hø1	Hø2	Lokale veger	Øvrige lokalveger
Vegtype	H/Hø	H/Hø	H/Hø	Hø	Hø	L1	L2
ADT	< 6'	6'-12'	> 12'	< 4'	< 12'	< 1,5'	< 300
Fartsgrense [km/t]	80	90	110	80	60	80 / 60	50
Tverrprofil [m]	9	12,5	23	7,5	7,5	7,5	3,5-4,5
Skulder 1 [m]	1	1,5	2,75	0,75	0,75	0,5	0,5
Kjørefelt 1 [m]	3,25	3,5	3,5 / 3,5	3	3	2,75	3,5
Indre skulder 1 [m]		0,5	0,75				
Skille kjøreretninger [m]	0,5 FM	1,5 MR	2 MR				
Indre skulder 2 [m]		0,5	0,75				
Kjørefelt 2 [m]	3,25	3,5	3,5 / 3,5	3	3	2,75	
Skulder 2 [m]	1	1,5	2,75	0,75	0,75	0,5	0,5

Figur 22, Utklipp av tabell C.3, s.32 N100, (Statens vegvesen, 2019a).

H står for nasjonale hovedveger, Hø står for øvrige hovedveger og andre veger, mens L står for lokale veger (Statens vegvesen, 2019a). Tverrprofilen angir den totale bredden på konstruksjonen, og dermed også bredden på forsterkningslaget for de ulike vegtypene. Det kunne blitt valgt et gitt scenario med kun en dimensjoneringsklasse for å fullføre kalkylen, men for å få en kalkyle som sikter seg inn mot samtlige klasser presenteres bredden i intervall. Det vil da bli seks trinn, hvor alle dimensjoneringsklassenes bredde vil bli representert. For å ta komplett hensyn til vegtype L2 vil en tverrprofil på både 3,5 m og 4,5 m bli benyttet, sammen med tverrprofilen til de resterende vegtypene.

Den andre faktoren det må tas høyde for er lengden på vegstrekningen. Denne kan igjen fastsettes på flere ulike måter, både i intervall og en fastsatt lengde. Lengden veges derimot å settes til 1000 m, slik at kalkylen gir eventuell besparelse pr. 1000-meter veg. Dette vil gi en mer virkelighetsnær kalkyle, ved at det tas hensyn til anlegg med mindre mengde stedlige masser. Dersom lengden skulle bli satt til 10 000 meter, ville det medført en vesentlig større mengde stedlige masser til forsterkningslaget.

Den siste faktoren som behøves for å bestemme mengden forsterkningsmateriale er tykkelsen på forsterkningslaget, som fastsettes ut ifra håndbok N200. Tykkelsen dimensjoneres etter materialtype i undergrunnen og trafikkgruppe, som beskrevet i kapittel 2.3. Håndbok N200 presenterer et dimensjoneringsverktøy for forsterkningslag ved figur 533.1 på side 156, hvor minste lagtykkelse er satt til 30 cm. Den er basert på en lastfordelingskoeffisient på 1,0, og dersom materialet som benyttes har en annen lastfordelingskoeffisient må denne ganges med lagtykkelsen.

Pukk, kult og samfengt knust berg er de mest allsidige forsterkningsmaterialene, da de kan bli brukt i forsterkningslaget for samtlige trafikkgrupper (Statens Vegvesen, 2018c). Nevnte materialtyper blir dermed naturlige valgalternativer i kalkylen og medfører en lastfordelingskoeffisient på 1,1. Det vil gi en minimums lagtykkelse på 33 cm, som også blir valgt tykkelse i kalkylen. Grunnlaget for dette valget er at jo mindre lagtykkelse som oppgis, desto mindre blir besparelsene. Dermed reduseres sjansen for at resultatene fra kalkylen blir kunstig høye.

Mengden forsterkningsmaterialer som behøves har enhet kubikk, mens pris på masser oppgis i enhet tonn. Dette medfører at det må foretas en utregning slik at både pris og mengde oppgis i samme enhet, gruppen vil ha kubikk som enhet. Dette løses ved Franzefoss sin «Tonnkalkulator», denne gir et forholdstall på 1,55: 1 kubikk med 22/125 tilsvarer 1,55 tonn. Franzefoss beskriver dette som «veiledende volum i løs vekt, før komprimering», som betyr at behovet kan variere. Løsningen på dette er å legge til ytterligere 200 m³ til mengden materiale som blir kalkulert i Excel-arket, slik at behovet blir dekket (Franzefoss, 2020).

Eksempel på nødvendig mengde forsterkningsmaterialer:

- Tverrprofil på 9 meter
- Lengde på 1000 meter
- Tykkelse på 0,33 meter
- Sikkerhetsmargin på 200 m³
- $9 \text{ m} * 1000 \text{ m} * 0,33 \text{ m} + 200 \text{ m}^3 = 3170 \text{ m}^3$ forsterkningsmaterialer nødvendig.

Prissetting forsterkningsmaterialer

En prisundersøkelse av materialtypene pukk, kult og samfengt knust berg viser at kult i riktig sortering er det rimeligste alternativet. Dermed faller valget av forsterkningsmaterialet på kult i dimensjon 22/125, dette for at prisforskjellen mellom materialet i kalkylen og ved virkelige anlegg skal gape minst mulig.

Prisen på kult 22/125 hentes ut fra Franzefoss AS sitt pukkverk på Vinterbro, den er satt til 125 kr/tonn eks. Merverdiavgift og uten levering (Franzefoss, 2021). Med omregningsfaktoren på 1,55 og inkludert merverdiavgift gir dette en pris på 242,19 kr/m³.

Prissetting mobilt knuse- og sorteringsverk

Dersom et veganlegg har vesentlige mengder stedlige masser er det hensiktsmessig å benytte et mobilt knuse- og sorteringsverk. Ved å etablere knuse- og sorteringsverk på anlegget slipper entreprenør å frakte ubehandlet stein til pukkverk, for å så hente knuste masser ved en senere anledning. Dette kan løses på ulike måter, deriblant innleie av maskiner og mannskap eller innkjøp av maskiner og stå for driften selv. Uansett valg må anlegget ha tilstrekkelig plass til både knuse- og sorteringsverket og massene som produseres.

Prisen som benyttes i kalkylen hentes fra Vinsrygg Maskin AS, som er et entreprenørfirma med base i Stryn. Dette er en listepriis og dermed nødvendigvis ikke ferdig forhandlet pris, dersom et entreprenørfirma skulle vise interesse. Prisen Vinsrygg Maskin oppgir er på 23 kr/tonn, som utgjør 35,65 kr/m³ ved benyttelse av Franzefoss sin omregningsfaktor på 1,55.

Intervjuobjekt-Vinsrygg maskin AS	Pris
Jens Vinsrygg, Daglig leder	23 kr/tonn = 35,65 kr/m ³

Tabell 5, Pris mobilt knuse- og sorteringsverk, hentet fra vedlegg 3.

Timeverk maskiner og mannskap

Timeverket på oppbygningen av forsterkningslaget er en relevant faktor i kalkylen, siden det vil forekomme høyere timeantall ved benyttelse av stedlige masser. Det tas forbehold om tykkere forsterkningslag ved benyttelse av stedlige masser av begrenset kvalitet, noe som resulterer i mer arbeid og dermed økt timebruk.

Det er derimot vanskelig å oppgi korrekt timeverk for oppføring av forsterkningslaget, fordi timeantallet vil variere i reelle situasjoner. Derfor har denne faktoren begrensninger, ved at realitetens timebruk hos de forskjellige veganlegg vil variere ut ifra verdien som blir satt i kalkylen. Gruppen har også tatt forutsetninger med at arbeidsverket er i flyt, altså at det er lite ventetid på lasting og tipping for lastebiler. Samtidig som høvelen holder følge med lastebilene og komprimeringsarbeidet ikke stagnerer utleggingen.

Timeverket som blir satt i kalkylen vil bli løst ved intervjuer av fagpersoner. Dette vil gi et antatt timeantall på oppføring av forsterkningslag med tykkelse 33 cm, ved bruk av knuste steinmaterialer. Tre fagpersoner fra Hæhre vil bli intervjuet, og stilt spørsmål om antatt timeverk på forsterkningslag med dimensjoneringsbredde på 9 meter, lengde på 1000 meter og tykkelse på 33 cm ved bruk av høvel. Ved å bruke tre forskjellige kilder kan gruppen få et mest mulig virkelighetsnært timeantall, hvor snittet av de tre antagelsene vil bli benyttet.

Intervjuobjekt:	Antatt timeverk, Dim.klasse H1:
Jan Lima	41 timer
Tor Bjørnsen	50 timer
Knut Olav Hermanrud	52 timer

Tabell 6, Antatt timeverk, hentet fra vedlegg 2.

Timeverksestimat som blir benyttet i kalkylen: $\frac{41+50+52}{3} t = 47,67 t \approx 48 \text{ timer}$

Videre trengs det en timeverksverdi for de andre dimensjoneringsklassene, da 9 meters dimensjoneringsbredde kun representerer klasse H1. Det velges å løse dette matematisk ved bruk av forholdstall, som multipliseres med tidsestimatet for H1 i Excel-arket:

$$\rightarrow \text{H3: } \frac{23m}{9m} = 2,556$$

$$\rightarrow \text{H5: } \frac{12,5m}{9m} = 1,389$$

$$\rightarrow \text{H}\emptyset\text{1, H}\emptyset\text{2 og L1: } \frac{7,5m}{9m} = 0,833$$

$$\rightarrow \text{L2 \text{Øvre og nedre: } \frac{4,5m}{9m} = 0,500 \text{ og } \frac{3,5m}{9m} = 0,389}$$

4.3.3 Miljøanalyse

Det kan ikke lengre hevdes at miljø- og klimautfordringer er et nytt og ukjent fenomen. Ved gjennomføring av denne bacheloroppgaven med tilhørende problemstilling, vil det være interessant og høyst aktuelt å inkludere én miljøanalyse. Samferdselsdepartementet bekrefter dette gjennom hovedmålsettingen for transportsektoren, omstilling til lavutslippssamfunnet (Meld. St.(2016-2017), 2017). Det er åpenbart utfordrende å legge føringer og tiltak for en omfattende sektor som transportsektoren, gjennom én plan. Dette styrker bachelorgruppens søken etter svar på miljømessige tiltak som kan bidra til omstillingen, ved besvarelse av problemstillingen.

Klimagassregnskap

Bachelorgruppen ønsker å utarbeide en form for egenprodusert klimagassregnskap i forbindelse med økt benyttelse av stedlige masser i forsterkningslaget. Et slik regnskap kan utvikles på mange måter, og i denne bacheloroppgaven har det blitt gjennomført med inspirasjon fra «scope 1» med en tilnærming som er gjennomførbar. Dette regnskapet vil gi et bilde av endringen i klimagassutslipp på bakgrunn av redusert reiseavstand for massetransport. Økt klimagassutslipp som følger av større timeverk på høvel og vals, vil derimot forekomme som et resultat ved økt utnyttelse av stedlige masser.

For å fremstille bacheloroppgavens klimagassregnskap, blir Microsoft-Excel regnearkene «*Lastebil og varebil – teknologi og kjørelengde*» og «*Anleggsmaskiner – drivstoffendring*» benyttet. Disse regnearkene er utarbeidet av miljødirektoratet og ligger publisert på direktoratets nettsider med siste oppdatering i juni 2020. Regnearkene er utarbeidet med tre faner og består av: tiltaksberegning, metode og bakgrunnsdata, og versjonslogg (Miljødirektoratet, 2021a). Regnearkene vil kun bli benyttet for utregning, dokumentasjon og fremstilling av resultater vil bli presenterte i egenproduserte tabeller. Regnearkene vil bli benyttet separat, avslutningsvis vil resultatene presenteres som et samlet produkt av begge regnearkene.

Avgrensing

For gjennomføring av et slik klimagassregnskap vil det være hensiktsmessig å gjøre avgrensinger som gjelder for bruk av begge overnevnte regneark. Avstandene til pukkverk som benyttes vil være de samme avstandene som i den økonomiske kalkylen: 10 km, 20 km, 30 km, 40 km og 50 km. Det samme gjelder dimensjonene på vegen som benyttes i denne metoden. Utrekningene gjøres for bygging av en vegstrekning på 1000 m for følgende dimensjoneringsklasser: H3, H5, Hø1 Hø2 og L1, L2 øvre, L2 nedre. Analysen tar de samme forutsetninger som økonomikalkylen angående: mengde masser, maskinpark og timeverk.

Utrekning av CO₂-ekvivalenter for mertid ved bruk av vals og høvel

Miljødirektoratet beskriver at hensikten med regnearket «*Anleggsmaskiner – drivstoffendring*» er å beregne effekten av tiltak som medfører endring av mengde fossilt drivstoff til anleggsmaskiner (Miljødirektoratet, 2021a). Dette regnearket vil i bacheloroppgaven bli benyttet for å beregne klimagassutslippet ved økt bruk av høvel og vals i forbindelse med benyttelse av stedlige masser.

$$\rightarrow \text{Utslipp} = \text{aktivitetsnivå} * \text{utslippsfaktor}$$

Aktivitetsnivået for dette tiltaket er angitt som dieselbruk ved anleggsmaskiner.

Utslippsfaktoren som benyttes er en standardfaktor hentet fra det nasjonale utslippsregnskapet. Denne faktoren er beregnet etter et gjennomsnittlig utslipp fra dieseldrevne anleggsmaskiner som benytter avgiftsfri diesel. Faktoren tar hensyn til alder, flere motorstørrelser, belastning og driftstimer (Miljødirektoratet, 2021a).

En sentral del ved bruk av regnearket «*anleggsmaskiner – drivstoffendring*» er å avdekke maskinenes dieselbruk. For å regne ut dieselbruk av denne mertiden, har det blitt benyttet timeverk fra den økonomiske kalkylen og gjennomsnittlig dieselbruk pr. time. Det gjøres antagelser om at det vil være like mye driftstid på begge maskinene, selv om det vil være mer effektiv bruk av høvel. Følgende dieselforbruk legges til grunn for analysen:

- ◆ Gjennomsnittlig dieselforbruk for CAT 140M3 veghøvel per time: 12 liter (Pon Equipment og Pon Rental AS, 2021).
- ◆ Gjennomsnittlig dieselforbruk for CAT CS66B vegvals per time: 10 liter (Pon Equipment og Pon Rental AS, 2021).

Første mellomregning ved bruk av dette regnearket vil dermed være å multiplisere mertiden ved bruk av de stedlige massene med gjennomsnittlig dieselforbruk pr. time. Dette vil føre til det totale dieselforbruket for mertiden, som igjen føres inn i miljødirektoratets regneark for å avgjøre hva dette utgjør i CO₂-ekvivalenter i tonn.

Utrekning av CO₂-ekvivalenter for reiseavstand til pukkverk

Miljødirektoratet beskriver i fanen for tiltaksberegning at hensikten med regnearket «*Lastebil og varebil – teknologi og kjørelengde*» er å beregne miljøeffekten av endring i antall kjørte kilometer med lastebil (Miljødirektoratet, 2021a). Dette regnearket vil i bacheloroppgaven bli benyttet for å beregne effekten av avstands-intervallene mellom veganlegg og pukkverk, og hva dette utgjør i CO₂-ekvivalenter.

$$\rightarrow \text{Utslipp} = \text{kjørelengde} * \text{utslippsfaktor}$$

Første intervall på 10 km vil representere det intervallet hvor det benyttes stedlige masser og hvor det medfører ekstra klimagassutslipp på bakgrunn av mertid med høvel og vals. De resterende avstandene: 20 km, 30 km, 40 km og 50 km, vil det tas høyde for at massene som hentes er kvalitetsmasser med tilhørende antall lass. Disse avstandene vil ikke medføre ekstra tid med høvel og vals, og har dermed ingen ekstra klimagassutslipp som følger av mertid ved anlegget.

Det er innledningsvis behov for å vise til en fremstilling over differansen for antall lass med stedlige masser og antall lass med kvalitetsmasser. Dette gjøres for å tydeliggjøre hvor mange lass som benyttes til videre utregning for henholdsvis 10 km og for resterende avstander som forklart i foregående avsnitt.

Det første steget av tiltaksberegningen i regnearket, er å avgjøre kjøretøytypen som beregningen skal gjelde for. Deretter hvilken euroklasse kjøretøyet tilhører og hvilken vektklasse som er gjeldende. For vektklasse skal gjennomsnittlig last også inkluderes (Miljødirektoratet, 2021a). Kjøretøyet som benyttes er av samme type som benyttes til massetransport ved prosjektet Blakset- og Flotunnelen. Lastebilen som benyttes i miljøanalysen er dermed en 3-akslet lastebil av typen Scania G-serie, som tilhører euroklasse 6 (Scania Norge, 2021a).

En slik lastebil varierer i vekt etter utstyrsnivå og motorvolum. Lastebilen som var tilgjengelig for bachelorgruppen ved forsøket hadde en egenvekt på 15 tonn. Et gjennomsnittlig lass for en slik lastebil er på 9 m³, og med en omregningsfaktor på 1,55 vil et fullt lass med kult 22/125 veie 13,95 tonn. Dette medfører at lastebilen vil være i vektclassen 7,5-20 tonn med tom kasse og i vektclassen over 20 tonn med full kasse. Denne vekten ble dermed benyttet i miljøanalysen for å oppnå et så virkelighetsnært scenario som mulig.

Ved bruk av dette regnearket må det dermed gjennomføres to separate utregninger for hver gang det hentes masser. Én utregning hvor vektclassen regnes ut ifra tom kasse, og én med gjennomsnittlig last. Dette fremgår i tabellene for hver enkelt avstand til pukkverk, hvor totalen også er summert i siste kolonne.

Utslippsfaktoren har miljødirektoratet hentet fra «*Handbook of emission factors*», som er en internasjonal database med utslippsfaktorer fra vegtrafikk. Faktoren er basert på et gjennomsnittlig utslipp fra det gitte kjøretøyet ved norske vegforhold (Miljødirektoratet, 2021a).

4.3.4 Forsøk

Gruppen ønsker å utføre et forsøk om benyttelse av stedlige masser, for å få en mest mulig plausibel konklusjon på problemstillingen. Forsøket må være såpass snevert at det er mulig både å gjennomføre og å få resultater innen en kort periode. Siden dette er en bacheloroppgave med relativt lite tidsomfang, vil det ikke være mulig å utføre store forsøk med komplett vegoverbygning og belastning over tid. Dette medfører at forsøket gruppen gjennomfører ikke vil gi et fullverdig resultat, men heller en indikasjon. Denne indikasjonen kan gi grunnlag for om videre forskning innenfor feltet er hensiktsmessig.

Forsøket blir gjennomført i Stryn på prosjektet Blakset- og Flotunnelen, som utføres av Hæhre Entreprenør AS på oppdrag av Vestlandet fylkeskommune. Estimert tidsbruk på gjennomføring er satt til cirka én måned og forsøket er delt inn i fire faser:

1. Planleggingsfase: Bestemmelse av testeområde og generelle forberedelser.
2. Byggefase: Oppføring av tre forskjellige vegkonstruksjoner.
3. Belastningsfase: Konstruksjonene belastes over tid.
4. Testfase: Test av lagenes bæreevne ca. én måned etter byggefase.

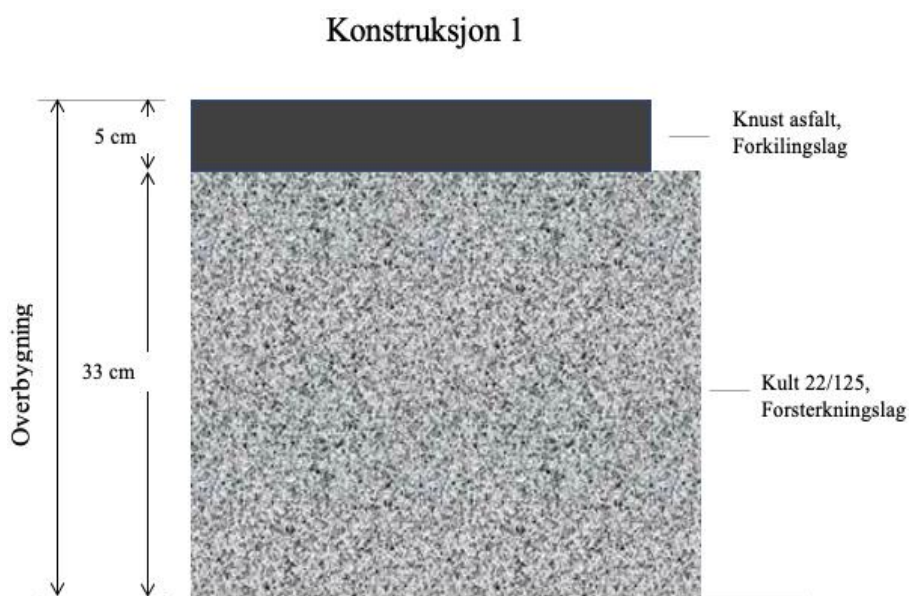
Dette vil bli gjennomført etter krav i håndbøkene til SVV og tilhørende standarder.

Forsøket vil bestå av tre forskjellige vegoppbygninger, hvor bæreevnen er i fokus. Det ønskes å finne ut om bæreevnen på forsterkningslaget er like bestandig ved benyttelse av masser med ulik kvalitet, hvor tiltaket er å øke forsterkningstykkelsen.

Tre forskjellige vegkonstruksjoner

Det vil bli bygd opp tre forskjellige konstruksjoner, bestående av forsterkningslag og et forkilingslag som fungerer som dekke. Konstruksjonene vil bli plassert på rekke, med en bredde på 4 meter og lengde på 8,5 meter. Variasjonene i konstruksjonene vil være tykkelse på forsterkningslag og materialkvalitet. Alt materiale til forsterkningslag vil bestå av 22/125 kult av forskjellig kvalitet, mens forkilingslaget vil bestå av knust asfalt.

Vegkonstruksjon nummer én vil konstrueres med de massene av best kvalitet, som vil si lavest Micro-Deval-Koeffisient og Los Angeles-verdi. Konstruksjonen vil bestå av et forsterkningslag på 33 cm, som tilsvarer minste tykkelse ved bruk av knuste steinmaterialer og et forkilingslag på 5 cm. Materialene som benyttes til forsterkningslaget er kult 22/125, mens forkilingslaget vil bestå av knust asfalt.



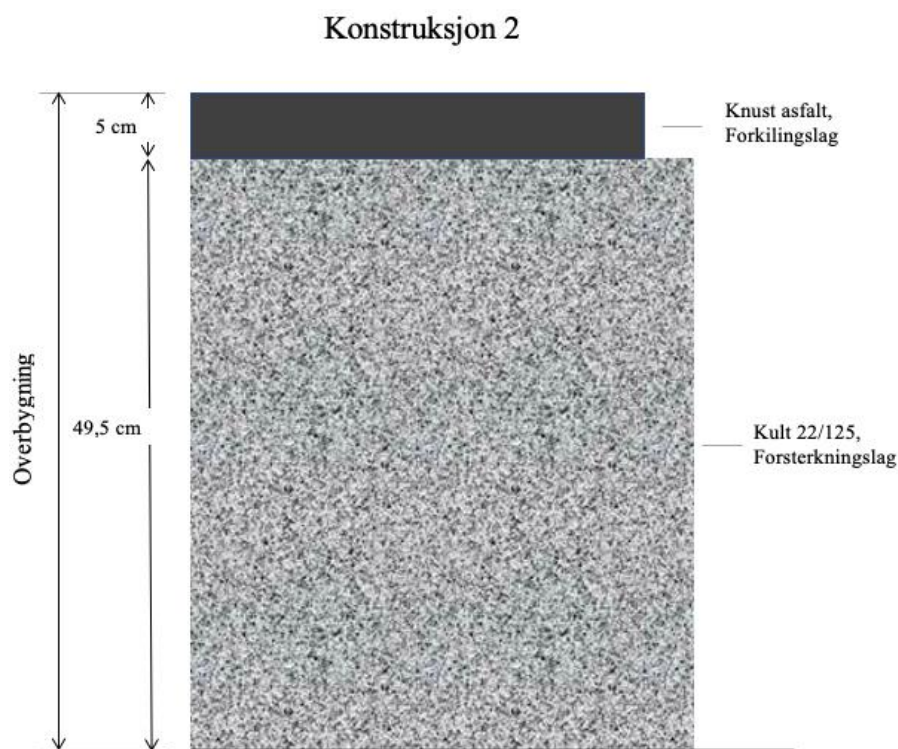
Figur 23, Enkel tegning av konstruksjon 1, egenprodusert.

Massenes testresultater, Labtest AS:

Mekaniske egenskaper:					
Los Angeles-verdi	15				
Micro-Deval-koeffisient	8				
Siktedata:					
Sikt	11,2	22,4	63	125	180
% passert	1,7%	3,8%	43,1%	94,1%	100%

Tabell 7, Testresultater Labtest AS, hentet fra vedlegg 4.

Den andre konstruksjonen vil bestå av et forsterkningslag av masser med noe dårligere mekaniske egenskaper og likt forkilingslag som konstruksjon nummer én. Massene er tidligere hentet ut fra Blaksetunnelen og blitt testet ved Los-Angeles- og Micro-Deval-metoden. Tykkelsen på forsterkningslaget vil bli økt med 50 %, det medfører en forsterkningstykkelse på 49,5 cm.



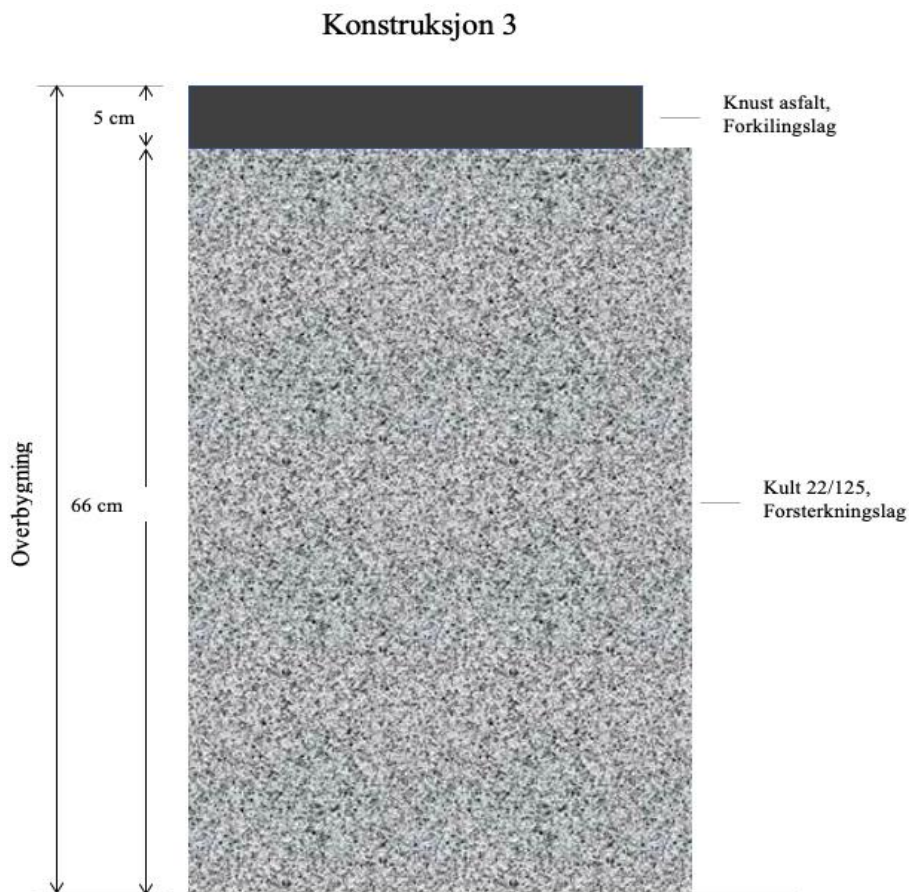
Figur 24, Enkel tegning av konstruksjon 2, egenprodusert.

Massenes testresultater, Labtest AS:

Mekaniske egenskaper:					
Los Angeles-verdi	16				
Micro-Deval-koeffisient	10				
Siktedata:					
Sikt	11,2	22,4	63	125	180
% passert	1,1%	5,6%	39,8%	87,2%	100%

Tabell 8, Testresultater Labtest AS, hentet fra vedlegg 4.

Den siste konstruksjonen vil bestå av samme materiale som konstruksjon nummer to, det vil si kult av noe dårligere kvalitet til forsterkningslag og likt forkilingslag. Den eneste forskjellen er at forsterkningstykkelsen økes med 100 %, sammenliknet med konstruksjon nummer én. Det vil gi en forsterkningstykkelse på 66 cm.



Figur 25, Enkel tegning av konstruksjon 3, egenprodusert.

Massenes testresultater, Labtest AS:

Mekaniske egenskaper:					
Los Angeles-verdi	16				
Micro-Deval-koeffisient	10				
Siktedata:					
Sikt	11,2	22,4	63	125	180
% passert	1,1%	5,6%	39,8%	87,2%	100%

Tabell 9, Testresultater Labtest AS, hentet fra vedlegg 4.

Testeområde

Testingen vil som skrevet foregå på Hæhre Entreprenør AS sitt anlegg i Stryn, hvor datoen for gjennomføring er satt til 22. mars 2021. Anlegget er i all hovedsak et tunnelanlegg, dette medfører stedlige masser og er dermed en god lokasjon for utføring av forsøket.

Konstruksjonene vil bli oppført på anleggsvegen som leder inn til Flo-tunnelens østlige portal. Grunnlaget for denne plasseringen er at knuse- og sorteringsverket er plassert rett ved anleggsvegen, noe som fører til mindre bruk av ressurser. Samtidig vil plasseringen medføre belastning på konstruksjonene over testperioden, fordi anleggsvegen benyttes av alle kjøretøy inn i tunnelen fra østlig side.

Testingen forutsetter lik undergrunn og underliggende masser for konstruksjonene. Dette blir tatt hensyn til ved valgte lokasjon, hvor underliggende masser består av sprengt tunnelstein.

Gjennomføring

Gjennomføringen vil foregå på følgende måte:

- 1) Grave ut gamle masser i området hvor de ulike konstruksjonene skal oppføres. Det graves ut i trappeformasjon, hvor første trinn blir fire meter bredt, 8,5 meter langt og 0,66 meter dypt. Neste trinn blir 4 x 8,5 x 0,495 meter og siste trinn blir 4 x 8,5 x 0,33 meter.
- 2) Underliggende lag komprimeres.
- 3) Oppføring av konstruksjonene med komprimering.
- 4) Etter at forkilingslaget med knust asfalt er lagt ut, komprimert og målt inn, iverksettes belastningsfasen.
- 5) Konstruksjonene testes for bæreevne etter belastningsfasen ved benyttelse av platebelastningstest.

Testmetode

Metoden for testing av konstruksjonene vil være platebelastningstest, som har til hensikt å fastsette bæreevnen i dette tilfelle. Bachelorgruppen utfører testen selv etter håndbok R211-«*Feltundersøkelser*, hvor veiledning fra utstyrsleverandør benyttes.

Belastningen foregår i seks forskjellige trinn i to omganger, hvor resultatet av hver belastning er setningen i laget oppgitt i millimeter. Belastningen vil foregå på toppen av konstruksjonene på den knuste asfalten. Samtidig vil det bli benyttet litt 0/8 for å stabilisere og vatre opp belastningsplaten.

Dokumentasjon

Dersom forsøket skal anses som vellykket, kreves det korrekt utførelse av komprimering og utleggelse av masser. Derfor skal alt arbeid som utføres følge håndboksystemet til SVV og tilhørende standarder til arbeidet. Dersom dette forsøket skulle blitt utført på oppdrag av byggherre, hadde det krevdes dokumentasjon av utleggingen, komprimeringen og platebelastningstesten. Denne dokumentasjonen skal gjennomføres ved dette forsøket, for å øke troverdigheten for leser.

For komprimerings- og utleggingsdelen benyttes skjemaer fra Hæhre, for å dokumentere lagtykkelse, materiale, overfarter og maskinbruk. For platebelastningstesten benyttes egenproduserte skjemaer for setning pr. belastningstrinn. Videre dokumenteres forsøket ved bilder av gjennomføringen og masser benyttet. All dokumentasjonen vil bli lagt ved som vedlegg i denne rapporten.

4.4 Vurdering av metodevalg

4.4.1 Feilkilder

Denne bacheloroppgaven gjennomføres som et studentarbeid på begrenset tid og med begrensede ressurser. Dette medfører at bachelorgruppen baserer store deler av sitt arbeid på informasjon som ikke kan etterprøves på grunn av tidsomfang. Nedenfor presenteres feilkilder som er kjent for bachelorgruppen:

- **Informasjon fra fagpersoner:**

→ Samtlige informanter er fagpersoner innen anleggsbransjen med flere års erfaring. Det vil alltid foreligge en risiko ved verbalt intervju, hvor intervjuprosessen eller informantens personlige preferanse kan forurene svarenes reliabilitet.

- **Priser:**

→ Prisene som benyttes i forbindelse med den økonomiske kalkylen er listepriser som er tilgjengeliggjort for bachelorgruppen gjennom Hæhre Entreprenør AS, Franzefoss AS og Vinsrygg Maskin AS. Ved ethvert prosjekt i stor skala vil det ofte forekomme tilbudspriser som er forhandlet av både byggherre og entreprenør, beregnet ut ifra prosjektets helhet. Dersom prisene som benyttes er lite representative vil dette kunne påvirke resultatets omfang.

→ Det kan benyttes andre maskiner enn høvel til utlegging av masser. Valg av anleggsmaskin vil påvirke kostnadene, da det benyttes ulik prissetting.

- **Lastekapasitet:**

→ Lastekapasiteten i utregningene er en satt standard og tar ikke høyde for andre transportkjøretøy enn 3-akslet lastebil med lastekapasitet på 15 m³.

- **Mengde masser:**

→ Den mengden masser som benyttes i den økonomiske kalkylen er basert på forholdstall fra Franzefoss AS sin «Tonnkalkulator», og medfører dermed en viss risiko for feilberegning.

- **Tidsbruk:**

- Pr. dags dato er det ikke et vesentlig stort forbruk av stedlige masser med begrenset kvalitet til forsterkningslag, som denne bacheloroppgaven fordyper seg i. Det vil dermed være vanskelig å si eksakt hvor mye mertid som vil måtte bli benyttet for oppbygningen av forsterkningslag av denne typen.
- Gruppen kan ikke forutse eller ta hensyn til de enkelte anleggs fartsgrenser, både innad og til pukkverk. Det vil derfor forekomme variasjoner i reelt resultat for de anlegg med annerledes fartsgrense enn kalkylen.

- **Drivstoffbruk:**

- Drivstoffbruk knyttet til anleggsmaskiner kan variere på bakgrunn av en rekke ulike faktorer. Motorvolum, alder og intensitet i bruk kan påvirke hvor mye drivstoff den enkelte maskinen bruker pr. time. Tomgangskjøring vil også bruke signifikant mindre drivstoff enn intensiv bruk av maskinen. Drivstoffbruken som oppgis og benyttes til utregninger er en gjennomsnittlig dieselbruk per time oppgitt av maskinprodusenten.

- **Utslippsfaktor:**

- I forbindelse med klimagassregnskapet benyttes det en utslippsfaktor for å beregne utslipp. Denne faktoren er basert på et gjennomsnittlig utslipp fra den valgte kjøretøygruppen under norske vegforhold. Denne faktoren tar ikke hensyn til en spesifikk årstid eller terrengforhold som kan påvirke klimagassutslippets omfang.

- **Belastning:**

- Det kan forekomme for lav belastning på konstruksjonene over belastningstiden i forsøksdelen, som igjen kan gi et lite plausibelt resultat.

- **Menneskelig svikt:**

- Både ved fysiske tester og andre utregninger foreligger det en risiko for menneskelig feilvurdering.

4.4.2 Troverdighet

For at bacheloroppgaven skal oppnå nødvendig troverdighet, har bachelorgruppen vært kritisk til feilkilder og bruk av informanter direkte knyttet til oppgaven. Åpenhet rundt potensielle feilkilder og metode for innhenting av informasjon er også viktig for etterprøving og kritikk knyttet til oppgaven. Gjennom arbeidsprosessen har bachelorgruppen også vært kritisk til bruk av informasjon som stikker seg ut eller således står alene i sitt perspektiv. Eventuelle mangelfulle resultater som avdekkes gjennom denne bacheloroppgaven vil bli ekskludert i arbeidet med oppgavens konklusjon.

5 Resultat

Resultatene som fremkommer av denne rapporten er direkte knyttet til metodene som er benyttet, henholdsvis metoder for økonomisk kalkyle, miljøanalyse og forsøksdel. Resultatene kan ikke bli sett på som en ufravikelig fasit for det enkelte prosjekt, men heller som en veiledning. Dette grunnet lokale variasjoner i faktorer benyttet i fremgangsmåten.

5.1 Økonomisk kalkyle

Den økonomiske kalkylen viser potensiell besparelse ved benyttelse av stedlige masser til forsterkningslag, hvor resultatene vil bli presentert enkeltvis for de forskjellige avstandene til pukkverk. Det gis også statistiske mål for alle avstander samlet. Total beskrivelse for kalkylen ved de gitte inputdataene gir:

Besparelse for vegstrekning på 1000 m med 0,33 m tykt forsterkningslag som har 5 km avstand til mobilt knuse- og sorteringsverk ved gitte priser, snitthastigheter og timeverk.

Kalkylens antagelser:

- ◆ 50 % økning på forsterkningstykkelsen ved benyttelse av stedlige masser.
- ◆ Gjennomsnittshastighet til pukkverk: 50 km/t.
- ◆ Gjennomsnittshastighet til mobilt knuse- og sorteringsverk: 30 km/t.
- ◆ Tilleggstid for lastning og lossing ved hvert lastebillass: 10 min.
- ◆ Timeverk for oppføring av forsterkningslaget:
 - H3: 123 timer for kvalitetsmasser og 184 timer for stedlige masser.
 - H5: 67 timer for kvalitetsmasser og 100 timer for stedlige masser.
 - H1: 48 timer for kvalitetsmasser og 72 timer for stedlige masser.
 - Hø1, Hø2, L1: 40 timer for kvalitetsmasser og 60 timer for stedlige masser.
 - L2, øvre: 24 timer for kvalitetsmasser og 36 timer for stedlige masser.
 - L2 nedre: 19 timer for kvalitetsmasser og 28 timer for stedlige masser.

5.1.1 Mellomregning

Resultatene for de forskjellige avstandene baserer seg på felles mellomregning som fastsetter nødvendig mengde masser, pris på kvalitetsmasser og antall lass som behøves for de forskjellige vegtypene.

Vegtype	Tverrprofil	Mengde, Kvalitetsmasser	Mengde, Stedlige masser	Pris, Kvalitetsmasser	Antall lass, Kvalitetsmasser	Antall lass, Stedlige masser
H3	23 m	7 790 m ³	11 585 m ³	1 886 660 kr	866	1 288
H5	12,5 m	4 325 m ³	6 388 m ³	1 047 472 kr	481	710
H1	9 m	3 170 m ³	4 655 m ³	767 742 kr	353	518
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	2 675 m ³	3 913 m ³	647 858 kr	298	435
L2, øvre	4,5 m	1 685 m ³	2 428 m ³	408 090 kr	188	270
L2, nedre	3,5 m	1 355 m ³	1 933 m ³	328 167 kr	151	215

Tabell 10, Mellomregning, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

Tabell 10 angir mellomregningen som er utført i kalkylen, gitt de priser og lastekapasitet benyttet. Mengden masser som behøves regnes ut ved hjelp av geometri (volum), hvor det legges til ytterligere 200 m³ som sikkerhetsmargin. Prisen på kvalitetsmassene er produktet av mengden multiplisert med kubikkprisen, mens lassantallet er produktet av mengden dividert på lastekapasiteten.

5.1.2 Resultat, avstand: 10-50 km til pukkverk

Resultatene for hver avstand presenteres i tabellform. Hvorav resultatet er differansen mellom totalkostnadene for ferdig utlagt forsterkningslag med kvalitetsmasser fra pukkverk og stedlige masser fra anlegget.

For å komme frem til differansen mellom de to senarioene, benyttes tidligere mellomregninger og totalkostnaden for alle maskiner med mannskap. Timeverket til lastebilene bestemmes ved å multiplisere tidsbruken pr. lass for den gitte avstanden, med antall lass som trengs for de ulike dimensjoneringsbreddene. Kostnadene for vals, høvel og lastebil er resultatet av timeverket multiplisert med timekostnaden for den enkelte maskin.

Totalkostnaden for utlagt forsterkningslag med kvalitetsmasser gis ved summen av kostnadene for maskinene og materialkostnaden. Mens totalkostnaden for utlagt forsterkningslag med stedlige masser er summen av kostnadene for maskinene og knusing av steinmaterialet.

Formler:

$$\textit{Timeverk, lastebil} = \textit{Tidsbruk pr. lass} * \textit{Antall lass}$$

$$\textit{Kostnad, lastebil} = \textit{Timeverk} * \textit{Timesats}$$

$$\textit{Kostnad, høvel} = \textit{Timeverk} * \textit{Timesats}$$

$$\textit{Kostnad, Vals} = \textit{Timeverk} * \textit{Timesats}$$

$$\textit{Kostnad, knusing av masser} = \textit{Mengde stedlige masser} * \textit{Kubikkpris}$$

$$\textit{Totalkostnad, kvalitetsmasser}$$

$$= \sum \textit{Kostnader (Lastebil, Høvel, Vals og masser fra pukkverk)}$$

$$\textit{Totalkostnad, stedlige masser}$$

$$= \sum \textit{Kostnader(Lastebil, Høvel, Vals, Knusing av steinmaterialet)}$$

$$\textit{Potensiell besparelse}$$

$$= \sum \textit{Totalkostnad, kvalitetsmasser} - \textit{Totalkostnad, stedlige masser}$$

Avstand til pukkverk: 10 km

Vegtype	Tverrprofil	Potensiell besparelse
H3	23 m	1 128 738 kr
H5	12,5 m	633 382 kr
H1	9 m	468 083 kr
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	397 586 kr
L2, øvre	4,5 m	255 966 kr
L2, nedre	3,5 m	208 524 kr

Tabell 11, Resultater ved 10 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

Avstand til pukkverk: 20 km

Vegtype	Tverrprofil	Potensiell besparelse
H3	23 m	1 561 738 kr
H5	12,5 m	873 882 kr
H1	9 m	644 583 kr
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	546 586 kr
L2, øvre	4,5 m	349 966 kr
L2, nedre	3,5 m	284 024 kr

Tabell 12, Resultater ved 20 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

Avstand til pukkverk: 30 km

Vegtype	Tverrprofil	Potensiell besparelse
H3	23 m	1 994 738 kr
H5	12,5 m	1 114 382 kr
H1	9 m	821 083 kr
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	695 586 kr
L2, øvre	4,5 m	443 966 kr
L2, nedre	3,5 m	359 524 kr

Tabell 13, Resultater ved 30 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

Avstand til pukkverk: 40 km

Vegtype	Tverrprofil	Potensiell besparelse
H3	23 m	2 427 738 kr
H5	12,5 m	1 354 882 kr
H1	9 m	997 583 kr
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	844 586 kr
L2, øvre	4,5 m	537 966 kr
L2, nedre	3,5 m	435 024 kr

Tabell 14, Resultater ved 40 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

Avstand til pukkverk: 50 km

Vegtype	Tverrprofil	Potensiell besparelse
H3	23 m	2 860 738 kr
H5	12,5 m	1 595 382 kr
H1	9 m	1 174 083 kr
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	993 586 kr
L2, øvre	4,5 m	631 966 kr
L2, nedre	3,5 m	510 524 kr

Tabell 15, Resultater ved 50 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

Statistiske mål

Vegtype	Tverrprofil	Gjennomsnittlig økning pr. 10 km
H3	23 m	433 000 kr
H5	12,5 m	240 500 kr
H1	9 m	176 500 kr
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	149 000 kr
L2, øvre	4,5 m	94 000 kr
L2, nedre	3,5 m	75 500 kr
Gjennomsnittlig besparelse for alle avstander og vegtyper		
904 880 kr		

Tabell 16, Statistiske mål, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

5.2 Miljøanalyse

Miljøanalysen belyser gjennom et klimagassregnskap hvordan benyttelse av stedlige masser påvirker prosjektets klimagassutslipp. Klimagassregnskapet vil innledningsvis bli presentert todelt og deretter samlet. Dette gjøres for å fange opp utslippene knyttet til både mertiden som tilkommer anleggsmaskinene ved anlegget og massetransport med lastebil.

Mellomregning

Mellomregningen gir en fremstilling over hvor mange ekstra timer som blir benyttet til utlegging av stedlige masser. Denne differansen utgjør hvor mange ekstra timer som tilkommer vals og høvel ved anlegget, når stedlige masser benyttes.

Vegtype	Tverrprofil	Tidsbruk, kvalitetsmasser	Tidsbruk, stedlige masser	Differanse
H3	23 m	123 timer	184 timer	61 timer
H5	12,5 m	67 timer	100 timer	33 timer
H1	9 m	48 timer	72 timer	24 timer
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	40 timer	60 timer	20 timer
L2, øvre	4,5 m	24 timer	36 timer	12 timer
L2, nedre	3,5 m	19 timer	28 timer	9 timer

Tabell 17, Mellomregning, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

Total økning i dieselbruk ved benyttelse av stedlige masser

Tabell 18 gir en fremstilling av dieselbruk for anleggsmaskiner ved anlegget, hvor samtlige vegtyper har en lengde på 1000 meter. Utregningene gjennomføres med den antagelsen om at benyttelse av stedlige masser vil medføre 50% økning av tykkelsen på forsterkningslaget.

Vegtype	Tverrprofil	Dieselbruk, høvel (12L pr. time)	Dieselbruk, vals (10L pr. time)	Økning i dieselbruk ved benyttelse av stedlige masser
H3	23 m	732 liter	610 liter	1342 liter
H5	12,5 m	396 liter	330 liter	726 liter
H1	9 m	288 liter	240 liter	528 liter
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	240 liter	200 liter	440 liter
L2, øvre	4,5 m	144 liter	120 liter	264 liter
L2, nedre	3,5 m	108 liter	90 liter	198 liter

Tabell 18, Økning av dieselbruk ved stedlige masser, utarbeidet fra vedlegg 6.

CO₂-ekvivalenter ved mertid av anleggsmaskiner

Tabellen gir en fremstilling over totale utslipp av CO₂-ekvivalenter, som skyldes økning i dieselbruk på bakgrunn av mertiden som tilkommer anleggsmaskinene.

Vegtype	Tverrprofil	Antall liter diesel ved mertid	CO ₂ -ekvivalenter
H3	23 m	1342 liter	3,63 tonn
H5	12,5 m	726 liter	1,96 tonn
H1	9 m	528 liter	1,43 tonn
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	440 liter	1,19 tonn
L2, øvre	4,5 m	264 liter	0,71 tonn
L2, nedre	3,5 m	198 liter	0,53 tonn

Tabell 19, CO₂-ekvivalenter ved mertid, utarbeidet fra vedlegg 6.

5.2.1 Dieselbruk ved massetransport tur-retur pukkverk

Mellomregning

Mellomregningen gir en fremstilling over økningen i antall lass, dersom det benyttes stedlige masser fremfor kvalitetsmasser. For videre utregning, vil kolonne fire «*antall lass, stedlige masser*» bli benyttet for 10 km til pukkverk. Resterende avstander 20 km, 30 km, 40 km og 50 km vil videre benytte kolonne tre «*Antall lass, kvalitetsmasser*» da disse avstandene tar høyde for at kvalitetsmasser benyttes.

Vegtype	Tverrprofil	Antall lass, kvalitetsmasser	Antall lass, stedlige masser	Økning, antall lass
H3	23 m	866	1288	422
H5	12,5 m	481	710	229
H1	9 m	353	518	165
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	298	435	137
L2, øvre	4,5 m	188	270	82
L2, nedre	3,5 m	151	215	64

Tabell 20, Mellomregning, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

For videre utregning gjøres det antagelser om at reiseveg inntil 10 kilometer kan ansees som stedlige masser i miljøanalysen. Dette medfører at utregning av CO₂-ekvivalenter for 10 kilometers avstand til pukkverk, benyttes antall lass for benyttelse av stedlige masser. For utregning av CO₂-ekvivalenter for avstandene 20, 30, 40 og 50 kilometer vil kvalitetsmasser benyttes for beregning av antall lass. I disse tabellene er antall kilometer til pukkverk multiplisert med antall lass som er nødvendig. Tur-retur regnes separat, da turen tilbake fra pukkverket medfører at lastebilen havner i en annen vektklasse.

Avstand til pukkverk: 10 km

Vegtype	Tverrprofil	Tot. Antall kilometer	CO ₂ -ekvivalenter til pukkverk	CO ₂ -ekvivalenter fra pukkverk	Totalt utslipp av CO ₂ -ekvivalenter
H3	23 m	12 880 km	5,8 tonn	11,7 tonn	17,5 tonn
H5	12,5 m	7 100 km	3,2 tonn	6,4 tonn	9,6 tonn
H1	9 m	5 180 km	2,3 tonn	4,7 tonn	7 tonn
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	4 350 km	2,0 tonn	3,9 tonn	5,9 tonn
L2, øvre	4,5 m	2 700 km	1,2 tonn	2,4 tonn	3,6 tonn
L2, nedre	3,5 m	2 150 km	1,0 tonn	1,9 tonn	2,9 tonn

Tabell 21, Resultater ved 10 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra vedlegg 7.

Avstand til pukkverk: 20 km

Vegtype	Tverrprofil	Tot. Antall kilometer	CO ₂ -ekvivalenter til pukkverk	CO ₂ -ekvivalenter fra pukkverk	Totalt utslipp av CO ₂ -ekvivalenter
H3	23 m	17 320 km	7,8 tonn	15,7 tonn	23,5 tonn
H5	12,5 m	9 620 km	4,3 tonn	8,7 tonn	13 tonn
H1	9 m	7 060 km	3,2 tonn	6,4 tonn	9,6 tonn
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	5 960 km	2,7 tonn	5,4 tonn	8,1 tonn
L2, øvre	4,5 m	3 760 km	1,7 tonn	3,4 tonn	5,1 tonn
L2, nedre	3,5 m	3 020 km	1,4 tonn	2,7 tonn	4,1 tonn

Tabell 22, Resultater ved 20 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra vedlegg 7.

Avstand til pukkverk: 30 km

Vegtype	Tverrprofil	Tot. Antall kilometer	CO ₂ -ekvivalenter til pukkverk	CO ₂ -ekvivalenter fra pukkverk	Totalt utslipp av CO ₂ -ekvivalenter
H3	23 m	25 980 km	11,7 tonn	23,6 tonn	35,3 tonn
H5	12,5 m	14 430 km	6,5 tonn	13,1 tonn	19,6 tonn
H1	9 m	10 590 km	4,8 tonn	9,6 tonn	14,4 tonn
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	8 940 km	4,0 tonn	8,1 tonn	12,1 tonn
L2, øvre	4,5 m	5 640 km	2,5 tonn	5,1 tonn	7,6 tonn
L2, nedre	3,5 m	4 530 km	2,0 tonn	4,1 tonn	6,1 tonn

Tabell 23, Resultater ved 30 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra vedlegg 7.

Avstand til pukkverk: 40 km

Vegtype	Tverrprofil	Tot. Antall kilometer	CO ₂ -ekvivalenter til pukkverk	CO ₂ -ekvivalenter fra pukkverk	Totalt utslipp av CO ₂ -ekvivalenter
H3	23 m	34 640 km	15,6 tonn	31,4 tonn	47 tonn
H5	12,5 m	19 240 km	8,7 tonn	17,4 tonn	26,1 tonn
H1	9 m	14 120 km	6,4 tonn	12,8 tonn	19,2 tonn
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	11 920 km	5,4 tonn	10,8 tonn	16,2 tonn
L2, øvre	4,5 m	7 520 km	3,4 tonn	6,8 tonn	10,2 tonn
L2, nedre	3,5 m	6 040 km	2,7 tonn	5,5 tonn	8,2 tonn

Tabell 24, Resultater ved 40 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra vedlegg 7.

Avstand til pukkverk: 50 km

Vegtype	Tverrprofil	Tot. Antall kilometer	CO ₂ -ekvivalenter til pukkverk	CO ₂ -ekvivalenter fra pukkverk	Totalt utslipp av CO ₂ -ekvivalenter
H3	23 m	43 300 km	19,5 tonn	39,3 tonn	58,8 tonn
H5	12,5 m	24 050 km	10,9 tonn	21,8 tonn	32,7 tonn
H1	9 m	17 650 km	8 tonn	16 tonn	24 tonn
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	14 900 km	6,7 tonn	13,5 tonn	20,2 tonn
L2, øvre	4,5 m	9 400 km	4,2 tonn	8,5 tonn	12,7 tonn
L2, nedre	3,5 m	7 550 km	3,4 tonn	6,8 tonn	10,2 tonn

Tabell 25, Resultater ved 50 km avstand til pukkverk, utarbeidet fra vedlegg 7.

5.2.2 Totalt utslipp av CO₂-ekvivalenter ved benyttelse av stedlige masser

Påfølgende tabeller gir en fremstilling av hver enkelt dimensjoneringsklasse og hvor store besparelser som kan oppnås, ved å velge stedlige masser med inntil 10km reiseveg. I første kolonne er det kun 10 km reiseavstand ved benyttelse av stedlige masser som medfører ekstra CO₂-utslipp på anlegget, dermed er resterende avstander satt til null.

H3, tverrprofil: 23 m

CO ₂ -ekvivalenter for mertid anleggsmaskiner	Avstand til pukkverk	CO ₂ -ekvivalenter, for avstand til pukkverk	Total mengde CO ₂ -ekvivalenter for H3
3,63 tonn	10 km	17,5 tonn	21,13 tonn
0 tonn	20 km	23,5 tonn	23,5 tonn
0 tonn	30 km	35,3 tonn	35,3 tonn
0 tonn	40 km	47 tonn	47 tonn
0 tonn	50 km	58,8 tonn	58,8 tonn
Maksimal besparelse ved 10 km til pukkverk: 37,67 tonn			

Tabell 26, Resultater for H3, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.

H5, tverrprofil: 12,5 m

CO ₂ -ekvivalenter for mertid anleggsmaskiner	Avstand til pukkverk	CO ₂ -ekvivalenter, for avstand til pukkverk	Total mengde CO ₂ -ekvivalenter for H5
3,63 tonn	10 km	9,6 tonn	13,23 tonn
0 tonn	20 km	13 tonn	13 tonn
0 tonn	30 km	19,6 tonn	19,6 tonn
0 tonn	40 km	26,1 tonn	26,1 tonn
0 tonn	50 km	32,7 tonn	32,7 tonn
Maksimal besparelse ved 10 km til pukkverk: 19,47 tonn			

Tabell 27, Resultater for H5, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.

H1, tverrprofil: 9 m

CO ₂ -ekvivalenter for mertid anleggsmaskiner	Avstand til pukkverk	CO ₂ -ekvivalenter, for avstand til pukkverk	Total mengde CO ₂ -ekvivalenter for H1
3,63 tonn	10 km	7 tonn	10,63 tonn
0 tonn	20 km	9,6 tonn	9,6 tonn
0 tonn	30 km	14,4 tonn	14,4 tonn
0 tonn	40 km	19,2 tonn	19,2 tonn
0 tonn	50 km	24 tonn	24 tonn
Maksimal besparelse ved 10 km til pukkverk: 13,37 tonn			

*Tabell 28, Resultater for H1, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.***Hø1, Hø2, L1, tverrprofil: 7,5 m**

CO ₂ -ekvivalenter for mertid anleggsmaskiner	Avstand til pukkverk	CO ₂ -ekvivalenter, for avstand til pukkverk	Total mengde CO ₂ -ekvivalenter for Hø1, Hø2 og L1
3,63 tonn	10 km	5,9 tonn	9,53 tonn
0 tonn	20 km	8,1 tonn	8,1 tonn
0 tonn	30 km	12,1 tonn	12,1 tonn
0 tonn	40 km	16,2 tonn	16,2 tonn
0 tonn	50 km	20,2 tonn	20,2 tonn
Maksimal besparelse ved 10 km til pukkverk: 10,67 tonn			

*Tabell 29, Resultater for Hø1/Hø2/L1, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.***L2 øvre, tverrprofil: 4,5 m**

CO ₂ -ekvivalenter for mertid anleggsmaskiner	Avstand til pukkverk	CO ₂ -ekvivalenter, for avstand til pukkverk	Total mengde CO ₂ -ekvivalenter for L2 øvre
3,63 tonn	10 km	3,6 tonn	7,23 tonn
0 tonn	20 km	5,1 tonn	5,1 tonn
0 tonn	30 km	7,6 tonn	7,6 tonn
0 tonn	40 km	10,2 tonn	10,2 tonn
0 tonn	50 km	12,7 tonn	12,7 tonn
Maksimal besparelse ved 10 km til pukkverk: 5,47 tonn			

Tabell 30, Resultater for L2 øvre, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.

L2 nedre, tverrprofil: 3,5 m

CO₂-ekvivalenter for mertid anleggsmaskiner	Avstand til pukkverk	CO₂-ekvivalenter, for avstand til pukkverk	Total mengde CO₂-ekvivalenter for L2 nedre
3,63 tonn	10 km	2,9 tonn	6,53 tonn
0 tonn	20 km	4,1 tonn	4,1 tonn
0 tonn	30 km	6,1 tonn	6,1 tonn
0 tonn	40 km	8,2 tonn	8,2 tonn
0 tonn	50 km	10,2 tonn	10,2 tonn
Maksimal besparelse ved 10 km til pukkverk: 3,67 tonn			

Tabell 31, Resultater for L2 nedre, utarbeidet fra vedlegg 6 og 7.

5.3 Forsøk

Resultatene fra forsøket presenteres i tabellform, for hver av de tre konstruksjonene. Tabellene inneholder nøkkeldata fra utført platebelastningstest og relevante utregninger. Det vil si setning for hvert belastningstrinn, utregning av elastisitetsmodul og forholdstall.

Det er i delkapittel 4.3.4 «Forsøk» beskrevet at gruppen ønsker å undersøke bæreevnen til de tre konstruksjonene opp mot hverandre. For platebelastningstester er det elastisitetsmodulen til trinn 2 (E_2) som gir indikasjon om bæreevnen til testobjektet, høy E_2 -verdi indikerer god bæreevne.

Formel E_2 , iht. R211 (Statens vegvesen, 2021b):

S_1 = Andre belastningstrinn: 180 kN/m²
 S_2 = Største belastning ved rettlinjete kurve, Dvs. Stabil setning
 P_1 = Setning ved S_1 i meter
 P_2 = Setning ved S_2 i meter

For å fastsette forholdstallet, som er E_2/E_1 er det nødvendig å oppgi formel for E_1 -verdien.

Formel E_1 , iht. R211 (Statens vegvesen, 2021b):

S_1 = Andre belastningstrinn: 180 kN/m²
 S_2 = Fjerde belastningstrinn: 420 kN/m²
 P_1 = Setning ved S_1 i meter
 P_2 = Setning ved S_2 i meter

5.3.1 Vegkonstruksjon 1, forsterkningstykkelse: 33cm

Belastningstrinn		Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
Trinn 1		0	0
		50	0,12
		180	0,16
		300	0,18
		420	0,20
		500	0,20
		600	0,26
Trinn 2		0	0,28
		50	0,28
		180	0,28
		300	0,28
		420	0,28
		500	0,30
		600	0,30
Trinn 1		Trinn 2	
ΔP	240 kN/m ²	ΔP	420 kN/m ²
ΔS	0,00004 m	ΔS	0,00002 m
E_1	1 350,0 MPa	E_2	4 725,0 MPa
E_2/E_1		3,5	
Bæreevne			
E_2		4725,0 MPa	

Tabell 32, Resultater for vegkonstruksjon 1, utarbeidet fra vedlegg 1.

5.3.2 Vegkonstruksjon 2, forsterkningstykkelse: 49,5 cm

Belastningstrinn		Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
Trinn 1		0	0
		50	0,06
		180	0,32
		300	0,56
		420	0,58
		500	0,62
		600	0,62
Trinn 2		0	0,70
		50	0,72
		180	0,74
		300	0,74
		420	0,76
		500	0,76
		600	0,78
Trinn 1		Trinn 2	
ΔP	240 kN/m ²	ΔP	420 kN/m ²
ΔS	0,00026 m	ΔS	0,00004
E_1	207,7 MPa	E_2	2 362,5 MPa
E_2/E_1		11,4	
Bæreevne			
E_2		2362,5 MPa	

Tabell 33, Resultater for vegkonstruksjon 2, utarbeidet fra vedlegg 1.

5.3.3 Vegkonstruksjon 3, forsterkningstykkelse: 66 cm

Belastningstrinn		Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
Trinn 1		0	0
		50	0,14
		180	0,18
		300	0,20
		420	0,28
		500	0,28
		600	0,28
Trinn 2		0	0,28
		50	0,30
		180	0,32
		300	0,36
		420	0,36
		500	0,44
		600	0,42
Trinn 1		Trinn 2	
ΔP	240 kN/m ²	ΔP	420 kN/m ²
ΔS	0,0001 m	ΔS	0,0001 m
E_1	540,0 MPa	E_2	945,0 MPa
E_2/E_1		1,75	
Bæreevne			
E_2		945,0 MPa	

Tabell 34, Resultater for vegkonstruksjon 3, utarbeidet fra vedlegg 1.

6 Diskusjon og analyse

6.1 Økonomisk kalkyle

Resultatet fra den økonomiske kalkylen angir som ventet stigende besparelse for økende dimensjoneringsbredde og avstand til pukkverk. Dette er et resultat av økende timeverk for massetransporten, som følger av mengden masser som behøves og tidsbruken pr. lass for lastebilene. Minste besparelse som kalkylen angir er for dimensjoneringsbredde på 3,5 meter, med 10 kilometer til pukkverk. Den potensielle besparelsen for denne situasjonen er på 208 524 kr pr. 1000 meter veg. Største potensielle besparelse som kalkylen angir er for dimensjoneringsbredde på 23 meter, med 50 kilometer til pukkverk. Besparelsen er estimert til 2 860 378 kr pr. 1000 meter veg.

6.1.1 Motivasjon for bedre utnyttelse av stedlige masser

I metodedelen ved delkapittel 4.3.2 «Økonomisk kalkyle» er hovedargumentet for å utføre den økonomiske kalkylen presentert, argumentet lyder som følger:

«Økonomisk fortjeneste kan være en motivasjon for bedre utnyttelse av stedlige masser»

Resultatet fra den økonomiske kalkylen angir at motivasjonsgrunnlaget er til stede, ved generelt store potensielle besparelser. Det vil derimot være ulik potensiell besparelse for forskjellige prosjekt, gitt dimensjoneringsklasse, forsterkningstykkelse og lengde på vegstrekningen. Dette kan igjen skape en forskjell i motivasjonen for å utnytte de stedlige massene. Et eksempel på dette er ved prosjekter med relativt korte vegstrekning og lav dimensjoneringsbredde. Dersom vegstrekningen settes til 200 meter og avstanden til både pukkverk og knuseverk settes til 1 km, vil den potensielle besparelsen for en dimensjoneringsbredde på 3,5 meter være 56 176 kr. Denne summen er vesentlig lavere enn de summer presentert i resultatdelen, men besparelsen er fortsatt til stede. Dermed er det opp til den enkelte entreprenør om motivasjonen er stor nok til å utnytte de stedlige massene maksimalt.

I motsatt ende av skalaen er de store prosjektene, med stor kostnadsramme og lang vegstrekning. Det vil si prosjekter i motorvegklasse, gjerne med tilhørende tunneler. Et eksempel på et slikt prosjekt er E16 Høgkastet-Hønefoss (FRE16) i Viken, som er fremlagt gjennom NTP 2022-2033 (Samferdselsdepartementet, 2021b). Nøkkeltall for dette prosjektet gir en vegtrasé i klasse H3 på 15 kilometer, med tunnellop som gir store mengder stedlige masser (Bane Nor, 2020).

Ved benyttelse av den økonomiske kalkylen, gir nøkkeltall fra dette prosjektet følgende potensiell besparelse:

Avstand til pukkverk	Potensiell besparelse (H3)
10 km	16 329 469 Kr

Tabell 35, Potensiell besparelse E16 Høgkastet-Hønefoss, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

Inputdataene i kalkylen ble endret slik at resultatet samsvarer med prosjektet, dette medførte å endre vegstrekningen til 15 000 meter og multiplisere anslått timeverk med 15. Den potensielle besparelsen ses på som stor, allikevel kan det være rom til økte besparelser. Fordi byggherrene på prosjektet har kartlagt massene i områdene og kommet frem til at 2,2 millioner av disse antas som kvalitetsmasser (Statens vegvesen, 2019c). Det er dermed rom for økte besparelser, siden mengden masser som trengs til forsterkningslaget ifølge kalkylen er 170 975 m³. Dette utgjør kun 7,77 % av totalt anslått mengde kvalitetsmasser i prosjektet.

Ved prosjekter som E16 Høgkastet-Hønefoss kan den økonomiske motivasjonen fastsettes som stor, noe som burde føre til god utnyttelse av stedlige masser. Samtidig har nevnte prosjekt kartlagt steinkvaliteten i området tidlig i prosessen, som er en nyvinning og vil med høy sannsynlighet føre til bedre utnyttelsesgrad.

6.1.2 Nye løsninger

Resultatene fra den økonomiske kalkylen angir store potensielle besparelser for lengre avstander. Økningen pr. tiende kilometer i intervallet 10-50 kilometer er angitt i tabell 16, hvor største økning er på 433 000 kr for klasse H3. Disse resultatene viser ikke kun at det er mye penger å spare ved å benytte stedlige masser, men også mye penger å spare ved god planlegging. Denne planleggingen innebærer å kartlegge tidsbruk til de aktuelle pukkverk, slik at timeverket på lastebilene holdes til et minimum. Både bedre planlegging og bedre utnyttelse av stedlige masser er i tråd med NTP for 2022-2033 ved at regjeringen ønsker mer veg for skattepengene, som presisert i delkapittel 1.3.1 «Økonomi».

I delkapittel 1.3.1 opplyses det også at «Nye veier har vist en mer effektiv måte å bygge veg på». For å kunne bygge veg mest mulig effektivt og samtidig holde kostnadene så lave som mulig er gjenbruk én relevant faktor. Ett av punktene i filosofien til Nye Veier er:

«Å utfordre det etablerte ved å ta i bruk nye løsninger, materialvalg og prosjektmetoder»
(Nye Veier, 2021), «Vår filosofi», andre avsnitt).

Dette kan tolkes som at de er åpne for forslag som fremmer både effektivitet og kostnadsbesparelse. Det kan derimot ikke sies at benyttelse av stedlige masser er et ukjent fenomen, bedre utnyttelse og planlegging har derimot potensiale til forbedring. Det tenkes spesielt på stedlige masser av begrenset kvalitet, hvor økt forsterkningstykkelse kan være tilstrekkelig for god ytelse. Økt forsterkningstykkelse har også blitt tatt hensyn til i kalkylen, ved å anta 50% tykkere forsterkningslag for de stedlige massene. Denne antagelsen fører til økt timeverk, og dermed økte kostnader for maskiner og mannskap. Allikevel er resultatet av kalkylen positivt for alle avstander og dimensjoneringsklasser, selv om kostnadene øker for utleggingen. Videre undersøkelse av økt forsterkningstykkelse for stedlige masser av begrenset kvalitet, kan dermed være et interessant felt for Nye Veier.

Kalkylen antar en økning i tykkelsen på forsterkningslaget ved benyttelse av stedlige masser, men det forekommer også stedlige masser av tilstrekkelig kvalitet. Derfor vil det være interessant å sammenlikne den potensielle besparelsen for forsterkningslag av stedlige masser, både med og uten økning i tykkelsen. Dersom økningen i forsterkningstykkelse for stedlige masser settes til 0 % i kalkylen, gir det følgende økning i besparelse for alle avstander til pukkverk:

Vegtype	Tverrprofil	Økt Potensiell besparelse, alle avstander
H3	23	552 375 kr
H5	12,5	299 987 kr
H1	9	216 065 kr
Hø1, Hø2, L1	7,5	179 742 kr
L2, Øvre	4,5	107 721 kr
L2, Nedre	3,5	83 921 kr

Tabell 36, Økt potensiell besparelse for alle avstander, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

Resultatene viser at økningen i den potensielle besparelsen er markant. Økningen vil være lik for alle avstander, fordi det kun er timeverket for høvel og vals som blir påvirket ved å endre økningen i forsterkningstykkelsen.

6.1.3 Andre formål

Stedlige masser kan ha svært mange ulike formål, selv om denne bacheloroppgaven hovedsakelig tar for seg forsterkningslaget. På grunn av forskjell i prissetting på masser til forskjellige formål, vil besparelsen ved benyttelse av stedlige masser variere med formålet. Generelt sett er prisen på masser tiltenkt utenfor overbygningen lavere enn innenfor, med unntak av singel (Franzefoss, 2021). Derfor vil den potensielle besparelsen være lavere enn kalkylens resultater, dersom de stedlige massene har formål utenfor overbygningen. Innenfor overbygningen er det kun frostsikrings-, forsterknings-, og bærelaget som er spesielt aktuelle å sammenlikne, da det ikke finnes krav til bituminøse materialer i nevnte sjikt.

Bærelag

I delkapittel 2.2 «*Vegoverbygning*» er det gjort rede for de ulike lagene, der er det beskrevet at bærelaget krever strenge materialkrav for å opprettholde dets funksjoner. Dette innebærer også redusert bruksomfang for knust berg, som er hovedtypen av stedlige masser (Statens Vegvesen, 2018c). Sett bort ifra begrenset bruksomfang er prisen på masser av bærelagskvalitet (Fk 0/63) høyere, enn masser av forsterkningskvalitet (Feiring AS, 2021). Dette gir dermed økt potensiell besparelse, dersom de stedlige massene er av hensiktsmessig kvalitet.

Frostsikringslag

Det stilles ingen mekaniske krav til frostsikringslagets materialer, det stilles derimot krav til finstoffinnhold, steinstørrelse og gradering (Statens Vegvesen, 2018c). Dette medfører at prisene på masser til frostsikringslag er betydelig lavere enn masser til forsterkningslag (Franzefoss, 2021). Lavere pris på frostsikringsmasser kontra forsterkningsmasser vil bety lavere potensiell besparelse, dersom de stedlige massene er ment til frostsikring.

6.1.4 Antagelsenenes og feilkildenes påvirkning på resultatet

Utarbeidelsen av den økonomiske kalkylen medførte enkelte antagelser, som ikke er blitt testet til det fulle. Dette kan forårsake en viss feilmargin mellom potensiell besparelse i kalkylen og faktisk besparelse for det enkelte anlegg.

Lastekapasitet

Valgt lastekapasitet for lastebiler i kalkylen er hentet fra Scania Norge sine nettsider og tilhører 3-akslet lastebil med dumperpåbygg. Faktisk lastekapasitet vil ha en sammenheng med lastebiltype og leverandør av dumperpåbygg. Kalkylens resultater vil dermed være unøyaktig dersom det benyttes lastebiltype med høyere eller lavere lastekapasitet. Tabellen under viser forskjell på potensiell besparelse for valgt lastekapasitet i oppgaven, og lastekapasitet for tippsemi fra Scania Norge (Scania Norge, 2021c). Lastekapasiteten til tippsemien er redusert til 13 m³, for å ta hensyn til overlaster.

Vegtype	Endring i potensiell besparelse, ved 13 m ³ lastekapasitet				
	10 km	20 km	30 km	40 km	50 km
H3	59 084 kr	-73 916 kr	-206 916 kr	-339 916 kr	-472 916 kr
H5	31 417 kr	-42 583 kr	-116 583 kr	-190 583 kr	-264 583 kr
H1	22 167 kr	-32 333 kr	-86 833 kr	-141 333 kr	-195 833 kr
Hø1, Hø2, L1	18 583 kr	-27 417 kr	-73 416 kr	-119 417 kr	-165 417 kr
L2, Øvre	10 792 kr	-18 208 kr	-47 208 kr	-76 208 kr	-105 208 kr
L2, Nedre	8 666 kr	-14 333 kr	-37 333 kr	-60 334 kr	-83 333 kr

Tabell 37, Endring i potensiell besparelse, utarbeidet fra eksternt vedlegg: «001 Økonomisk kalkyle».

Mengde masser

Kalkylen forutsetter en dimensjonert forsterkningstykkelse på 33 cm, som er minste aksepterte tykkelse ved benyttelse av steinmaterialer. Den potensielle besparelsen øker dersom dimensjonert forsterkningstykkelse økes. Dermed vil kalkylens resultater være annerledes for prosjekt med større forsterkningstykkelse, enn gitt situasjon.

Fartsgrenser og timeverk

For å kunne komme frem til timeverk for lastebiler er det antatt gjennomsnittsfart både innad i anlegget og på veg til pukkverk. Kalkylen vil dermed være unøyaktig for de situasjoner hvor gjennomsnittsfarten viker fra 50 km/t til pukkverk og 30 km/t innad i anleggsområdet. Det er samtidig blitt lagt til 10 minutter laste/losse-tid til hvert lass, noe som ikke trenger å medføre riktighet.

Timeverket på oppbygning av forsterkningslag er basert på antagelser fra fagfolk og vil ikke være korrekt i alle sammenhenger. Det er mange ulike faktorer som spiller inn på det faktiske timebruket. Derfor vil den potensielle besparelsen i kalkylen variere fra virkelige besparelser for de ulike anlegg.

Gitt alle antagelser, vil det finnes avvik i kalkylen når det gjelder faktiske resultat. En mer nøyaktig kalkyle kan derimot bli utarbeidet dersom flere analyser ligger til grunn. Blant annet analyse av gjennomsnittshastigheter rundt veganlegg, faktisk laste-/lossetid og timeverk på oppbygning av forsterkningslag.

6.2 Miljøanalyse

Resultatet fra miljøanalysen viser at den potensielle besparelsen av klimagassutslipp er varierende. Minste potensielle besparelse er for den minste dimensjoneringsbredden, og er økende mot større dimensjoneringsbredder.

6.2.1 Klimagassutslipp

Bruken av stedlige masser i forsterkningslaget vil gi en direkte økning av klimagassutslipp som følger av økt tykkelse for sjiktet. Etter bachelorgruppens beregninger vil den økte tykkelsen på 50% medføre økt arbeidstid på opptil 61 timer. De ekstra arbeidstimene innebærer bruk av høvel for å legge ut masser og vals for komprimering. Disse anleggsmaskinene vil gå jevnt og trutt om hverandre og vil dermed utgjøre maksimalt 122 ekstra timer med bruk av maskiner på fossilt drivstoff. Isolert sett kan det være vanskelig å argumentere for å gjennomføre et slikt tiltak på bakgrunn av klimagassutslippene dette medfører. Klimagassutslipp som følger av mertiden med høvel og vals fremstilles i tabell 19, for hver enkelt dimensjoneringsklasse fra rapportens resultatdel ved delkapittel 5.2.2.

Vegtype	Tverrprofil	Antall liter diesel ved mertid	CO ₂ -ekvivalenter
H3	23 m	1342 liter	3,63 tonn
H5	12,5 m	726 liter	1,96 tonn
H1	9 m	528 liter	1,43 tonn
Hø1, Hø2, L1	7,5 m	440 liter	1,19 tonn
L2, øvre	4,5 m	264 liter	0,71 tonn
L2, nedre	3,5 m	198 liter	0,53 tonn

Tabell 38, CO₂-ekvivalenter ved mertid, utarbeidet fra vedlegg 6.

Ved benyttelse av stedlige masser må klimagassutslippet som spesifikt nevnes ovenfor og fremgår av tabell 19, anses som en «investeringskostnad». Denne investeringskostnaden vil kunne føre til et totalt lavere klimagassutslipp for prosjektet i sin helhet. Årsaken til dette er at betingelsen for å bruke betegnelsen «stedlige masser», er at massene er kortreist.

Bachelorgruppen har i miljøanalysen tatt høyde for at massetransport inntil 10 km vil kunne anses som stedlige, da massene ikke alltid kan hentes ut inne på anlegget.

For hvert intervall over 10 km til pukkverk, anses det at massene som hentes er kvalitetsmasser og det vil dermed ikke medføre denne investeringskostnaden. Dette er fordi kvalitetsmassene ikke medfører ekstra tykkelse og merarbeid med høvel og vals. Ved bruk av kvalitetsmasser vil klimagassutslippet ved flere avstandsintervaller overstige denne investeringskostnaden.

Videre avdekkes det gjennom resultatene at bruken av stedlige masser, ikke lønner seg for samtlige dimensjoneringsklasser og reiseavstander. For den minste klassen «L2 nedre», med en tverrprofil på 3,5 m vil det ikke lønne seg å bruke stedlige masser før reiseavstanden til pukkverk overstiger 30 km. Dette betyr at ved oppføringen av denne klassen, vil det være mer miljøvennlig å benytte kvalitetsmasser dersom pukkverket er i en avstand på 20 km eller 30 km fra anlegget.

Dersom tverrprofilen økes fra den minste dimensjoneringsklassen og oppover, vil de seks påfølgende klassene være: L2 øvre, H01, H02, L1, H1, H5. For disse seks klassene vil det ikke lønne seg å velge stedlige masser dersom det ligger et pukkverk inntil 20 km unna anlegget. For disse klassene vil mertiden ved benyttelse av stedlige masser overstige klimagassutslippet ved å øke reiseavstanden med 10 km og dermed bruke kvalitetsmasser. Dersom reiseavstanden til pukkverk overstiger 20 km for disse klassene, vil det derimot være lønnsomt å benytte stedlige masser.

For den største dimensjoneringsklassen H3 med en tverrprofil på 23 m, vil det lønne seg med benyttelse av stedlige masser for alle avstands-intervaller. Det vil si at det økte klimagassutslippet også kalt investeringskostnaden, utgjør en mindre økning av klimagassutslipp enn det samtlige reiseavstander over 10 km utgjør. For denne dimensjonen vil det maksimalt kunne bespares utslipp av 37.67 tonn CO₂-ekvivalenter, ved å benytte stedlige masser sammenlignet med 50 km transport av kvalitetsmasser.

6.2.2 Elektrifisering

I likhet med biler har det også blitt lansert elektriske anleggsmaskiner. SINTEF med flere har utarbeidet en rapport for bruk av null-utslipps gravemaskiner, som viser seg å fungere bedre enn tidligere antatt. Det fremgår av rapporten at dette ikke har vært problemfritt og at det stadig er rom for forbedring (SINTEF Fag, 2020). Dersom utviklingen av stadig flere elektriske anleggsmaskiner fortsetter, vil det være svært sannsynlig å anta at denne utviklingen også vil medføre tilgang til elektrisk høvel og vals.

En slik elektrifisering av anleggsmaskinene vil også støtte miljødirektoratets målsetning gjennom rapporten «*klimakur 2030*». Denne målsetningen tilsier at Norge skal bli et lavutslippssamfunn innen år 2050. Utslippsfrie anleggsplasser som følger av elektrifisering vil også være et mulig tiltak, i tillegg til bedre logistikk som rapporten nevner for å nå denne målsetningen (Miljødirektoratet, 2020b).

Dersom elektrisk høvel og vals i fremtiden vil bli benyttet innen vegbygging, vil denne «investeringskostnaden» som omtales, også forsvinne. Klimagassutslippet vil dermed bli ytterligere redusert ved bruk av elektriske anleggsmaskiner, så fremt som elektriske lastebiler til massetransport.

6.2.3 Betydning for samfunnet

Som nasjon har Norge forpliktet seg til klimaavtaler for verdenssamfunnet gjennom FN og Parisavtalen. For å kunne nå klimamålet gjennom disse avtalene må Norge redusere utslipp av klimagasser med 40% innen 2030 sammenlignet med år 1990 (Meld. St.(2016-2017), 2017).

Bakgrunnen for disse målene er FNs bærekraftsmål nummer 13 – «*stopp klimaendringene*».

Dersom Norge skal nå målsetningene som er satt for klimaforpliktelsene, vil det være essensielt at transportsektorer også utforsker alle potensielle måter å kutte utslippene.

Resultatene som presenteres gjennom miljøanalysen gjelder vegbygging pr. 1000 m, og ved en opprustning av vegnettet i Norge vil det totalt kunne bespares signifikante utslipp. Det kan dermed fremstå som et lite paradoks når regjeringen legger frem følgende gjennom NTP:

«For å møte en fremtid med større klimatiske variasjoner vil regjeringen øke robustheten i transport-infrastrukturen gjennom betydelig innsats på drift, vedlikehold og fornying, samt infrastrukturens omgivelser» ((Meld. St.(2016-2017), 2017), «1.2.3 Transportsikkerheten bedres», avsnitt 9).

Fra et forbrukerperspektiv er det definitivt en gladelig nyhet at vegnettet i Norge vil bli prioritert opprustet. Regjeringen legger også frem gjennom NTP at transportsektoren står for en tredjedel av nasjonale utslipp, og at anleggsplasser innen transportsektoren igjen står for 3-4% av disse utslippene (Meld. St.(2016-2017), 2017). Basert på miljødirektoratets beregning av norske klimagassutslipp i 2019, var dette på 50,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (Miljødirektoratet, 2020a). Klimagassutslippene for anleggsplasser i transportsektoren vil dermed etter bachelorgruppens beregninger utgjøre 500 000 – 666 666 tonn CO₂-ekvivalenter.

Ordlyden «paradoks» blir benyttet, da regjeringen tilsynelatende ønsker å styrke transportsektoren for økende fremtidige klimavariasjoner ved å øke klimagassutslippene. Det er nettopp derfor bachelorgruppen anser dette som et paradoks. Regjeringen ønsker å slippe ut flere CO₂-ekvivalenter for å møte behovet skapt av klimagassutslipp, uten fullstendige retningslinjer og tiltak. Bachelorgruppen har selv foreslått en «investeringskostnad» i miljøanalysen for å minske det totale utslippet, og gruppen stiller seg undrende til om dette er regjeringens baktanke.

Dersom Norge også skal nå målsetningen om å bli et lavutslippssamfunn innen 2050, kan det hevdes at regjeringen burde legge enda tydeligere og sterkere rammer for utslipp av klimagasser. Bachelorgruppen strekker seg så langt til å kunne påstå at NTP med tilhørende målsetninger, ikke inneholder nok tiltak for å kunne bli oppfylt på tilfredsstillende måte i inneværende planperiode. Målsetninger oppnås ikke gjennom ønsketenkning, men gjennom konkrete og lovpålagte tiltak for å minske klimagassutslippene.

6.2.4 FNs bærekraftsmål

FNs bærekraftsmål nummer 13 – «*stopp klimaendringene*» er et viktig holdepunkt i arbeidet mot å redusere klimagassutslipp innen transportsektoren. Bærekraftsmålet bør også foreligge som motivasjon til å kontinuerlig se etter metoder og løsninger for reduksjon av klimagassutslipp. Økt benyttelse av stedlige masser vil også kunne bidra til bærekraftsmål nummer 9, ved at infrastruktur blir bygget på en mer klimavennlig og bærekraftig måte. I forbindelse med bærekraftsmål nummer 12, vil det være viktig at det tas gjennomtenkte valg når jordens ressurser forbrukes. Dette går direkte på essensen av bærekraftig utvikling, nemlig at det ikke fratår kommende generasjoners mulighet til å forbruke jordens ressurser. En god måte å ta vare på disse ressursene vil være å ta i bruk det som er ment å dumpes. Dersom all tunnelmasse som tas ut i Norge hvert år hadde blitt brukt og ikke dumpet, kunne disse massene dekket halvparten av byggeråstoffbehovet i Norge (SINTEF, 2019).

6.3 Forsøk

Resultater av platebelastningstestene er lagt frem i tabellform for hver av konstruksjonene, hvor setning, E-modul og bæreevne er inkludert. Testene ble utført med platebelastningsutstyret HMP PDGpro fra HMP Company og resultatene ble nedskrevet på selvlaget skjema. Resultatene vil i dette delkapittelet sammenliknes, diskuteres og drøftes for alle tre konstruksjoner samlet, hvor også validiteten til resultatene vurderes.

6.3.1 Resultatets betydning

Setning

Tabellen nedenfor viser en sammenlikning av setningene for de tre konstruksjonene, oppgitt i millimeter. Setningene sier noe om stivheten til materialet, hvor komprimeringsarbeidet er en vesentlig faktor.

Trinn	Belastning	Konstruksjon 1	Konstruksjon 2	Konstruksjon 3
Trinn 1	0	0	0	0
	50	0,12	0,06	0,14
	180	0,16	0,32	0,18
	300	0,18	0,56	0,20
	420	0,20	0,58	0,28
	500	0,20	0,62	0,28
	600	0,26	0,62	0,28
Trinn 2	0	0,28	0,70	0,28
	50	0,28	0,72	0,30
	180	0,28	0,74	0,32
	300	0,28	0,74	0,36
	420	0,28	0,76	0,36
	500	0,30	0,76	0,44
	600	0,30	0,78	0,42

Tabell 39, Sammenlikning av setninger, utarbeidet fra vedlegg 1.

Generelt sett er setningsverdiene lave for konstruksjonene, da ingen belastningstrinn får setningen til å overstige 0,78 mm. Dette indikerer stivt og komprimeringsvennlig materiale. Det viser seg at konstruksjon nummer én totalt sett har lavest setningsverdi og konstruksjon nummer to har en del høyere setningsverdi enn de andre konstruksjonene.

Bæreevne

Hensikten med forsøket er å finne ut hvilke av konstruksjonene som gir best bæreevne, ved mest mulig like forutsetninger. Derfor sammenliknes E_2 -verdien for alle konstruksjonene, som viser stivhetsgraden og dermed bæreevnen.

	Konstruksjon 1	Konstruksjon 2	Konstruksjon 3
Bæreevne (E_2-verdi)	4 725,0 MPa	2 362,5 MPa	945,0 MPa

Tabell 40, Sammenlikning av E_2 -verdi, utarbeidet fra vedlegg 1.

Resultatene angir igjen at konstruksjon nummer én har best verdi. Samtidig viser resultatene at konstruksjon nummer tre har minst E_2 -verdi, selv om den har mindre setninger enn konstruksjon to.

Komprimeringsgrad, E_2/E_1

Det er hensiktsmessig å sammenlikne komprimeringsgraden til de tre konstruksjonene, for å fastsette om forutsetningene er like.

	Konstruksjon 1	Konstruksjon 2	Konstruksjon 3
Komprimeringsgrad	3,5	11,4	1,75

Tabell 41, Sammenlikning av komprimeringsgrad E_2/E_1 , utarbeidet fra vedlegg 1.

Kravene til komprimering i håndbok N200 er at E_2/E_1 skal være mindre enn eller lik 2,5, mens E_2 skal være større enn 150 MPa (Statens Vegvesen, 2018c). I henhold til disse kravene er det kun konstruksjon tre som har godkjent komprimering. Konstruksjon to har en komprimeringsgrad som er langt ifra tilstrekkelig, og skiller seg ut sammenliknet med de andre konstruksjonene.

Samlet resultat

Totalt er det konstruksjon én som kommer best ut av platebelastningstesten, og som scorer høyest på det viktigste feltet: Bæreevne. Materialene som er benyttet i konstruksjon to og tre har 6,25 % dårlige LA-verdi og 20% dårligere Micro-Deval- verdi enn materialer til konstruksjon én, hvis man setter testresultatene opp mot hverandre. Dersom platebelastningstestene ses på som valide, vil resultatene indikere at marginalt dårligere styrkeegenskaper på materialet har mye å si på bæreevnen.

6.3.2 Resultatenes validitet

For å kunne avgjøre om forsøket kan gi en indikator på noe som helst, må validiteten vurderes. Herunder gjelder eventuelle feilkilder som kan ha påvirkning på resultatet, forhold som har påvirkningskraft eller avvik fra gjeldende prosedyre.

Klima

Platebelastningstestene ble utført 15. april 2021 i Stryn kommune på Vestlandet, hvor værforholdene generelt er varierende. I perioden før konstruksjonene ble oppført var det relativt mildt og ingen nedbør i form av snø. Etter utlegging kom det derimot store mengder snø og generelt kaldere temperaturer. Temperaturen steg uken før testene ble gjennomført og store mengder av snøen smeltet. Selv om bachelorgruppen var klar over at klimaet ga ugunstige forhold, ble testene gjennomført til planlagt tidspunkt.

Dagen for gjennomføring av testene lå temperaturen på rundt 10 °C, det var ingen nedbør og sol hele dagen. Isolert sett tolkes værforholdene denne dagen som gode, for gjennomføring av tester. Forholdene inne i konstruksjonene kan betraktes som ugunstige, da vannmetningsgraden kan ha vært for høy grunnet snøsmeltning. Samtidig kan det ha vært noe tele inne i konstruksjonene, som også er ugunstig.

Direkte påvirkningen på resultatet fra de klimatiske forholdene er utfordrende å fastsette, det kan derimot ikke ses bort ifra at de har hatt en innvirkning. Det er kjent at teleløsningen om våren forårsaker en svikt i bæreevnen, på grunn av vannmetningsgraden (Statens vegvesen, 2017b). Det kan derfor tenkes at platebelastningen ville gitt andre resultater dersom de ble utført på sommerhalvåret.

Forsøksmetode

Forsøksmetoden hevdes å klassifiseres som god, da den legger til rette for like forhold for alle konstruksjonene. Det er derimot enkelte elementer i metoden som kan ha hatt innvirkning på resultatene.

Bruken av knust asfalt er et faglig diskutabelt tema, da det er vanskelig å oppnå tilstrekkelig komprimeringsgrad. Dette kan dermed ha en innvirkning, siden komprimeringen påvirker stivheten og stivheten påvirker bæreevnen. Det kunne derfor vært hensiktsmessig å utføre platebelastningen direkte på kulden, for å eliminere denne usikkerhetsfaktoren.

Konstruksjonene fikk cirka én måned på å «sette seg», før platebelastningen tok sted. Samtidig var værforholdene ugunstige og trafikken over konstruksjonene var heller ikke tilstrekkelig. Disse faktorene kan ha innvirkning på resultatet og gruppen skulle helst sett at konstruksjonene stod litt lengre før testene ble utført.

Prøvetakning

Platebelastningstestene ble utført av bachelorgruppen selv, med veiledning fra produsent av utstyret. Utstyret var rimelig nytt og veiledet prosessen fint, men det er fortsatt rom for menneskelig svikt. Det mest kritiske punktet av målingene er å holde belastningen konstant ved hvert lastetrinn, her kan små feil ha forekommet.

Før belastningstesten kunne utføres måtte utstyret settes opp korrekt, dette innebar at selve platen ble vatret opp. Her ble det benyttet litt 0/8 sprengstein, som kan ha innvirkning på resultatet. Ved konstruksjon to ble det benyttet mer 0/8 enn ved de andre konstruksjonene, da utleggingen her viste seg å være ujevn. 0/8 er en veldig finkornet masse uten mye motstandsevne og kan derfor føre til økte setninger ved større mengder.

Grunnet tidspress ble det kun målt ett punkt pr. konstruksjon, dermed finnes det ikke noen sammenlikning av resultater for den enkelte konstruksjon. Aller helst skulle det blitt tatt flere målinger av hver konstruksjon, slik at setningsresultatet er sammenliknbart og avvik dermed kan noteres.

Resultatene angir for lav komprimeringsgrad for to av konstruksjonene, i henhold til håndbok N200. Samtidig avviker komprimeringsgraden mye fra hverandre. Spesielt konstruksjon to avviker mye fra både krav og de to andre konstruksjonene. Komprimeringsgraden påvirker resultatet direkte, ved at økt stivhet gir økt bæreevne. Dermed kan det stilles spørsmål om konstruksjonene har like forhold for testing.

Total påvirkning

Den totale påvirkningen fra ytre faktorer og eventuelle feilkilder vises ved konstruksjon to. Den har større avvik fra de andre konstruksjonene ved både sammenlikning av setninger og komprimeringsgrad. Her er det komprimeringsgraden som er spesielt interessant, da den avgjør om alle testene er utført under like forhold. Resultatene som fremkommer av platebelastningen er også noe unormale på dette punktet, da komprimeringsgraden ikke er lineær. Overfartene i komprimeringsdelen ble økt lineært med økning i tykkelse og korngraderingen til begge materialtypene er samtidig nokså like.

Vegkonstruksjon	Antall overfarter	Komprimeringsgrad
Konstruksjon 1, 33 cm	4	3,5
Konstruksjon 2, 49,5 cm	5	11,4
Konstruksjon 3, 66 cm	6	1,75

Tabell 42, Sammenlikning overfarter og komprimeringsgrad, utarbeidet fra vedlegg 1..

Dersom grunnforholdene hadde vært like, tilsier fornuft at komprimeringsgraden ville økt eller minket lineært siden antall overfarter ble økt lineært. Derfor kan validiteten til resultatene være diskutabel, siden like forhold for testing ikke er blitt oppnådd.

6.4 Diskusjon og analyse av forskningsspørsmål

I arbeidet med å besvare bacheloroppgavens problemstilling vil bruk av begrepet «bærekraftig utvikling» være særdeles sentralt. Hvorvidt økt benyttelse av stedlige masser i vegbygging er et tiltak som ganger samfunnet, bør begrepet undersøkes nærmere i lys av bacheloroppgavens tematikk.

6.4.1 Samfunnsmessige forhold

Brundtland-kommisjonens definisjon på bærekraftig utvikling er til stadig gjeldene for dagens samfunn. Regjeringen er bekymret for stadig økende klimatiske variasjoner (Meld. St.(2016-2017), 2017), økonomi og sosiale forhold er til stadig viktige punkter på dagsorden. Skal økt benyttelse av stedlige masser innen vegbygging være et tiltak for bærekraftig utvikling, må det dekke dagens transportbehov uten at det går på bekostning av fremtidige generasjoners behov.

Fremtidige generasjoners behov kan være tilgang på ren luft, et levelig klima, eller andre miljømessige faktorer som påvirkes av CO₂-utslipp. Et annet aspekt som vil ha stor betydning for kommende generasjoner vil være økonomi. Dagens levestandard i Norge er i stor grad takket være oljepenger som ikke utgjør en utømmelig men dog stor pengesekk. Økonomiske behov som dekkes og tas for gitt av oljegenasjonen vil ikke alltid bestå dersom velferdsstaten svinner hen. Dersom velferdsstaten skal bestå må staten kontinuerlig finne nye måter som gjør at pengene investeres og ikke bare forbrukes. Verdensbefolkningen antas å øke drastisk i fremtiden, og det vil dermed også være et økende behov for sysselsetting i det norske samfunnet. Ved automatisering og effektivisering av samfunnet vil pengebruken kunne minskes, men det vil igjen kunne være rimelig å anta at også arbeidsplasser kan gå tapt. Dersom økt benyttelse av stedlige masser i forsterkningslaget vil medføre et stort tap av arbeidsplasser, kan det dermed diskuteres hvorvidt tiltaket er bærekraftig.

Sosiale forhold, økonomi og klima utgjør grunnpilarene i begrepet, og må dermed oppfylles på en tilfredsstillende måte for å kunne utgjøre bærekraftig utvikling. I lys av bacheloroppgavens resultater viser det seg at det er lønnsomt med benyttelse av stedlige masser i et økonomisk perspektiv. Dermed kan store summer av pengepotten på 44,669 milliarder som staten årlig øremerker vegformål (Meld. St.(2016-2017), 2017), blitt brukt annerledes. Det kan være hensiktsmessig å investere disse pengene i bærekraftige løsninger ellers i vegsektoren, eller til å dekke behov helt andre steder i samfunnet. Dette bidrar også til regjeringens ønske om mer effektiv vegbygging i Norge. I bacheloroppgavens resultatdel for miljøanalysen, hevdes det at et innledende større utslipp bør anses som en investeringskostnad for totalt lavere utslipp. Det samme kan hevdes å være tilfelle for det økonomiske perspektivet ved benyttelse av stedlige masser.

Kostnaden for byråkrati, forskning, rapporter og workshoper for å utrede økt benyttelse av stedlige masser vil ikke være gratis. Videre arbeid og utredning for å belyse problematikken som denne bacheloroppgaven omhandler vil utgjøre en stor kostnad for samfunnet. Dette bør på samme måte anses som en investeringskostnad for kunne spare samfunnet og kommende generasjoner for store summer og klimagassutslipp i årene som kommer.

For sosiale forhold og klima vil det være et noe mer nyansert bilde når det kommer til lønnsomhet ved økt benyttelse av stedlige masser innen vegbygging. Det fremkommer av miljøanalysen at bruken av stedlige masser er mest lønnsomt ved de største dimensjoneringsbreddene og ved stor avstand til pukkverk for de mindre breddene. For noen av dimensjoneringsklassene vil det medføre større utslipp av klimagasser ved å benytte stedlige masser. Dette er fordi klimagassutslipp som følger av økt forsterkningstykkelse ikke kompenseres for alle avstandsintervallene til pukkverk. Gjennom NTP blir det tydeliggjort at regjeringen ønsker en satsning for tilretteleggelse av modulvogntog (Meld. St.(2016-2017), 2017). På bakgrunn av denne satsningen, kan det være snakk om fokus på store motorveger og ikke små kommunale veger. For motorveg vil det utgjøre store besparelser av klimagassutslipp, ved økt benyttelse av stedlige masser i forsterkningslaget.

Når det kommer til sosiale forhold, vil økt benyttelse av stedlige masser føre til et redusert behov for pukkverk og færre lastebilsjåførere til transport av masser. Benyttelse av stedlige masser fører derimot til en økt forsterkningstykkelse og økt arbeidstid for sjiktet, som igjen vil føre til mer sysselsetting på anlegget. Et mobilt knuse- og sorteringsverk er nødvendig ved reproduksjon av stedlige masser, det vil føre til behov for erfarent personell som kan veie opp for mindre sysselsetting hos pukkverkene.



Figur 26: Bærekraftig utviklings tre pilarer: Miljø og klima, økonomi, sosiale forhold (Forente nasjoner (FN), 2019).

6.4.2 Andre institusjoner og stedlige masser

SVV har ledet en «klimaworkshop», som har bestått av en bred og åpen idemyldring med innspill fra bransjens fagarbeidere. I etterkant har de benyttet eksterne konsulenter, for å avgjøre hvilke innspill som kan bety mest for å minske klimagassutslippene fra vegbygging i Norge. Rapporten konkluderer med at bruk av lokale grusmasser til frostsikring er av rapportens nest mest lovende tiltak (Statens vegvesen, 2020b). Frostsikring er ikke gjenstand for undersøkelse i denne bacheloroppgaven, men resultatene kan i aller høyeste grad gjøre seg gjeldene for andre deler av overbygningen og andre vegtyper. Resultatene gjør seg også direkte overførbare til andre infrastrukturer i samfunnet, som bygging av jernbane og vindmølleparker. Bruk av lokal grus til frostsikring beskrives å kunne begrense transportbehovet i prosjekter betraktelig, og vil dermed medføre store besparelser av både utslipp og kostnader (Statens vegvesen, 2020b).

En annen interessant oppdagelse fra rapporten er de tredje mest lovende tiltakene. Herunder beskrives knusing i linja (Bruk av mobilt knuse- og sorteringsverk red.anm.) som et tiltak for å redusere transportbehovet betraktelig og dermed utslippet. Et slik anlegg er noe dyrere i drift enn bruk av stasjonære knuseverk, men denne kostnaden vil kunne bli dekket opp av det reduserte transportbehovet. En slik etablering vil derimot kunne ha negative konsekvenser for nærmiljøet. SVV kommenterer tiltaket avslutningsvis ved å anbefale at knusing i linja bør favoriseres foran økt transport (Statens vegvesen, 2020b).

Rapporten for innovasjonsprosjektet «Kortreist stein» tar også for seg tematikken som denne bacheloroppgaven belyser. Prosjektet med Veidekke Entreprenør AS og SINTEF omhandler å minimere transport av masser utenfra og fokusere i større grad på benyttelse av stedlige masser i samferdselsprosjekter. Bakgrunnen for prosjektet er at Veidekke er en av de største tunnelentreprenørene i Norge, og har i lengre tid sett at kortreise masser i større grad kunne vært utnyttet tilbake i prosjektet. Veidekke mener det foreligger store besparelser for både miljø og økonomi ved bruk av kortreis stein (SINTEF, 2019).

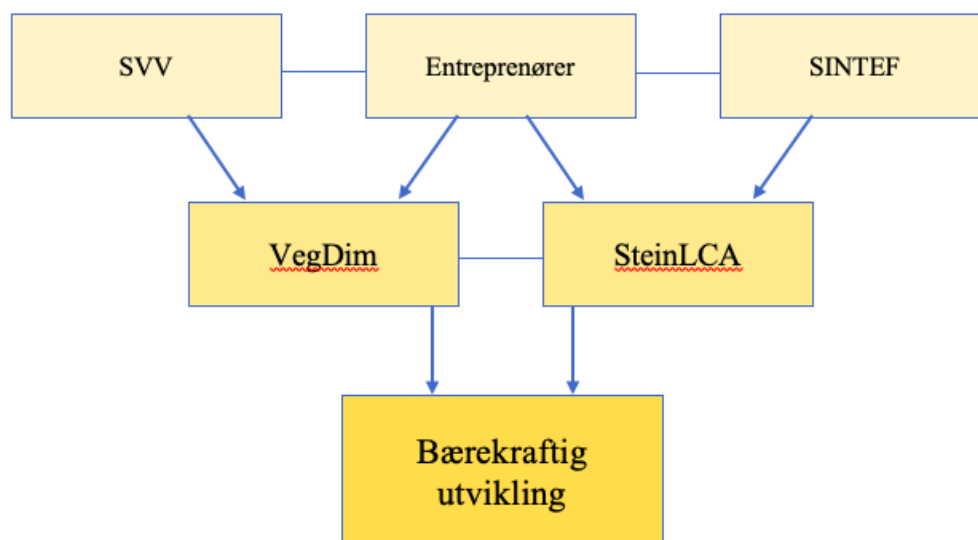
Rapporten presenterer funn fra Diego M. Barberis doktorgradsavhandlingen, som har undersøkt muligheten for å benytte overskuddsmasser som ikke tilfredsstiller norske krav. Barberis forskning viser at det er mulig å tilsette stabiliserende stoffer som gjør at masser med dårligere kvalitet tåler større belastning. Dette omtales som en bærekraftig og kostnadseffektiv anvendelse (SINTEF, 2019). Dersom Barberis metode gjør at stedlige masser av dårligere kvalitet kan oppnå bedre kvalitet, vil også nåværende krav kunne benyttes videre. Dette medfører at det ikke vil være behov for en økt tykkelse på forsterkningslaget og mindre klimagassutslipp som følger av at «investeringskostnaden» som omtales i miljøanalysen forsvinner. Det er uvisst hvilken effekt de stabiliserende stoffene vil ha på miljøet, men det antas at bruken vil utgjøre mindre utslipp enn ved forbrenning av fossilt drivstoff.

Dette er variabler som eventuelt burde kunne utforskes nærmere gjennom rapportens verktøy «SteinLCA». Det er ikke kjent for bachelorgruppen hvilke inngangsdata som kan benyttes i verktøyet, men bruk av SteinLCA skal bidra til å beregne klimagassutslipp ved forskjellige scenarier for steinhåndtering (SINTEF, 2019).

SINTEF er ikke alene om interessen for fagfeltet som omfatter benyttelse av stedlige masser. SVV opprettet i 2018 et forsknings- og utviklingsprogram som går under navnet VegDim. Hensikten med FoU-programmet er å utvikle og ta i bruk et analytisk dimensjoneringsverktøy for vegbygging. Verktøyet skal tilpasses norske forhold slik at miljøeffekter og livsløpskostnader blir medberegnet ved optimalisering og planlegging av vegkonstruksjoner (Statens vegvesen, 2021a). Faggrupeleder for vegteknologi Brynhild Snilsberg forteller at en av bieffektene for prosjektet er at det kan bli lettere å anvende stedlige masser. Hun mener det nødvendigvis ikke er billigere, men det kan gi større fleksibilitet og valgmulighet. Snilsberg forteller videre at verktøyet vil gi essensiell informasjon i forbindelse med vurdering av miljøbelastning eller levetidskostnader (Søderholm, 2020).

Dimensjoneringsverktøyet er ikke publisert for allmennheten, og bachelorgruppen har dermed ingen forutsetning for å vite hvilke inngangsdata som er mulig å benytte. Etter Snilsbergs utsagn om hvilken informasjon dette verktøyet vil gi, er det derimot svært sannsynlig at det vil være mulig å bruke inngangsdata rundt benyttelse av stedlige masser.

Dimensjoneringsverktøyet hevdes å kunne gi konsekvenser av ulike materialvalg. Dette vil dermed styrke muligheten for å avdekke hvilke situasjoner det vil være kostnadseffektivt og miljømessig rett å velge stedlige masser. Bruken av et slik verktøy med inngangsdata for stedlige masser i lys av miljø og økonomi vil kunne styrke vegsektorens bærekraftige utvikling.



Figur 27, prosesser for bærekraft, egenprodusert.

7 Konklusjon

Økonomisk kalkyle

Benyttelse av stedlige masser i forsterkningslaget er et godt økonomisk tiltak innen vegbygging. Den potensielle besparelsen gjelder ikke bare forsterkningslaget, men kan også gjøres gjeldende for andre sjikt. Det konkluderes at økt benyttelse av stedlige masser dessuten kan føre til økonomisk besparelse for andre næringsprosjekter, som jernbane, vindmøllepark, industritomter og byggefelt.

Totalt sett vil samfunnet og entreprenører ha stor økonomisk gevinst på lignende tiltak. Den økonomiske kalkylen viser at den potensielle besparelsen øker betraktelig ved økning i avstand til pukkverk, gitt alle antagelser og forutsetninger.

Miljøanalyse

I et miljøperspektiv vil økt benyttelse av stedlige masser være ugunstig for noen dimensjoneringsklasser. Bachelorgruppen har foretatt antagelser om økt tykkelse på forsterkningslaget, som medfører økt utslipp på anlegget. For de minste dimensjoneringsbreddene vil flere av avstandsintervallene ikke veie opp for det økte utslippet på anlegget. For de største dimensjoneringsbreddene vil det økte utslippet på anlegget være betydelig mindre enn utslippene som bespares, ved flere av avstandsintervallene.

Totalt sett vil det være størst besparelse av klimagassutslipp ved å benytte stedlige masser for de største dimensjoneringsbreddene. Det er med andre ord svært utslippsbesparende å benytte stedlige masser til utbygging av motorveg og lignende prosjekter.

Forsøk

Platebelastningstestene indikerer at marginalt bedre styrkeegenskaper på massene har overraskende mye å si for bæreevnen. Konstruksjon én, med de beste massene og minste forsterkningstykkelse angir: 50 % høyere E_2 -verdi enn konstruksjon to og 80% høyere enn konstruksjon tre. E_2 -verdien er platebelastningstestens mål på bæreevne, dermed kan det konkluderes at konstruksjon én har best bæreevne av konstruksjonene i forsøket.

Validiteten til testene anses som usikker, ut ifra resultatene viser det seg at konstruksjonene ikke har like forhold for testing. Dette vil dermed skape en usikkerhet rundt resultatet, fordi komprimeringsgraden ikke er i nærheten av sammenlignbar for alle konstruksjonene. Samtidig viker konstruksjon to stort fra de andre, som kan tyde på lav testnøyaktighet.

Været ved testing la heller ikke til rette for optimale forhold, da disse var langt ifra ideelle. Med alle disse punktene i forbehold, kan ikke testresultatene benyttes som indikasjon på at det er mulig å benytte stedlige masser som har for dårlig materialkvalitet.

Problemstilling

«Er det bærekraftig å øke utnyttelsesgraden av stedlige masser?»

Bachelorgruppens ønske med utforskning av valgte problemstilling var å undersøke bærekraft ved økt benyttelse av stedlige masser. For å konkludere har det vært nødvendig å se nærmere på økonomiske-, sosiale- og miljømessige forhold knyttet til valgt gjenstand for undersøkelse.

Opgavens triangulerte metodetilnærming har gitt hvert sitt resultatsett, som oppsummert underbygger gruppens hypotese. Denne hypotesen tilsier at det er bærekraftig å benytte økte mengder stedlige masser. På tross av de undersøkte faktorene, som: Mindre sysselsetting, lokale utslippsøkninger og redusert materialkvalitet. Økt benyttelse av stedlige masser kan gi en stor anslått kostnadsbesparelse og et redusert klimagassutslipp for store dimensjoneringsbredder. Dette vil totalt sett resulterer i generell styrking i arbeidet mot å nå nasjonens klimamål og et mer bærekraftig samfunn.

7.1 Videre forskning

Til tross for at bachelorgruppen ikke har kommet frem til en holdbar konklusjon på forsøket, vil benyttelse av stedlige masser fortsatt være bærekraftig for kvalitetsmasser.

Bachelorgruppen anbefaler videre forskning innenfor materialkvalitet og økning av forsterkningstykkelse. Begrensningene ved gruppens forsøk, som: For høy materialkvalitet på de dårlige massene og den begrensede validiteten, medfører at det er hensiktsmessig med nye forsøk. De anbefalte endringene i forsøksmetoden er:

- ◆ Dårligere materialkvalitet på de «dårlige» massene, LA-verdi > 35 og Micro-Deval-verdi > 20 .
- ◆ Større omfangsområde og flere belastningstester pr. vegkonstruksjon.
- ◆ Oppnå lik komprimeringsgrad for alle vegkonstruksjoner, før E₂-verdi noteres og bestemmes.
- ◆ La konstruksjonene belastes mer og i lengre tidsperiode enn i bachelorgruppens forsøk.
- ◆ Eventuelt vurdere benyttelse av nedbøyingsmålinger med fallodd istedenfor platebelastningstest.
- ◆ Vurdere videre forsøk hvor det benyttes stabiliserende stoffer, som anbefales gjennom Barberis doktorgradsavhandling.

For videre forskning tilknyttet økonomiske fordeler for stedlige masser, har bachelorgruppen følgende anbefalinger:

- ◆ Utdypende analyser om faktorene rundt tidsbruk for oppføring, laste-/lossetid og reiseveg. I tillegg til en analyse om faktisk dieselbruk.

For videre kartlegging og forskning av klimagassutslipp ved norske veganlegg, har bachelorgruppen følgende anbefalinger:

- ◆ Ytterligere redegjørelse av klimagassutslipp som følger av endring i forsterkningslagets tykkelse.
- ◆ Analyse av hvordan knuse- og sorteringsverk påvirker nærmiljøet ved veganlegg.

I bærekraftens ånd er det viktig å alltid etterstrebe nye tiltak og reformer som fremmer både miljø- og økonomigevinster og som samtidig ikke svekker sosiale forhold. Slike tiltak kan omfatte:

- ◆ Bedre regionale planer for benyttelse av stedlige masser.
- ◆ Tydeligere retningslinjer om byggherres ansvar for kartlegging av bergmasser i tidligfasen av prosjekter.

Litteraturliste

- Asplan Viak (2019) *Universitetet i Oslo - Klimaregnskap UIO 2018*. Tilgjengelig fra: <https://www.uio.no/om/strategi/miljo/klimaregnskap/uio-klimaregnskap-202018.pdf> (Hentet: 05/03 2021).
- Astrid Amundsen (2020) *Eurokrav og typegodkjenning av kjøretøy*. Tilgjengelig fra: <https://www.tiltak.no/0-overordnede-virkemidler/0-1-miljoe-lover-og-retningslinjer/o-1-9/> (Hentet: 07/05 2021).
- Bane Nor (2020) *Ringeriksbanen og E16 - fellesprosjektet*. Tilgjengelig fra: <https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/ringeriksbanenoge16/> (Hentet: 19/04 2021).
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (2016) *Samfunnets kritiske funksjoner*. Tilgjengelig fra: https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/kiks-2_januar.pdf (Hentet: 12/03 2021).
- Feiring AS (2021) *Pukk og grus*. Tilgjengelig fra: <https://feiring.no/pukk-og-grus/> (Hentet: 21/04 2021).
- Forente nasjoner (FN) (2019) *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling> (Hentet: 18/03 2021).
- Forente nasjoner (FN) (2020) *Stopp klimaendringene*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene> (Hentet: 17/03 2021).
- Forente nasjoner (FN) (2021a) *Last ned grafikk* [grafikk]. Finnes ved FN.no. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/last-ned-grafikk> (Hentet: 17/03-2021).
- Forente nasjoner (FN) (2021b) *Ansvarlig forbruk og produksjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon> (Hentet: 03/05 2021).
- Forente nasjoner (FN) (2021c) *Industri, innovasjon og infrastruktur*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/industri-innovasjon-og-infrastruktur> (Hentet: 03/05 2021).
- Forurensningsforskriften (2009) *Forskrift om begrensnig av forurensning* (forurensningsforskriften). Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_8-7#KAPITTEL_8-7 (Hentet: 03.03.2021).
- Franzefoss (2020) *Tonnkalkulator*. Tilgjengelig fra: <https://www.franzefoss.no/pukk-og-grus/pukk/> (Hentet: 14/02 2021).
- Franzefoss (2021) *Prisliste Vinterbro 2021*. Tilgjengelig fra: <https://f.hubspotusercontent30.net/hubfs/3918481/Vinterbro%202021.pdf> (Hentet: 11/02 2021).
- Gunnar Holth Grusforretning AS (2021) *Mobilknusing*. Tilgjengelig fra: <https://www.gholth.no/tjenester/mobilknusing/> (Hentet: 03/03 2021).
- Klima- og miljødepartementet (2020) *Norge forsterker klimamålet for 2030 til minst 50 prosent og opp mot 55 prosent*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norge-forsterker-klimamalet-for-2030-til-minst-50-prosent-og-opp-mot-55-prosent/id2689679/> (Hentet: 16/03 2021).
- Klimaloven (2017) *Lov om klimamål*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60> (Hentet: 18/02 2021).
- Marit Fladvad og Jostein Aksnes (2014) *Planlegging og utførelse av komprimeringsarbeid*. (Varige veger 2011-2014 284). Vegvesen.no: Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen. Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2658779/Rapport%20284%20Planlegging%20og%20ut>

- [f%c3%b8relse%20av%20komprimeringsarbeid%20varige%20veger%202011-2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#) (Hentet: 03/03-2021).
- Meld. St.(2016-2017) (2017) *Nasjonal transportplan 2018-2029*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/> (Hentet: 25/01.2021).
- Miljødirektoratet (2020a) *Stabile utslipp av klimagasser*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/> (Hentet: 04/03 2021).
- Miljødirektoratet (2020b) *Klimakur 2030 - Tiltak og virkemidler mot 2030*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf> (Hentet: 29/01 2021).
- Miljødirektoratet (2021a) *Beregne effekt av ulike klimatiltak*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/beregne-effekt-av-ulike-klimatiltak/> (Hentet: 21/02 2021).
- Miljødirektoratet (2021b) *Spørsmål og svar*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/sporsmal-og-svar/> (Hentet: 07/05 2021).
- Nils Sigurd Uthus (2010) *Bruk av knust stein eller sprengt stein i forsterkningslag*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/290283/binary/512548> (Hentet: 02/03 2021).
- Norges geologiske undersøkelse (2017) *Kortreiste byggeråstoffer - starter med kartlegging*. Tilgjengelig fra: https://www.ngu.no/sites/default/files/Fokusark_nr_3_2017_Kortreiste_Bygger%C3%A5stoffer.pdf (Hentet: 01/02 2021).
- Nye Veier (2021) *Vår filosofi*. Tilgjengelig fra: <https://www.nyeveier.no/om-oss/> (Hentet: 20/04 2021).
- Plan- og bygningsloven (2021) *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71> (Hentet: 04/03 2021).
- Pon Equipment og Pon Rental AS (2021) Personlig kommunikasjon med salgsavdelingen.
- Ringdal, K. (2013) *Enhet og mangfold - samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode, 3. utgave*. 3. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Samferdselsdepartementet (2019) *Samferdselsministeren ber Nye Veier vurdere hvilke veistrekninger som gir mest vei for pengene*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/samferdselsministeren-ber-nye-veier-vurdere-hvilke-veistrekninger-som-gir-mest-vei-for-pengene/id2661656/> (Hentet: 18/03 2021).
- Samferdselsdepartementet (2021a) *Handlingsplan for fossilfrie anleggsplasser innen transportsektoren*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/3d6b7057d6eb4e50a97c9f8d2eb50896/handlingsplan-for-fossilfrie-anleggsplasser-innen-transportsektoren..pdf> (Hentet: 31/01 2021).
- Samferdselsdepartementet (2021b) *Nasjonal transportplan 2022-2033: Viken*. Regjeringen.no: Samferdselsdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/nasjonal-transportplan/innsiktsartikler/nasjonal-transportplan-2022-2033-fylkesoversikter/nasjonal-transportplan-2022-2033-viken/id2839371/>.
- Scania Norge (2021a) *G-Serien*. Tilgjengelig fra: <https://www.scania.com/no/no/home/products-and-services/trucks/our-range/new-g-series/performance.html> (Hentet: 07/04 2021).

- Scania Norge (2021b) *Dumper Scania 6x4*. Tilgjengelig fra:
<https://www.scania.com/no/no/home/products-and-services/trucks/our-range/ScaniaKomplett/ProduktoversiktLangtransport11/DumperScania6x4.html>
(Hentet: 17/02 2021).
- Scania Norge (2021c) *Dumper Zetterbergs 8x4*4*. Tilgjengelig fra:
<https://www.scania.com/no/no/home/products-and-services/trucks/our-range/ScaniaKomplett/ProduktoversiktLangtransport11/DumperScania6x421.html>
(Hentet: 22/04 2021).
- SINTEF (2019) *Kortreist stein, oppnådde resultater (2016-2019)*. Tilgjengelig fra:
<https://www.sintef.no/globalassets/project/kortreist-stein/kortreist-stein-sluttrapport-final.pdf> (Hentet: 26/04 2021).
- SINTEF Fag (2020) *Nullutslippsgravemaskin. Læringsutbytte fra elektifisering av anleggsmaskiner*. Tilgjengelig fra:
https://www.sintefbok.no/book/index/1252/nullutslippsgravemaskin_laeringsutbytte_fra_elektrifisering_av_anleggsmaskiner (Hentet: 19/04 2021).
- Standard Norge (1998) *NS-EN 933-5 - Prøvmetoder for geometriske egenskaper for tilslag – Del 5: Bestemmelse av prosentinnhold av knuste korn i grovt tilslag*. Tilgjengelig fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=142894> (Hentet: 08/03 2021).
- Standard Norge (2004) *NS 3458:2004 - Komprimering*. Tilgjengelig fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=133817> (Hentet: 08/03 2021).
- Standard Norge (2009) *NS-EN 13242 - Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging*. Tilgjengelig fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=382832> (Hentet: 08/03 2021).
- Standard Norge (2011) *NS-EN 1097-1 - Prøvmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 1: Bestemmelse av motstand mot slitasje (micro-Deval)*. Tilgjengelig fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=479403> (Hentet: 08/03 2021).
- Standard Norge (2012a) *NS-EN 933-1 - Prøvmetoder for geometriske egenskaper for tilslag - Del 1: Bestemmelse av kornstørrelsesfordeling - Sikteanalyse*. Tilgjengelig fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=524953> (Hentet: 08/03 2021).
- Standard Norge (2012b) *NS-EN 933-3 - Prøvmetoder for geometriske egenskaper for tilslag – Del 3: Bestemmelse av kornform – Flisighetsindeks*. Tilgjengelig fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=524954> (Hentet: 08/03 2021).
- Standard Norge (2018) *NS-EN 13285 - Mekanisk stabiliserte masser*. Tilgjengelig fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=992127> (Hentet: 08/03 2021).
- Standard Norge (2019) *NS 3468 - Grove steinmaterialer til bruk i bygge- og anleggsarbeid – Spesifikasjon*. Tilgjengelig fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1017400> (Hentet: 08/03 2021).

- Standard Norge (2020) *NS-EN 1097-2 - Prøvningsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag: Del 2: Metoder for bestemmelse av motstand mot knusing*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1133151> (Hentet: 08/03 2021).
- Statens vegvesen (2016a) *Håndbok R210_Laboratorieundersøkelser*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/attachment/185231/binary/1276518?fast_title=H%C3%A5ndbok+R210+Laboratorieunders%C3%B8kelser+%2811+MB%29.pdf (Hentet: 03/03 2021).
- Statens vegvesen (2016b) *Lærebok Vegteknologi*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/attachment/1431251/binary/1120246?fast_title=SVV+rapport+626+L%C3%A6rebok+Vegteknologi.pdf (Hentet: 19/01 2021).
- Statens vegvesen (2017a) *Definisjonsliste for Statens vegvesens håndbøker*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/om-handbokene/vegnormalene/definisjoner> (Hentet: 19/01 2021).
- Statens vegvesen (2017b) *Telehiv*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/telehiv> (Hentet: 26/04 2021).
- Statens vegvesen (2018a) *Bituminøse bindemidler*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/vegteknologi/vegbyggingsmaterialer/bituminose-bindemidler> (Hentet: 09/03 2021).
- Statens vegvesen (2018b) *Generelt om veg-konstruksjonen*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/vegteknologi/vegbyggingsmaterialer> (Hentet: 02/03 2021).
- Statens Vegvesen (2018c) *Håndbok N200_Vegbygging*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf (Hentet: 20/01 2021).
- Statens vegvesen (2019a) *N100_Veg- og gateutforming*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/61414> (Hentet: 11/02 2021).
- Statens vegvesen (2019b) *Om håndbøkene*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/om-handbokene> (Hentet: 21/01 2021).
- Statens vegvesen (2019c) *God plan for bruk av 9,8 millioner kubikkmeter stein fra Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/Europaveg/e16buskerud/nyhetsarkiv/god-plan-for-bruk-av-9-8-millioner-kubikkmeter-stein-fra-fellesprosjektet-ringeriksbanen-og-e16> (Hentet: 19/04 2021).
- Statens vegvesen (2019d) *Myndighetsforhold i vegbygging*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/nyheter/myndighetsforhold-i-vegbygging> (Hentet: 24/01 2021).
- Statens vegvesen (2020a) *Nasjonal transportplan*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/nasjonal-transportplan> (Hentet: 24/01 2021).
- Statens vegvesen (2020b) *Rapport klimaworkshop - klimatiltak ved bygging av ny veg*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/attachment/2971505?ts=1722c6a46f0&fast_title=%C2%ABKlimatiltak+ved+bygging+av+ny+veg%C2%BB (Hentet: 14/03 2021).
- Statens vegvesen (2021a) *VegDim*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/forskning-innovasjon-og-utvikling/pagaende-programmer-og-prosjekter/vegdim> (Hentet: 02/02 2021).

Statens vegvesen (2021b) *Håndbok R211_Feltundersøkelser*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/attachment/111560/binary/1393759?fast_title=H%C3%A5ndbok+R211+Feltunders%C3%B8kelser+%2815+MB%29.pdf (Hentet: 04/03 2021).

Søderholm, J. (2020) *Vil gjøre det enklere å bruke stedlige masser i veibygging*. Tilgjengelig fra: <https://anleggsmaskinen.no/2020/05/vil-gjore-det-enklere-a-bruke-stedlige-masser-i-veibygging/> (Hentet: 28/04 2021).

Vedlegg

VEDLEGG 1: FORSØKSRAPPORT.....	- 1 -
VEDLEGG 2: INTERVJU, ANTATT TIMEVERK.....	- 15 -
INTERVJU 1, JAN LIMA	- 15 -
INTERVJU 2, TOR BJØRNSSEN	- 16 -
INTERVJU 3, KNUT OLAV HERMANRUD.....	- 17 -
VEDLEGG 3: INTERVJU, PRISSETTING KNUSE- OG SORTERINGSVERK	- 18 -
VEDLEGG 4: TESTRESULTATER MASSER, LABTEST AS	- 19 -
MASSER, VEGKONSTRUKSJON 1	- 19 -
MASSER, VEGKONSTRUKSJON 2 OG 3	- 21 -
VEDLEGG 5: PRISLISTE MASKINER, HÆHRE ENTREPRENØR AS	- 23 -
VEDLEGG 6: «ANLEGGSMASKINER-DRIVSTOFFENDRING», EXCEL-ARK MILJØDIREKTORATET	- 24 -
VEDLEGG 7: «LASTEBIL OG VAREBIL – TEKNOLOGI OG KJØRELENGDETILTAK», EXCEL-ARK MILJØDIREKTORATET	- 25 -
.....	- 25 -

Vedlegg 1: Forsøksrapport

FORSØKSRAPPORT

Førsøkssted: Flotunnelen, Stryn kommune, Vestlandet fylke .

Tidspunkt: 22.mars 2021 – 15. april 2021.

Gjennomført av: Lars Ingvald Hermanrud og Anders Nybu Hansen.

Beskrivelse: Praktisk forsøk ifm. gjennomføring av bacheloroppgave ved NTNU våren 2021.

Bilder: Samtlige fotografi er tatt av bachelorgruppen.



Steg 1

Det første steget av forsøket var å finne et passende område på anlegget til Hæhre Entreprenør AS som kunne benyttes til forsøket. Deretter ryddet bachelorgruppen hele det valgte området for gjenstander og ting som måtte fjernes. Da området var ferdig klaret, startet arbeidet med å grave ut det trappeformede rektangelet som var nødvendig for forsøket.

Steg 2

Når det trappeformede området var ferdig utgravd med gravemaskin ble området valset med seks overfarter på samtlige områder. Som det fremgår på bildet til venstre, er strekningen oppdelt i tre forskjellige konstruksjoner. Hensikten med disse tre er:

- Vegkonstruksjon 1: Minste tillatte tykkelse for forsterkningslag med kvalitetsmasser, 33cm.
- Vegkonstruksjon 2: 50% tykkere forsterkningslag ved bruk av stedlige masser, 49,5cm.
- Vegkonstruksjon 3: 100% tykkere forsterkningslag ved bruk av stedlige masser, 66cm.



Følgende masser ble benyttet til utlegging av konstruksjon 1:



Følgende masser ble benyttet til utlegging av konstruksjon 2 og 3:



Steg 3

Etter at massene ble utlagt til ønsket høyde på sine respektive konstruksjoner, ble området igjen valset med fire overfarter for konstruksjon 1, fem for konstruksjon 2 og seks for konstruksjon 3. I tillegg til tydelig merking ble det også foretatt innmåling med GPS. Dette er for å kunne skille de tre områdene fra hverandre når det skal gjennomføres platebelastningstest på et senere tidspunkt.



Steg 4

Det avsluttende laget av den oppbygde vegbanen består av knust asfalt. Dette laget ble lagt ut i en høyde på 7cm. Dette laget ble på lik linje valset for å oppnå ønsket komprimering.



Nedenfor er det ferdige resultatet av bachelorgruppens forsøk avbildet.



Steg 5

15. april 2021 utfører gruppen det siste leddet i forsøket: Platebelastningstesten. Utstyret tas med fra Vikersund og opp til Stryn, hvor testene utføres ved hjelp av bukken på en vals.



Platetesten utføres i henhold til håndbok R211, hvor det beskrives seks belastningstrinn i to omganger. Belastningen i håndbok R211 oppgis i kilonewton (kN/m^2), mens i utstyret og tilhørende plansje oppgis belastningen i meganewton (mN/m^2).

Veiplatetest R211 og DIN 18134

R 211V			DIN 18134		
Antall	Trykk 300	Tid	Antall	Trykk 600	Tid
1	0,020	10 min sekunder	1	0,010	10 sekunder
Måleuret villes på 0					
Første belastning			Første belastning		
2	0,050	10 min ikke beveger	2	0,020	10 sekunder
3	0,180	10 min eller mer enn ett min	3	0,040	10 sekunder*
4	0,300	0,102 min pr. min	4	0,080	10 sekunder*
5	0,420		5	0,120	10 sekunder*
6	0,500		6	0,160	10 sekunder*
7	0,600		7	0,200	10 sekunder*
8			8	0,250	10 sekunder*
Avlasting			Avlasting		
Følleses langsomt til 0			9	0,125	10 sek. 2 minutt
			10	0,062	
			11	0,005	
Andre belastning			Andre belastning		
9	0,050	10 min ikke beveger	12	0,020	10 sekunder
10	0,180	10 min eller mer enn ett min	13	0,040	10 sekunder*
11	0,300	0,102 min pr. sek.	14	0,080	10 sekunder*
12	0,420		15	0,120	10 sekunder*
13	0,500		16	0,160	10 sekunder*
14	0,600		17	0,200	10 sekunder*

*Måleuret villes, eller til betingelsesløsheten er null
*Måleuret skal holdes konstant på hvert belastning. Ved for høy last, HVE senke!



Resultater fra forsøket

Resultatene fra det utførte forsøket presenteres i hoveddokumentet, hvor det blir gjort rede for feilkilder o.l. Dokumentasjon i form av skjemaer for komprimering, platebelastning og bilder fra målingene er lagt ved i denne rapporten.

Foretakssystem FS-System Kvalitet			
Komprimering av fylling og forsterkningslag			Dok. Nr. FS03-KSD-ENT-KSD-S01
Godkjenner: Knut Harstad	Fagl g ansvarlig: Tor Bjørnsen	Utarbeidet dato 08.10.2009	Side 1 av 1
Adm. og publisering: Marimette Rynning	Opplatert av AS/MR	Rev. Dato 13.3.2016	Ref. ISO std

Sist endret: Kortere tabell og lagt til kommentarfelt

Stedsangivelse: Flotunnelen

Vips nr. n/a

Massetype: Kult 22/125 / Kruvet asfalt

Maskin nr. n/a

Dato:	Profil Fra	Profil Til	Høyde under ferdig veg/betong/bane	Lag-tykkelse i meter	Antall overfarter	Total vekt (vals)	Sign. Maskin kjører
23/3-21	0	8,5	0,05 m	0,35	4	15t	LH
23/3-21	8,5	17	0,05 m	0,495	5	15t	LH
23/3-21	17	25,5	0,05 m	0,66	6	15t	LH
23/3-21	0	8,5	0 m	0,05	2	15t	LH
23/3-21	8,5	17	0 m	0,05	2	15t	LH
23/3-21	17	25,5	0 m	0,05	2	15t	LH

Kontrollert Bas/Formann: Dato: AH

Mottatt Anleggsleder / KS-ansv: Dato: LH

Dokumentasjon, Platebelastningstest

Platebelastning

Prosjekt: Bacheloroppgave : Førstekningslag
 Dato: 15/04-2021
 Utførende: Lars Hennestad : JVL
 Værforhold: Sol, 10°C
 Lag: Kult 22/125, 33 cm, nr. 1
 Profil: 1

Belastningstrinn	Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
Oppstart	0	0,22
	20	0
Trinn 1	0	0
	50	0,12
	180	0,16
	300	0,18
	420	0,20
	500	0,20
	600	0,26
	0	0,28
Trinn 2	50	0,28
	180	0,28
	300	0,28
	420	0,28
	500	0,30
	600	0,30
	0	0,34
Nedtrapping	0	0,34

$$E_{v1} = -1350 \text{ MN/m}^2$$

$$E_{v2} = -4725 \text{ MN/m}^2$$

$$\frac{E_{v2}}{E_{v1}} = 3,5$$

Platebelastning

Prosjekt: Bacheloroppgave: Forsterkningslag
 Dato: 15/04-2021
 Utførende: Lars Heimannud, 2H
 Værforhold: Sol, 10°C
 Lag: Kvt 22/125, 49,5cm, Nr. 2
 Profil: 2

Belastningstrinn	Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
Oppstart	0	0,84 0,84 0,13
	20	0
Trinn 1	0	0
	50	0,06
	180	0,32
	300	0,50
	420	0,58
	500	0,62
	600	0,62
	Trinn 2	0
	50	0,72
	180	0,74
	300	0,74
	420	0,76
	500	0,76
	600	0,78
Nedtrapping	0	0,84

$$E_{v1} = 198,66 \text{ MN/m}^2$$

$$E_{v2} = 2315,7 \text{ MN/m}^2$$

$$\frac{E_{v2}}{E_{v1}} = 11,66$$

Platebelastning

Prosjekt: Bacheloroppgave: Fønstekningslag
 Dato: 15/04-2021
 Utførende: Lars Hermund: LH
 Værforhold: Sol, 10°C
 Lag: Kult 22/125, 66cm, nr. 3
 Profil: 3

Belastningstrinn	Belastning (kN/m ²)	Setning (mm)
Oppstart	0	0,90
	20	1,20 2,0
Trinn 1	0	0
	50	0,14
	180	0,18
	300	0,20
	420	0,25
	500	0,28
	600	0,28
	0	0,28
Trinn 2	50	0,30
	180	0,32
	300	0,36
	420	0,36
	500	0,44
	600	0,42
	0	0,44 0,42
Nedtrapping	0	

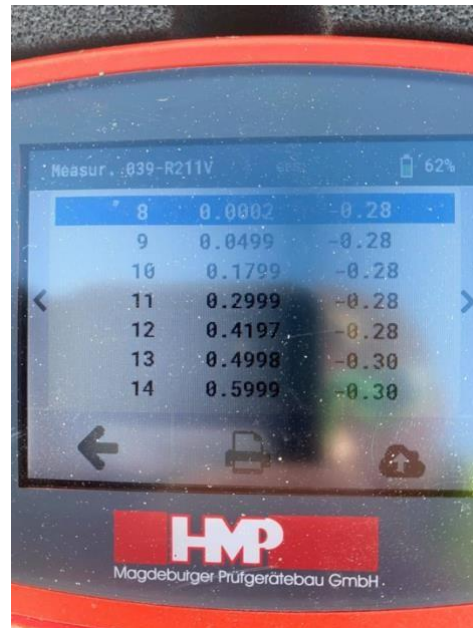
$$E_{v1} = 756,53 \text{ MN/m}^2$$

$$E_{v2} = 885,53 \text{ MN/m}^2$$

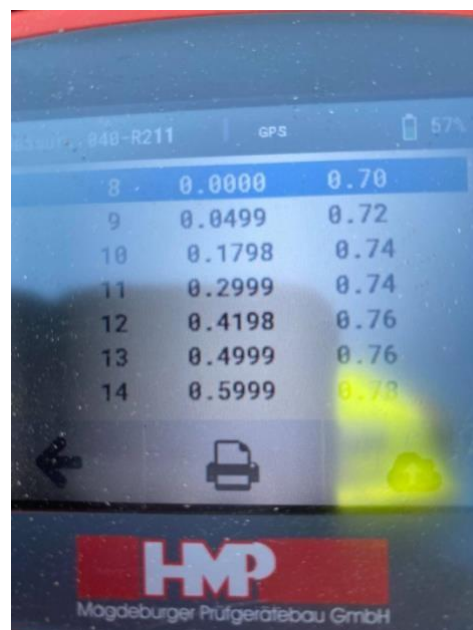
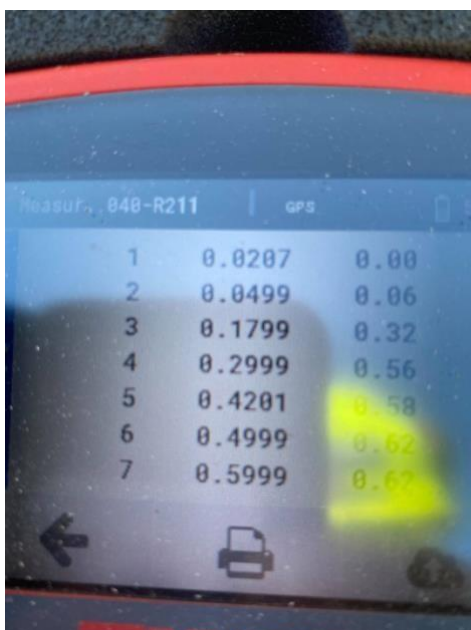
$$\frac{E_{v2}}{E_{v1}} = \underline{1,17}$$

Bilder, Platebelastningstest

Vegkonstruksjon 1, 33 cm:



Vegkonstruksjon 2, 49,5 cm:



Vegkonstruksjon 3, 66 cm:



Vedlegg 2: Intervju, antatt timeverk

Intervju 1, Jan Lima

Intervju – Antatt timeverk

Bacheloroppgave 2021, NTNU Gjøvik

Tema:	Forsterkningslag
Handling:	Stedlige masser
Bachelorgruppe:	Lars Ingvald Hermanrud, Anders Nybu Hansen
Formål:	Kartlegge mulige besparelser ved god benyttelse av stedlige masser
Intervjuobjekter:	Jan Lima, Prosjektleder, Hæhre Entreprenør AS Tor Bjørnsen, Anleggsleder, Hæhre Entreprenør AS Knut Olav Hermanrud, Anleggsleder, Hæhre Entreprenør AS

1.1 Spørsmålsformulering

Hva vil du anslå at totalt timeverk på oppføring av forsterkningslag er, ved disse rammene?:

- Dimensjoneringsbredde = 9 m
- Veistrekke = 1000 m
- Forsterkningstykkelse = 33 cm
- Maskin for utlegging: Høvel
- Massetype: Kult 22/125
- Lastebiltype for massetransport: Tippsemi, 15m³ lastekapasitet
- Forutsetter flyt i arbeidet: Lite til ingen ventetid for høvel + komprimering gjennomføres fortløpende

1.2 Svar

Antatt timebruk for oppføring av forsterkningslaget:

41 t

1.3 Samtykkeerklæring

Jeg samtykker at dette svaret kan benyttes i bacheloroppgaven til studentene Lars I. Hermanrud og Anders N. Hansen. Samtidig som mitt navn kan nevnes som kilde til anslaget og dermed også inngå i bacheloroppgaven. Det kan forekomme publisering av oppgaven på NTNU sine åpne sider for aktuelt fakultet: Fakultet for ingeniørvitenskap. Muntlig presentasjon av oppgaven kan være åpent for publikum.

Navn:

JAN LIMA

Dato:

22/3-2021

Signatur:

Jan Lima

Intervju – Antatt timeverk

Bacheloroppgave 2021, NTNU Gjøvik

Tema:	Forsterkningslag
Handling:	Stedlige masser
Bachelorgruppe:	Lars Ingvald Hermanrud, Anders Nybu Hansen
Formål:	Kartlegge mulige besparelser ved god benyttelse av stedlige masser
Intervjuobjekter:	Jan Lima, Prosjektleder, Hæhre Entreprenør AS Tor Bjørnsen, Anleggsleder, Hæhre Entreprenør AS Knut Olav Hermanrud, Anleggsleder, Hæhre Entreprenør AS

1.1 Spørsmålsformulering

Hva vil du anslå at totalt timeverk på oppføring av forsterkningslag er, ved disse rammene?:

- Dimensjoneringsbredde = 9 m
- Veistrekke = 1000 m
- Forsterkningstykkelse = 33 cm
- Maskin for utlegging: Høvel
- Massetype: Kult 22/125
- Lastebiltype for massetransport: Tippsemi, 15m³ lastekapasitet
- Forutsetter flyt i arbeidet: Lite til ingen ventetid for høvel + komprimering gjennomføres fortløpende

1.2 Svar

Antatt timebruk for oppføring av forsterkningslaget: 50 t

1.3 Samtykkeerklæring

Jeg samtykker at dette svaret kan benyttes i bacheloroppgaven til studentene Lars I. Hermanrud og Anders N. Hansen. Samtidig som mitt navn kan nevnes som kilde til anslaget og dermed også inngå i bacheloroppgaven. Det kan forekomme publisering av oppgaven på NTNU sine åpne sider for aktuelt fakultet: Fakultet for ingeniørvitenskap. Muntlig presentasjon av oppgaven kan være åpent for publikum.

Navn:

Dato:

Signatur:

TOR BJØRNSEN

20/3-21

Tor Bjørnsen

Intervju 3, Knut Olav Hermanrud

Intervju – Antatt timeverk

Bacheloroppgave 2021, NTNU Gjøvik

Tema:	Forsterkningslag
Handling:	Stedlige masser
Bachelorgruppe:	Lars Ingvald Hermanrud, Anders Nybu Hansen
Formål:	Kartlegge mulige besparelser ved god benyttelse av stedlige masser
Intervjuobjekter:	Jan Lima, Prosjektleder, Hæhre Entreprenør AS Tor Bjørnsen, Anleggsleder, Hæhre Entreprenør AS Knut Olav Hermanrud, Anleggsleder, Hæhre Entreprenør AS

1.1 Spørsmålsformulering

Hva vil du anslå at totalt timeverk på oppføring av forsterkningslag er, ved disse rammene?:

- Dimensjoneringsbredde = 9 m
- Veistrekke = 1000 m
- Forsterkningstykkelse = 33 cm
- Maskin for utlegging: Hovel
- Massetype: Kult 22/125
- Lastebiltype for massetransport: Tippsemi, 15m³ lastekapasitet
- Forutsetter flyt i arbeidet: Lite til ingen ventetid for hovel + komprimering gjennomføres fortløpende

1.2 Svar

Antatt timebruk for oppføring av forsterkningslaget: ca. 52 t

1.3 Samtykkeerklæring

Jeg samtykker at dette svaret kan benyttes i bacheloroppgaven til studentene Lars I. Hermanrud og Anders N. Hansen. Samtidig som mitt navn kan nevnes som kilde til anslaget og dermed også inngå i bacheloroppgaven. Det kan forekomme publisering av oppgaven på NTNU sine åpne sider for aktuelt fakultet: Fakultet for ingeniørvitenskap. Muntlig presentasjon av oppgaven kan være åpent for publikum.

Navn:

Dato:

Signatur:

Knut Hermanrud

22/3-21

Knut Hermanrud

Vedlegg 3: Intervju, prissetting knuse- og sorteringsverk

Prissetting, knuse- og sorteringsverk

Bacheloroppgave 2021, NTNU Gjøvik

Tema: Forsterkningslag
Handling: Stedlige masser
Bacheloroppgave: Lars Ingvald Hermanrud, Anders Nybu Hansen
Formål: Kartlegge mulige besparelser ved god benyttelse av stedlige masser
Intervjuobjekt: Jens Vinsrygg, Vinsrygg Maskin AS

1.1 Spørsmålsformulering

Hva er Vinsrygg Maskin AS sin «listepris» på mobilt knuse- og sorteringsverk?

- Enhet kr/m³
- Må være mulig å produsere stein i dimensjon 22/125

1.2 Svar

Pris på mobilt knuse- og sorteringsverk: 23 kr/m³ tonn

Hva er inkludert i prisen: Alt, gratis blegg over
15000 tonn, Hjulastør, 15t graven,
grovknuser og sorteringsverk

1.3 Samtykkeerklæring

Jeg samtykker at dette svaret kan benyttes i bacheloroppgaven til studentene Lars I. Hermanrud og Anders N. Hansen. Somtidig som firmanavnet kan nevnes som kilde til prissettingen og dermed også inngå i bacheloroppgaven. Det kan forekomme publisering av oppgaven på NTNU sine åpne sider for aktuelt fakultet: Fakultet for ingeniørvitenskap. Muntlig presentasjon av oppgaven kan være åpent for publikum.

Navn:

Jens Vinsrygg

Dato:

25/3-21

Signatur:

[Handwritten Signature]

Vedlegg 4: Testresultater masser, Labtest AS

Masser, vegkonstruksjon 1

LAB TEST															Generert region										
Samløst statistikk tilslag																									
Oppdragsnr.	299200013				Navn	Hæhre Entreprenør AS, Tunnel Blakset				Massetaknr.		Navn													
Vegprosjektnr.		Navn					Grenseverdinr.		Navn																
Kundenr.		Navn					Fraksjon (mm)		Dato																
Kategori/Serie	Pr.nr.	Dato	Grensev.nr	Kundenr	Stedskode	Øvre	Pr/nedre	<20µm	<63µm	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0	4.0	5.6	6.3	8.0	11.2	22.4	63.0	180.0	LA	M _{DE}
299200013	2	20.05.2020	00-006-02						10.3 (22,4 mm)	10.3	13.9	17.3	22.0	29.2	43.1	69.8	93.4	98.1	100.0	100.0					
299200013	3	20.05.2020	22-125-01		Flo lager															1.0	2.0	51.7	100.0		
299200013	4	20.05.2020	22-125-01		P 400															1.7	3.8	43.1	100.0		
299200013	5	20.05.2020	22-125-01		P 1350															0.5	3.3	39.0	100.0	15	8

Forkortelse	Beskrivelse
LA	Los Angeles-verdi
M _{DE}	Micro-Deval-koeffisient

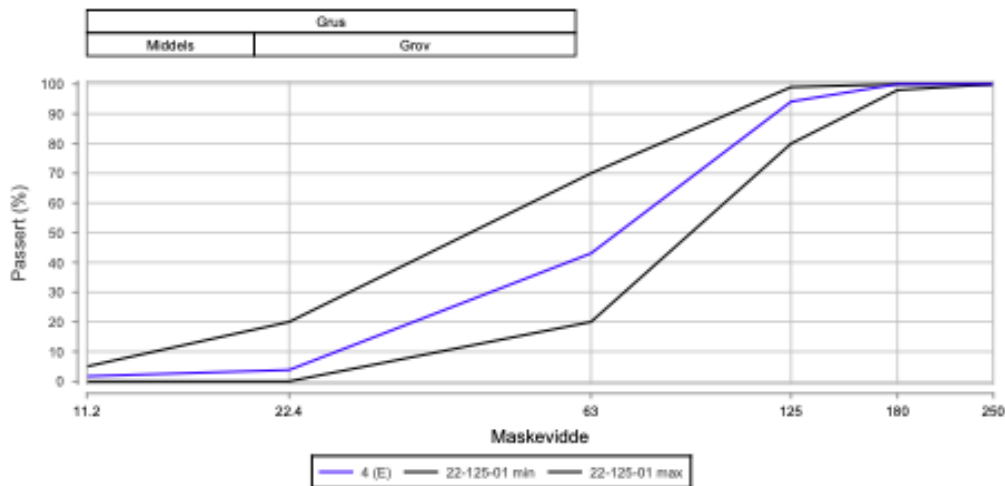
Oppdragnr. **299200013** Oppdragsnavn **Hæhre Entreprenør AS. Tunnel Blakset**
 Prosjektnummer Prosjektnavn
 Ansvarsområde Ansvarlig

Prøvedata

Prøvenr	4 _(E)				
Uttatt dato	20.05.2020				
Uttatt kl.	08:00				
Uttakssted	Lager				
Analysetype	Våtsikt				
Massetak					
Består av	Krust fjell				
Grenseverdi nr.	22-125-01				
Vegnr/HP					
Meter/profil	400				
Avstand høyre kant					
Dybde	-				
Vanninnhold (%)	0.3				
Vannabsorpsjon (%)					
Humus (Gledetap)					
Fraksjon (mm)	22.4 - 125.0				
Overstørrelse	5.9				
Understørrelse	3.8				
% <63µm av <delstikt					
% <20µm av <delstikt					
Finstoffinnhold f					
Godkjent siktetkurve	Ja				

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	mm					
	11.2	22.4	63	125	180	250
4 _(E)	1.7	3.8	43.1	94.1	100.0	100.0



Pr.nr	Vegnr	Meter/profil	HP	Avst.hk.	Dybde(m)	Jordart	Cu ¹ = Cu ¹⁰⁰	TG
4 _(E)					-		3.0	

 Sted: Vinstra

 Dato: 28.05.2020

 Signatur: Stian Dahle

Masser, vegkonstruksjon 2 og 3

LAB TEST										Generert region															
Oppdragnr.										299200013															
Vegprosjektnr.										Hæhre Entreprenør AS. Tunnel Blakset															
Kundenr.										Massetaknr.															
										Grenseverdinr.															
										22-125-01															
										Fraksjon (mm)															
										22.4 - 125.0															
										Dato															
										Pukk Gc 80/20 22,4/125 mm															
Kategori/Serie										<20µm		<63µm		11.2		22.4		63.0		180.0		LA		M _{DE}	
Oppdmr.										Øvre				5.0		20.0		70.0		100.0					
Pr.nr.										Pr/fnedre				0.0		0.0		20.0		98.0					
Dato														1.1		5.6		39.8		100.0		16			
299200013																									
1 _(E)																									
07.05.2020																									
22-125-01																									
Kundenr																									
Stedskode																									
Pr/fnedre																									
Forkortelse										Beskrivelse															
LA										Los Angeles-verdi															
M _{DE}										Micro-Deval-koeffisient															

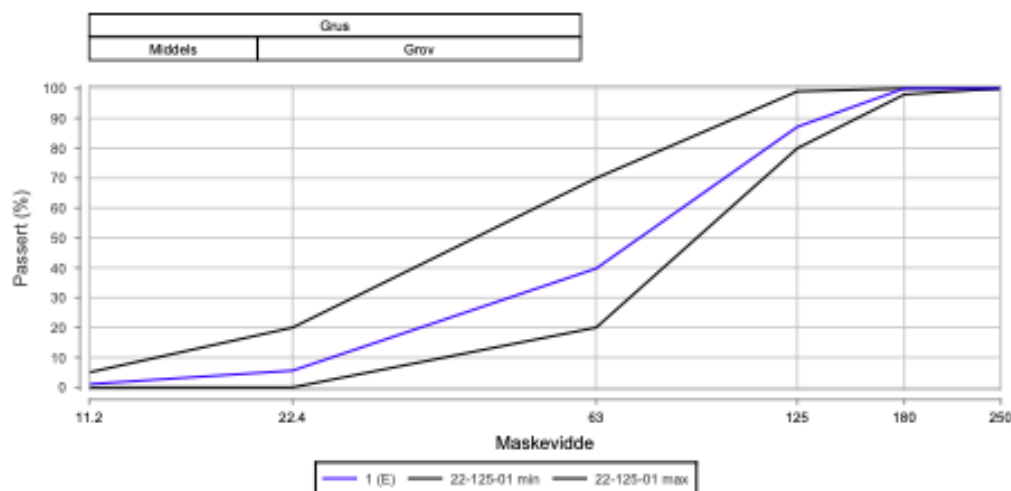
Oppdragnr. **299200013** Oppdragsnavn **Hæhre Entreprenør AS. Tunnel Blakset**
 Prosjektnummer Prosjektnavn
 Ansvarsområde Ansvarlig

Prøvedata

Prøvenr	1 (E)				
Uttatt dato	07.05.2020				
Uttatt kl.	08:00				
Uttakssted	På veg				
Analysetype	Våtsikt				
Massetak					
Består av	Knust fjell				
Grenseverdir.	22-125-01				
Vegnr/HP					
Meter/profil	840				
Avstand høyre kant					
Dybde	-				
Vanninnhold (%)	0.5				
Vannabsorpsjon (%)					
Humus (Glødetap)					
Fraksjon (mm)	22.4 - 125.0				
Overstørrelse	12.8				
Understørrelse	5.6				
% <63µm av <delstikt					
% <20µm av <delstikt					
Finstoffinnhold f					
Godkjent siktetekurve	Ja				

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	mm					
	11.2	22.4	63	125	180	250
1 (E)	1.1	5.6	39.8	87.2	100.0	100.0



Pr.nr	Vegnr	Meter/profil	HP	Avst.hk.	Dybde(m)	Jordart	Cu ⁰ = Cu(%)	TG
1 (E)					-		3.3	

 Sted: Vinstra

 Dato: 14.05.2020

 Signatur: Stian Dahle

Vedlegg 5: Prislister maskiner, Hæhre Entreprenør AS

E Svardokumenter

E4 Prisskjema: Timepriser for mannskap og maskiner


E4 - 2

Timepriser maskiner

Ønsket maskintype (byggherrens behov)	Vekt Løfte- kapasitet mv	Tilbudt maskin	Årsmodell Årstall	Timepris Kr/time	Timer	Sum pris
Maskiner inklusiv fører:						
Gravemaskin	0-20 tonn	Cat 316	2016	1200	200	240 000
Gravemaskin	20-50 tonn	Cat 324	2016	1500	200	300 000
Hjulaster		Cat 950	2016	1000	100	100 000
Dumper		Volvo A25	2015	1250	100	125 000
Lastebil		3-akslet	2015	1250	200	250 000
Vals	10 tonn			1000	50	50 000
Veghøvel		Cat 140	2015	1500	50	75 000
Borerigg				1500	100	150 000
Tunnelrigg		Atlas XF3		1500	100	150 000
Hjulgravemaskin		Cat M316	2015	1500	100	150 000
Korgbil/bakstufbil				1200	50	60 000
Mobilkran m korg	Min 30 meter	Terex AC50		1600	100	160 000
Trafikkavvikling - Ledebil				500	500	250 000

Vedlegg 6: «Anleggsmaskiner-drivstoffendring», Excel-ark

Miljødirektoratet



Nedlastingsdato: 18. februar 2021

Utfyllingsdato: 8. april 2021

Utfylt av: Anders Nybu Hansen

Notater: Resultat/output fra dette regnearket har blitt ført inn i egenproduserte tabeller under bacheloroppgavens delkapittel 5.2

Tiltak: Anleggsmaskiner – drivstoffendring

Utslippskilde: Dieseldrevne motorredskaper

Sist oppdatert: 15.06.2020

Tiltaksbeskrivelse

Dette regnearket beregner klimaeffekten av å redusere drivstoffbruket til dieseldrevne anleggsmaskiner. Regnearket kan for eksempel brukes til å beregne utslippsreduksjoner ved elektrifisering av anleggsmaskinparken. Regnearket kan også benyttes til å se på effekten av tiltak som reduserer bruken av fossilt drivstoff til anleggsmaskiner, som for eksempel redusert kjøring på tomgang.

For å beregne effekten av innblanding av biodrivstoff er det utviklet et eget regneark.

Inngangsdata for beregning

Dagens drivstofforbruk

1. Fyll inn antall liter drivstoff

Totalt utslipp per år

0,00 liter diesel/år
0,00 tonn CO₂-ekv

Energiforbruk etter tiltaket

2. Angi enten hvor stor andel av drivstoffbruket som erstattes av elektrisitet eller drivstofforbruk etter tiltaket

0,00 liter diesel/år
0,00 tonn CO₂-ekv

Veiledning

Grå eller er låste og skal ikke fylles inn

Gule celler må fylles inn for å gjennomføre beregningen

For å kunne benytte regnearket må du vite noe om hvordan tiltaket påvirker årlig drivstofforbruk for dieseldrevne anleggsmaskiner.

1. **Fyll inn** drivstofforbruk (antall liter diesel per år før tiltaket)

2. **Velg** hvor stor andel av drivstoffbruket som erstattes av elektrisitet eller **fill inn** totalt drivstofforbruk per år etter tiltaket.

Klimaeffekten av tiltaket vises deretter i tabellen under 'Beregnet effekt per år'.

Siden *bruk* av elektrisitet ikke har klimagassutslipp, er utslippsfaktoren for elektrisitet er satt lik 0. Indirekte utslipp som følge av *produksjon* av elektrisitet er ikke inkludert.

	Klimagasser i alt	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Utslipp uten tiltaket	0,00	0,00	0,0000	0,00	tonn CO ₂ -ekvivalenter
Utslipp dersom tiltaket gjennomføres	0,00	0,00	0,0000	0,00	tonn CO ₂ -ekvivalenter
Tiltakets effekt, reduksjon av utslipp	0,00	0,00	0,0000	0,00	tonn CO ₂ -ekvivalenter

Merknad: dersom *positive* tall vil tiltaket medføre en utslippsreduksjon.

Negative tall betyr økning i utslipp. Negative tall er merket rødt.

! *Bruk* av elektrisitet har ikke klimagassutslipp.

Utslippsfaktoren for elektrisitet er derfor satt til 0. Dette er beskrevet i arkene "Metode og bakgrunnsdata".

Vil tiltaket fanges opp i klimagassregnskapet for kommuner?

Effekten av tiltaket vil ikke bli fanget opp i utslippsregnskapet for "Dieseldrevne motorredskaper", der anleggsmaskiner inngår, på en helt nøyaktig måte. Dette skyldes at beregningene av utslipp fra denne kilden benytter oljeselskapenes kunderegistre for salg av ulike petroleumprodukter som datakilde. Forbruket av energivaren er ikke nødvendigvis i samme kommune som kundeadressen og noe av utslippsreduksjonen kan derfor tilfalle andre kommuner. En del av salget går også via videreforhandlere. I slike tilfeller er informasjonen om hvor sluttforbruket finner sted begrenset.

Verifisering av effekt

Effekten av tiltaket kan verifiseres ved å samle inn informasjon om mengde innkjøpt/forbruk av fossilt drivstoff før og etter tiltaket. Ideelt sett bør man ha informasjon om faktisk forbrukt mengde i dag og etter at tiltaket er innført, og andelen av drivstoffbruket som erstattes av elektrisitet. Innkjøpt mengde vil gi en god indikasjon dersom det ikke er mulig å innhente informasjon om faktisk forbruk.

Effekt av tiltaket over tid

Beregningene over anslår utslipp og mulige utslippsreduksjoner for ett år. Et tiltak vil ofte ha effekt på utslippene i mange år, og det bør gjøres en vurdering av hvordan utviklingen vil være over tid. Dersom kommunen har satt kvantifiserte mål for utslippsreduksjoner, for eksempel for 2030, må det vurderes hvordan tiltaket vil påvirke utslippene i målåret.

Relevante spørsmål er:

- Hvor lenge vil tiltaket vare (tiltakets levetid)?
- Hva skjer etter at tiltaket er ferdig? (Er det en varig ending, eller må tiltaket iverksettes på nytt for å få samme klimaeffekt over tid)?
- Gir tiltaket like stor utslippsreduksjon hvert år?
- Kjenner du til planlagte endringer i kommunen (utenom tiltaket) som vil påvirke effekten av tiltaket? Se beskrivelse om framskrivninger i veilederen for klima- og energiplanlegging: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/framskrivninger-og-beskrivelser-av-trender/>

Spørsmål? Har du spørsmål til hvordan du bruker tiltaksarket, eller om du finner feil eller mangler kan du kontakte oss på klimakommune@miljodir.no

METODE FOR Å BEREKNE EFFEKT

Effekten av tiltaket beregnes ved å sammenligne utslipp før og etter tiltaket. Den generelle formelen for beregning av utslipp er:

$Utslipp = aktivitetsnivå \cdot utslippsfaktor$

For dette tiltaket er aktivitetsnivå angitt som drivstofforbruk per år. Formelen blir da:

$Reduksjon \text{ i utslipp (kg CO}_2\text{-ekv/år)} = (mengde \text{ forbruk av energivare før tiltaket}(l) \cdot utslippsfaktor \text{ for energivare (kg CO}_2\text{-ekv/l)}) - (mengde \text{ forbruk av energivare etter tiltaket}(l) \cdot utslippsfaktor \text{ for energivare (kg CO}_2\text{-ekv/l)})$

Utslippsfaktorene er hentet fra det nasjonale utslippsregnskapet (National Inventory Report) og er basert på gjennomsnittlig utslipp fra dieseldrevne anleggsmaskiner for avgiftsfri anleggsgassdiesel, inkludert antakelser om alder, fordeling av motorstørrelse, belastning på motoren og driftstimer for bestanden. For CO₂ er utslippet direkte relatert til drivstofforbruk, så disse utslippsfaktorene er sikre. Utslippsfaktorene for metan (CH₄) og lystgass (N₂O) er mer avhengig av bruksmønstre og motorteknologi. I dette regnearket er generelle faktorer som ikke differensierer mellom ulike typer anleggsmaskiner (som eldre vs. nyere modeller, motorkapasitet etc.) benyttet. Det kan derfor være en viss usikkerhet forbundet med i hvilken grad utslippsfaktorene fanger opp variasjon i bestanden. For elektrisitet benyttes utslippsfaktor 0 fordi man kun ser på direkte utslipp ved bruk av energien (Scope 1, GHG Protocol). Indirekte utslipp som følge av *produksjon* av elektrisitet er med andre ord ikke inkludert.

Enheten "tonn CO₂-ekvivalenter" sammenveier utslipp av forskjellige klimagasser til den globale oppvarmingseffekten som utslipp av 1 tonn CO₂ har i løpet av 100 år.

