



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Fra gruveavfall til produkt for byggenæringen.

From mining waste to product for the construction industry.

313 - George Sudi Ishimwe

329 - Kjartan Flekke Øen

H02-300-1 Bacheloroppgave

Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap. Institutt for byggfag

Veileder: Svein-Rune Kleppe

Innleveringsdato: 25.05.2020

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle

kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.

Campus Førde, Svanehaugsvegen 1, 6812 FØRDE www.hvl.no

TITTEL H02-300-1 Bacheloroppgave	RAPPORTNR. 01	DATO 22.05.2020
PROSJEKTITTEL Fra gruveavfall til produkt for byggenæringen	TILGJENGLIG Åpen	TAL SIDER 91 Pluss vedlegg
FORFATTER George Sudi Ishimwe, Kjartan Øen	ANSVARLIGE RETTLEIARAR Svein-Rune Kleppe	
OPPDRAGSGIVER Høgskulen på Vestlandet		
<p>SAMANDRAG</p> <p>Hovedmål for prosjektet er undersøke om restmassene fra Nordic Mining sitt Engebø-prosjekt i Sunnfjord kommune, kan brukes i betongprodukter som byggenæringen kan ta nytte av.</p> <p>Effekt mål for prosjektet er å tilegne kunnskap om produktproduksjon, produkttesting, og deretter lage et produkt der restmassene blir brukt som et tilslag i produktet.</p> <p>Resultatmål for prosjektet er å evaluere bruksområder for restmassene fra Engebø som videre kan føre til en redusert mengde deponert avfall som igjen fører til positive miljømessige fordeler. Dette kan også inspirere neste generasjons studenter til å engasjere seg i lignende prosjekter.</p>		
<p>SUMMARY</p> <p>The main goal of the project have been investigated whether the residual masses from Nordic Mining's Engebø project in Sunnfjord can be used in concrete products that the construction industry can benefit from.</p> <p>The effect goals for the project are to acquire knowledge about product production, product testing, and develop a product in which the residual masses are used as an aggregate.</p> <p>The resulting goal of the project is to establish applications for Engebø's residual masses, which can further lead to a reduced amount of deposited masses, which in turn leads to positive environmental benefits. This may also inspire the next generation of students to engage in similar projects.</p>		
<p>EMNEORD</p> <p>Engebøprosjektet, Restmasser, deponi, betongprodukt, undersøkelser, bruksområde, reduksjon</p>		

Terminologi

Begreper	Beskrivelse
Brudd, bruddgrense	Styrken til en betong før den bryter sammen
Dagbruddsdrift	Gruvedrift som graver ut området ovenfra og ned.
Delmaterialer	De ulike materialene som blandes for å danne betong.
Effektivt vanninnhold	Vannet i betongblandingen som kun reagerer med sement
f_{ci}	Individuelt prøvingsresultat for trykkfasthet for betong.
f_{ck}	Karakteristisk trykkfasthet for betong
Fersk tilstand	Betong i ferdigblandet flytende form.
Flotasjon	En prosess som brukes for å skille ønskede og uønskede mineraler
Herdet tilstand	Betong i herdet og stiv form
Malm	Økonomiske mineraler som befinner seg i bergarter/steinmasser
Massetetthet	Massen av en mengde stoff, dividert på volumet av stoffmengden.
Overlagsmasser	Steinmasser som ligger over et ønsket mineral
Reguleringsplan	Et kart som viser fremtidig grunnutnyttelse i en kommune
Restmasse, restprodukt, overskudsmasser	Gruveavfall. Nedmalt steinmasse som består av bergarten Eklogitt
Støpelighet	Evnen en betong har til å gli ut og fylle støpeformen effektivt og uniformt.
Tilslag	Sand og stein som brukes i betong
Underjordsdrift	Gruvedrift under bakken i form av tunneler.
Vannutskillelse	Vann som separerer seg fra resten av betongblandingen.
elastisitetsmodul	Forholdet mellom fastheten og motstandsevnen mot deformasjon

Forord

Denne rapporten var utarbeidet i faget H02-300-1 Bacheloroppgave som ble tatt for seg våren 2020 på Campus Førde, Høgskolen på Vestlandet, i forbindelse med avsluttende Bachelorgrad som Bygg- og anleggsingeniør.

Bachelorgruppen består av George S. Ishimwe og Kjartan Øen som sammen utførte teoretiske og praktiske undersøkelser på restmasser fra Engebøfjellet som i dag er planlagt å deponeres i Førdefjorden.

Ambisjonen vår med dette prosjektet er å bidra til å redusere mengder restmasser som er planlagt å deponeres og samtidig inspirere andre studenter til å videreføre ambisjonen.

Vi ønsker å takke:

Kenneth Nakken fra Nordic Mining As som gav 60 kg restmasser fra Engebøprosjektet til forskningen.

Per Rune Kårstad fra Førde Sementvare AS for samarbeidsetablering og kontaktperson.

Førde Sementvare AS for disponering av laboratorium og utstyr.

Runar Rysjedal og Geir Birkeland fra Førde Sementvare AS for god veiledning og rådgiving av undersøkelsene i laboratoriet.

Olav Bergqvam ved Mo og Øyrane vgs, for utlån av støpeformer til benk.

Til slutt ønsker vi å takke veileder Svein Rune Kleppe fra institutt for byggfag ved HVL, for veiledning og rådgivning gjennom prosjektet.

Prosjektet er utført av undertegnede:

Navn: George Sudi Ishimwe

Signatur: *George Ishimwe*

Navn: Kjartan Flekke Øen

Signatur: *Kjartan Øen*

Førde, 22. Mai 2020

Sammendrag

Det har lenge vært mye debatter i Sunnfjord angående gruvedrift på Engebøfjellet. Debattene handler ofte om en frykt for at det omstridte fjorddeponiet som kommer med gruveindustrien kan negativt påvirke sjølivet i Førdefjorden. Nordic Mining planlegger dagbrudd som driftsmetode for å nå frem til det verdifulle mineralet rutil, som er hovedårsaken til store mengder restmasser som skal deponeres. Nordic Mining jobber selv med å finne bedre løsninger for å redusere mengden deponerte masser, og selskapet har selv utarbeidet en rapport om bruksområder for restmassen.

Hensikten med dette prosjektet var å undersøke om et bruksområde for restmassene eksisterer for betongprodukter som betongtilslag. For å kunne gjennomføre et slikt prosjekt supplerte Nordic Mining restmasser fra Engebø som ble analysert og testet i Førde Sementvares betonglaboratorium. Ved hjelp av Førde Sementvare sin metodikk og prøveprosedyrer de selv bruker på eget tilslag, ble det mulig å avgjøre om restmassene er et fungerende tilslag for betongprodukter som kan benyttes av byggenæringen.

Dette ble gjort ved å utføre en såkalt tilslagsanalyse som innebærer undersøkelse av fukt, densitet, humus, slam og korngradering. Ved hjelp av resultatene til tilslagsanalysen ble det da mulig å lage tre blandinger som skulle undersøkes. En Kontrollblanding som fungerte som eksperimentets referanse, en identisk blanding der 55.3% av originalt tilslag ble erstattet med restmasser fra Engebø. Begge blandingen ble produsert ut ifra samme resept og samme metodikk. Slik kunne resultatene sammenlignes som ga mulighet til å observere og vurdere hvordan restmassene påvirker sentrale egenskapene i betongen. Den tredje blandingen ble det utført et fraksjonsprang som betyr at restmassene ble optimalisert til 73.3%. Dette ble gjort hovedsakelig for å se hvordan en høyere mengde restmasse påvirket betongen.

Det ble videre gjennomført prøveprosedyrer i fersk tilstand som måling av konsistens og densitet for til slutt å støpe prøveterninger for deretter utføre vannabsorpsjonsprøve og trykktesting. Trykktestene ble kontrollert mot samsvarskriterier for trykkfasthet der resultatene på betongen som inneholdte restmasser viste godkjente resultater som konkluderte med et vellykket prosjekt.

Oppbygging av rapporten

Denne rapporten starter med å beskrive fagbegreper som brukes underveis i rapporten. Dette er gjort slik at innholdet blir forståelig og lettere å tolke underveis. Rapporten innledes ved å presentere Engebøprosjektet og hvorfor Nordic Mining skal drive gruvedrift. Her vil det bli gitt en innføring av hovedmålet med Engebøprosjektet, utgravingsmetoden, hva restmassene består av og produktmuligheter Nordic Mining selv har foreslått for restmassene som et reduksjonstiltak.

Deretter blir problemstillingen presentert sammen med målet og metodikken som var brukt for å kunne besvare problemstillingen. Rapporten vil videre gi en teoretisk innføring av byggematerialet betong, som er bruksområdet som undersøkes for restmassene.

Rapporten er utarbeidet slik at all teorigrunnlaget og metodikken som er nødvendig for tolkning av resultatene presenteres før den praktiske utførelsen. Her vil også hensikten på hvorfor slike testmetoder utføres bli presentert.

Rapporten vil deretter følge med et kapittel av den praktiske utførelsen. Dette kapitlet som kalles for «Utførelse og resultater» starter ved å beskrive hvordan tilslaget ble undersøkt slik at en kunne komme frem til en representativ betongblanding som kunne sammenlignes med en betongblanding som allerede brukes. Siden resultatene av tilslaget er det man bruker til å lage en ny blanding er den praktiske tilslagsanalysen av kapitlet bearbeidet eksplorerende, så resultatene av tilslagsanalysen legges fram og vurderer umiddelbart underveis i kapitlet.

Den samme metodikk som blir beskrevet i teoridelen var brukt i praksis og vil gjennom hele kapitlet bli praktisk beskrevet. Kapitlet som følger som kalles for «vurdering av fersk og herdet tilstand» blir resultatene av den ferske og herdete betongen som inneholder restmassen fra Engebø tolket og vurdert oppimot en representativ mye brukt betong fra Førde sementvare.

Rapporten avsluttes med en feilkildevurdering, produktutvikling og en økonomisk vurdering av restmassene. Til slutt vil rapporten gi en konklusjon som beskriver om restmasse er et fungerende tilslagsmateriale for betongprodukter og besvare problemstillingen direkte.

Innholdsfortegnelse

1.0 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn for prosjektet.....	1
1.2 Samarbeidspartnere	3
2.0 Problemstilling	4
3.0 Restmassene	5
3.1 Nedmalt eklogitt som råvare.....	6
4.0 Betong.....	7
4.1 Betongresept	10
4.1.1 Tilslag.....	11
4.1.2 Vann.....	12
4.1.3 Sement.....	12
4.1.4 Silica.....	13
4.1.5 Vann/sement forhold	13
4.1.6 Tilsetningsstoffer	14
4.2 Tilslagsanalyse	14
4.2.1 Tilslagets fuktighetsinnhold.....	15
4.2.2 Sikteanalyse av tilslag	15
4.2.3 Undersøkelse av humus- og slaminnhold	17
4.2.5 Undersøkelse av tilslagets densitet	19
4.3 Fersk betong.....	19
4.3.1 Blanding av prøvesats	20
4.3.2 Måling av konsistens/synkmål	20
4.3.3 Måling av luftinnhold og densitet.....	21
4.3.4 Støping av prøveterninger	22
4.4 Herdet betong	23
4.4.1 Kontroll av prøvens mål.....	23
4.4.2 Beregning av densitet.....	24
4.4.3 Prøving av vannabsorpsjon	24
4.4.4 Trykkprøving av betongterningene	25
4.4.5 Kontroll mot samsvarskriterier for trykkfasthet.	25
5.0 Gjennomføring og resultater	26
5.1 Betongresept	30
5.2 Tilslagsanalyse	31
5.2.1 Tilslagets fuktighetsinnhold.....	31
5.2.2 Sikteanalyse av tilslag	33
5.2.3 Undersøkelse av humus- og slaminnhold	39

5.2.5 Undersøkelse av tilslagetets densitet	42
5.2.7 Ferdig resepter	43
5.3 Fersk betong	51
5.3.1 Blanding av prøvesats	51
5.3.2 Måling av konsistens - synkmål	54
5.3.3 Måling av luftinnhold og densitet.....	55
5.3.4 Støping av prøvestykker	57
5.4 Herdet betong	60
5.4.1 Kontroll av prøvens mål	60
5.4.2 Beregning av densitet.....	61
5.4.3 Prøving av vannabsorpsjon	63
5.4.4 Trykkprøving av betongterningene	64
5.4.5 Kontroll mot samsvarskriterier for trykkfasthet.	66
6.0 Vurdering av fersk og herdet tilstand	67
6.1 Blanding av prøvesats.....	67
6.2 Måling av konsistens/synk	67
6.3 Densitet	69
6.4 Støping av prøvestykker	70
6.5 Kontroll av prøvens mål	70
6.6 Måling av vanntetthet og vannopptak.....	70
6.7 Trykkprøving	72
7.0 Feilkjelder	73
8.0 Produksjon	75
9.0 Økonomi.....	80
10.0 Konklusjon.....	82
11.0 Prosjektadministrasjon.....	84
11.1 Organisering	84
11.2 Gjennomføring	86
11.2.1 Loggføring og timeregistrering	86
11.2.2 Fremdriftsplan	87
11.2.3 Utgifter og økonomi	87
11.2.4 Møter.....	88
11.2 Risikovurdering og avvik	88
11.4 Prosjektevaluering	89
11.4.1 Kommunikasjon	89
11.4.2 Utdringer og læringsutbytte	90
12.0 Konklusjon av prosjektadministrasjon	91

Referanser	i
Vedleggsliste:	iii
Framdriftsplan.....	v
Timeforbruk	vii
Prosjektbeskrivelse H02-300-1	x
Innkallinger	xii
Statusrapporter	xiv
Møtereferat.	xviii
Beregninger	xxi
Vurdering av humus og beregning av slam:.....	xxi
Prøving av vannabsorpsjon	xxv
Avisartikler	xxvi
Motivasjonstale	xxix

1.0 Innledning

Dette er et forskingsprosjekt som ble bearbeidet med bakgrunn fra faget H02-300-1 Bacheloroppgave, som blir tatt for seg i det sjette og siste semesteret i Bygg- og anleggsingeniørutdanningen ved Campus Førde på Høgskulen på Vestlandet.

Bacheloroppgaven består av en rapport som gjenforteller forskingsprosjektet og sammen med en avsluttende presentasjon vurderes med karakter.

Prosjektet handler om overskuddsmassene fra Engebøprosjektet og har som hensikt å undersøke om restmassene fra Engebø er et fungerende tilslag for betongbaserte produkter der et vellykket resultat kan bidra til redusert deponi. Prosjektet vil gi kunnskap om restmassen vil fungere i betongprodukter som videre kan benyttes av byggenæringen.

1.1 Bakgrunn for prosjektet.

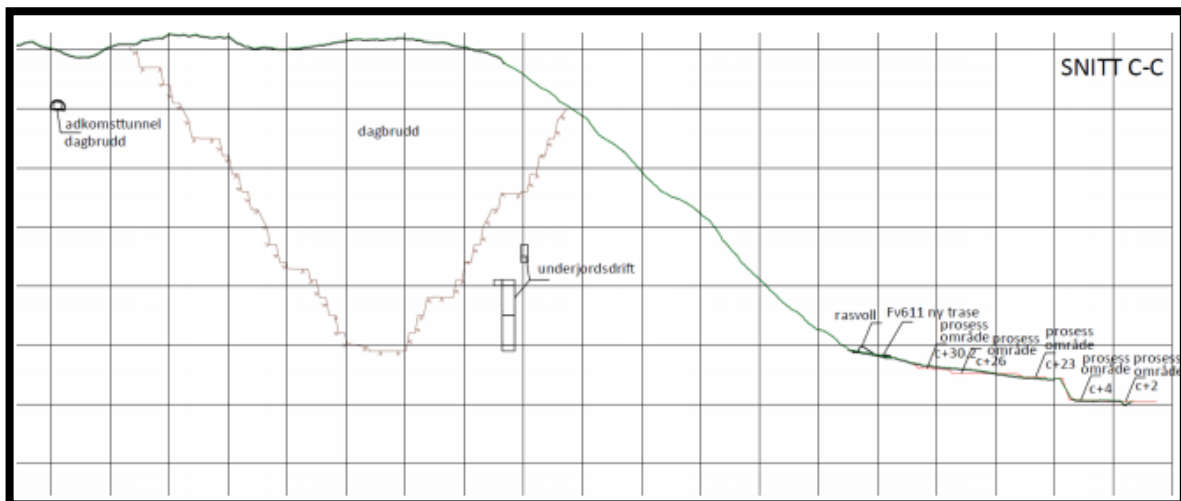
I 2011 fikk Nordic Mining AS reguleringsplanen for gruvedrift på Engebøfjellet vedtatt, og sammen med dette en tillatelse til å deponere store mengder restmasser i Førdefjorden. Bakgrunnen for gruvedriften er det verdifulle mineralet rutil, der Engebøfjellet inneholder et av verdens største forekomster av mineralet. Rutil kan brukes til å framstille rent titandioksid som brukes i universelle produkter som for eksempel iskrem, maling og papir. Titandioksid kan også bearbeides til å lage metallet titan, som i dagens samfunn vil ha stadig større og større betydning.



Figur 1: Viser kart over Førdefjorden der Engebøfjellet er markert med blå ring, og Naustdal er markert med blå firkant. Bildet er hentet fra Geo365 [21].

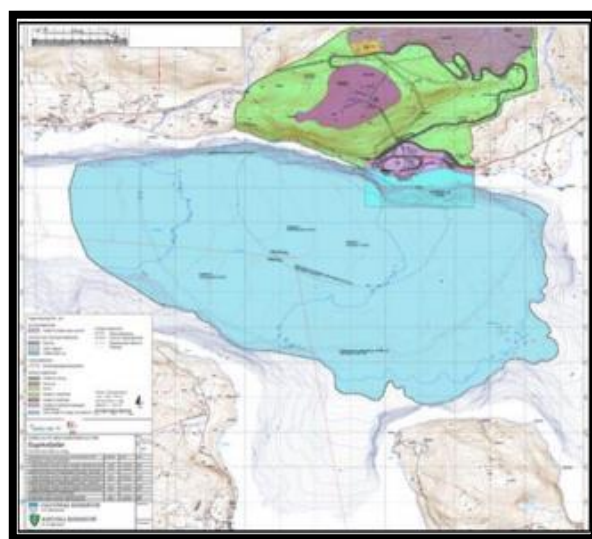
Svært mange industrier, spesielt olje- og flyindustrien har blitt avhengig av metallet titan som fører til stadig økende behov. Rutil har stor etterspørsel rundt om i verden og anses nå som et strategisk viktig råstoff for fremtiden.

For å kunne grave frem rutilen planlegger Nordic Mining et dagbrudd som utgravingsmetode som også er årsaken til de store mengdene restmasser [1]. Dagbrudd har som regel et større inngrep på naturen ved at store mengder av overlagsmasser i form av gråberg må fjernes slik at den større mengden av malm som befinner seg på dypere nivå blir lettere å grave ut [2]. Restmassene blir i dag sett på som et uøkonomisk råstoff og utgjør derfor den hovedsakelige massen som skal deponeres [3].



Figur 2: Viser en snitt-tegning av det planlagte dagbruddet i Engebøfjellet. Bilet er hentet fra gruveprosjektets detaljreguleringsplan [1].

Tanken om deponi i Førdefjorden har skapt mye debatter rundt temaet i lokalmiljøet. Debattene handler ofte om frykten for at deponiet kan føre til permanente miljøskader i sjølivet og naturen rundt. Nordic Mining har selv et ønske om å finne et bruksområde der restmassene heller kan benyttes enn å deponeres. Selskapet har derfor utarbeidet en bruksområderapport som beskriver aktuelle markeder der restmassene muligens kan benyttes slik



Figur 3: Viser plankart over Engebøfjellet og gruveprosjektet. Bilet er hentet fra gruveprosjektets detaljreguleringsplan [1].

at andre også kan engasjere seg ved å ta på seg denne utfordringen [3]. Det å etablere et fungerende bruksområde for restmassen vil ikke bare være en utfordring, men vil også kreve riktig kompetanse for å lykkes.

Som Bygg- og anleggsingeniørstudenter oppstod det en mulighet til å benytte kompetansen fra utdanningen til å gi seg ut på denne utfordringen.

Ønsket om å benytte gruveavfallet i et produkt kom fram gjennom et prosjekt i faget Systemene som gikk vårsemesteret 2019. Vurderingsgrunnlaget I dette faget var basert på å utføre et prosjekt som var lagt opp på samme måte som en bacheloroppgave, men som også var nedskalert. Under prosjektet ble det bestemt å undersøke bruksmulighetene Nordic Mining ambifalte som aktuelle for restmassene og samtidig skrive en rapport som gjenviste denne undersøkelsen [2].

Bruksområdene som var beskrevet i rapporten ble drøftet og vurdert opp imot gruppens kapasitet, kunnskap og tidsbegrensning. To bruksområder, som er keramikk- og betongprodukter oppfylte kravene og det ble derfor bestemt å undersøke områdene videre i dette prosjektet.

1.2 Samarbeidspartnere

For å kunne utføre et slikt bærekraftig og innovativt prosjekt har gode og relevante samarbeidspartnere for prosjektet vert en kritisk suksessfaktor. Det var for å kunne tilegne restmassen fra Engebø som var en kritisk faktor for eksperimentet, sammen med gode produksjon- og testmetoder slik at resultatene som blir lagt frem er egnet for byggenæringen. Det ble tidlig i vårsemesteret 2020 startet med å kontakte ulike produsenter av disse typene produkter.

I dette prosjektet ble det etablert et samarbeid med Nordic Mining AS og Førde Sementvare AS. Nordic Mining bidro med omtrentlig 60 kg restmasse fra Engebøfjellet, og Førde Sementvare sørget for veiledning under produksjons- og testfasen slik at metodikken og framgangsmåten ble gjort på riktig måte.

Etter å ha etablert samarbeid med Førde Sementvare AS ble det bestemt at prosjektet skal avgrenses til kun betongprodukter for å ha et oppnåelig mål og samtidig et ambisiøst prosjekt med tanke på tidsbegrensningen.

Ved hjelp av Nordic Mining og Førde Sementvare har muligheten for å gjennomføre dette prosjektet blitt virkelig. Det er derfor blitt mulig å forme en problemstilling som til slutt kan bli besvart i denne rapporten.

2.0 Problemstilling

Kort tid etter samarbeidsetableringen med Førde Sementvare satte gruppen i gang med å formulere en problemstilling som passet målet om å benytte gruveavfallet i et produkt. Problemstillingen kommer fram som følger:

«Kan restmassene fra Engebø benyttes som et tilslag i betongbaserte produkter for byggenæringen?»

Denne problemstillingen vil besvares ved hjelp av Førde Sementvare sin metodikk og prøveprosedyrer som er i henhold til kriterier og krav som er angitt i Norsk Standard for betong. Resultatene som blir lagt fram vil kunne avgjøre om bergarten eklogitt er et fungerende tilslag for betongprodukter og som videre kan benyttes som et produkt for byggenæringen.

Det grunnleggende formålet ved rapporten er å samle og systematisere resultater fra laborietester utført på restmassetilslaget og betongen i fersk og herdet tilstand som inneholder restmassene fra Engebøfjellet. Ved hjelp av prøveprosedyrene og laborietestene vil en kunne vise framgangen til forskningen, og i tillegg gi resultater som også er etterprøvbare.

3.0 Restmassene

Forekomsten av restmassene fra Engebøfjellet består hovedsakelig av bergarten eklogitt [3]. Bergarten dannes i et miljø med svært høyt trykk som også årsaken til den høy massetetthet på rundt $3,5 \text{ g/cm}^3$ [4]. Eklogitten består hovedsakelig av grønt pyroksen og rødbrun granat [4]. I Norge forekommer vanligvis eklogitten lengst vest i landet der Engebøfjellet også befinner seg [4].



Figur 4: Viser en bergart som inneholder eklogitt. Bildet er hentet fra Store Norske Leksikon [4]

Malmen som graves ut av Nordic Mining er ikke fri for steinmasser og andre mineraler, og sendes derfor gjennom et prosessanlegg der mekaniske prosesser vil male malmen ned til den blir finkornet. Deretter vil kjemiske prosesser som flotasjon bli brukt for å skille mineralet fra de resterende massene [3]. Restmassene er derfor i all hovedsak små steinpartikler som forlater prosessanlegget og kommer ut finkornet flytende blanding [3].



Figur 5: Viser finkornet restmasse i en skål. Bildet er tatt av utførende under et møte hos Nordic Rutile AS

De første 15 – 20 årene av gruvedriften har selskapet planlagt dagbruddsdrift, for deretter å gå over til underjordsdrift [5]. Overlagsmassene fra dagbruddet er det planlagt et eget deponi på land, mens restmassmassene som går igjennom prosessanlegget skal deponeres i Førdefjorden [5].

Det er estimert en produksjon av restmasser på ca 4 millioner tonn årlig i dagbruddsfasen og ca 6 millioner tonn årlig i fasen for underjordsdrift [3].

3.1 Nedmalt eklogitt som råvare

Restmassene fra Engebø kan potensielt ha flere bruksområder som blir beskrevet i rapporten til Nordic Mining [3].

Kjemikalier som brukes under flotasjonsprosessen forventes ikke å påvirke kvaliteten til restmassene nevneverdig, men bør undersøke nærmere for hvert enkelt bruksområde [3].

Siden restmassene er meget finkornet (hovedsakelig mindre enn 300 mikron), kan en først se på bruksområder som bruker finkornet råstoff [3].

For fine fraksjoner i betong kan restmassen være et aktuelt råstoff [3]. Eklogitten fra Engebø har en relativ lav andel kvarts, som vil si at bergarten trolig ikke er alkalireaktiv, noe

som er gunstig for tilslagsmaterialer i betong [3]. Siden eklogitten har en høy densitet på ca $3,3 \text{ g/cm}^3$ kan et marked som tungbetong være aktuelt [3]. Tilslag som i dag benyttes i tungbetong har en ønsket egenvekt på over $2,6 \text{ g/cm}^3$ [6].

Eksempler på bruksområder for tungbetong kan for eksempel være motvekter på kraner, ballast i skip eller for neddykkede konstruksjoner og dekker for offshoreinstallasjoner [3]. Tungbetong benyttes også som beskyttelseslag mot radioaktiv stråling [6].

Produkter av byggkeramer krever også et finkornet råstoff som råmaterial, og her er det som oftest ønskelig med fargenyanser i råmaterialet [3]. Restmassen kan muligens være et fungerende råstoff for byggkeramer dersom keramproduzentene vurderer eklogitt som et fungerende råstoff. Dersom dette er et fungerende bruksområde, kan det være et høyverdig markedssegment [3].

Eklogitt blir allerede brukt som jordforbedringsmiddel og som produseres av Visnes



Figur 6: Viser restmassene i en sekk som Nordic Mining bidro med til prosjektet. Bildet er tatt av utførende.

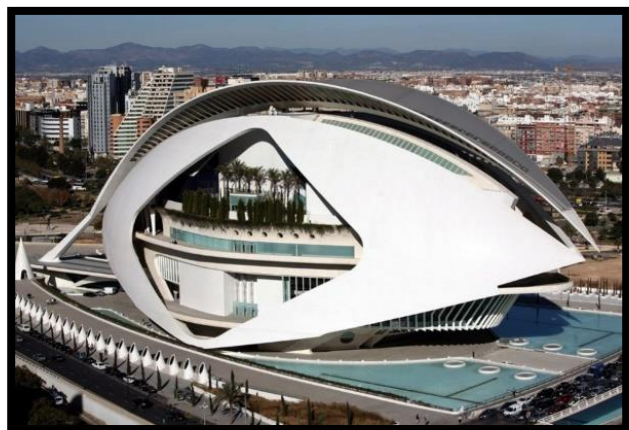
Kalk AS [3]. Jordforbedringsmiddel blir da brukt som et finkornet råstoff der restmassen kan ha lignende egenskaper [3]. Egenskapen er da at eklogitten kan gi en svak kalkeffekt, noe som kan bidra med viktige næringsstoffer slik som jern^{iv} [3].

Et annet bruksområde som er mer klimarettet er å nytte restmassen til lagring av klimagassen CO₂ [3]. Institutt for Energiteknikk har utviklet en industriprosess som lagrer klimagassen i ulike bergarter som mineralisert karbon [3]. Gjennom en prosess med høyt trykk og høy temperatur løses bergarten i karbonsyre, der CO₂ bindes gjennom karbonatisering av magnesium [3]. Dette vil gjøre det mulig å lagre 250 kg CO₂ i ett tonn restmasse [3]. Prosessen vil også kunne gi mulige sluttprodukter som mineralene magnesitt (MgCO₃) og mikrosilika (SiO₂). Disse råstoffene kan brukes til produkter som solceller, sement, papir og plast [3].

Dette er bruksområdet som er lite undersøkt, men kan også bidra positivt til miljøet [3]. Nordic Mining har også igangsatt et prosjekt sammen med Statoil New Energi for å undersøke denne bruksmuligheten [3].

4.0 Betong

Betong er et universelt byggemateriale og brukes i nesten alle bygningskonstruksjoner verden rundt, noe som gjør det moderne samfunnet helt avhengig av materialet. En riktig produsert betong kan oppnå egenskaper som lang levetid, betydelig styrke og en formbarhet uten grenser [7].



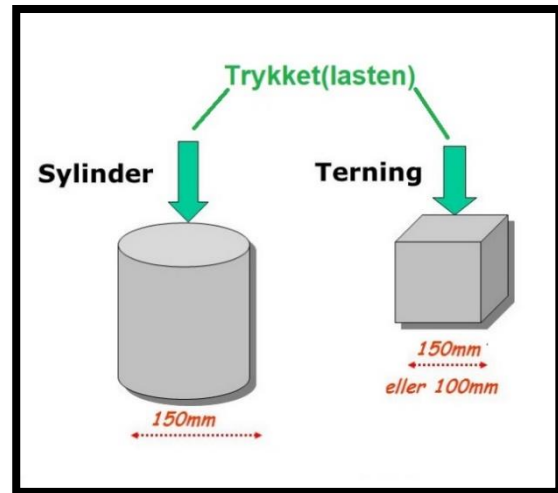
Figur 7: Viser Palau de les i Valencia, bygget er konstruert i betong. Bildet er hentet fra Tourispo [22]

Betong produseres ved å blande sement og vann med tilslag av typen sand og stein [8] [7]. Det kan også tilsettes tilsetningsmaterialer og tilsetningsstoffer for å oppnå ekstraordinære egenskaper [8]. Det er mange ulike måter å blande betong på ut ifra

hvilke egenskaper og kvalitet som er ønsket. I Norge blir kvaliteten til en betong klassifisert etter Norsk Standard NS-EN 206-1 [9] [7]. Standeren klassifiserer betong etter de to mest kritiske egenskapene som er trykkfastheten og bestandigheten [9].

Trykkfastheten til en betong bestemmer det maksimale trykket (lasten) en betongkonstruksjon tåler ved en bestemt dimensjon uten at den går til brudd

[8]. Trykkfastheten vurderes ved at det støpes et prøvestykke i form av en sylinder eller en kubiskformet terning i en bestemt dimensjon, for deretter å trykke prøvestykket helt frem til den går til brudd. I tabellen under kan en se trykkfasthetsklassene for normalbetong og tungbetong.



Figur 8: Viser sylinder og terning som brukes for å teste trykkfastheten til betongen. Bildet er hentet fra Norsk betongforenings video [23]

Trykkfasthetsklassene for normalbetong og tungbetong	Min. last for Sylindetrykkfasthet [MPa] = [N/mm ²]	Min. last for kubisk trykkfasthet [MPa] = [N/mm ²]
B8	8	10
B12	12	15
B16	16	20
B20	20	25
B25	25	30
B30	30	37
B35	35	45
B40	40	50
B45	45	55
B50	50	60
B55	55	67
B60	60	75
B70	70	85
B80	80	95
B90	90	105
B100	100	115

Tabell 1: Viser Trykkfasthetsklassene for normalbetong og tungbetong. Tabellen er hentet fra NS-EN 206 [9].

I tabellen er det gitt at en betong som klassifiseres for B35 skal minimum tåle en belastning på 35 N/mm² som sylindereformet, og 45 N/mm² som terningformet. Trykkfastheten markeres med B og er målt i MPa eller N/mm² der trykkfastheten er bedre jo høyere tallet er som tabellen på forrige side demonstrerer [8].

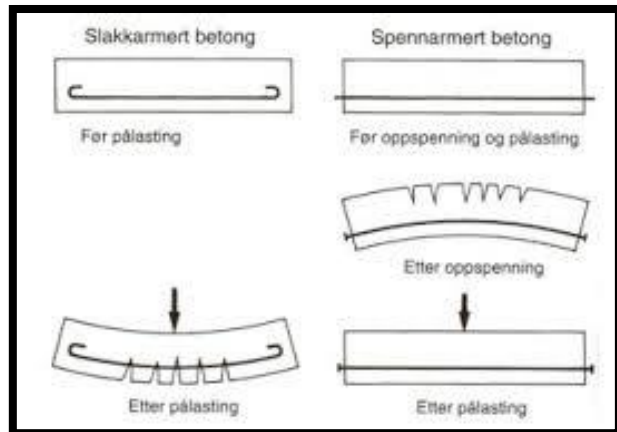
Bestandighetsklassen til en betong bestemmer hvor godt betongen er egnet til å tåle ytre påkjenninger over tid [8] [7]. Bestandighetsklassen bestemmes utefra miljøet og/eller omgivelsene på området betongen skal plasseres. Det er derfor viktig å lage betong med riktig bestandighetsklasse med tanke på plasseringen til konstruksjonen for en optimal levetid. Enklere forklart betyr det at en betong som befinner seg innendørs der den ikke opplever vær og vind, ikke trenger like god bestandighet som en betong som skal plasseres i Nordsjøen der den opplever et ekstremt værmiljø. Bestandighetsklassen M til betongen bestemmes av det effektive vanninnholdet, der tallet etter M angir mengden vann i betongen. Bestandigheten er bedre desto lavere tallet (vanninnholdet) er [8].

Bestandighetsklasse
M90
M60
M45
MF45
M40
MF40

Tabell 2: Viser bestandighetsklasser for betong. F-en står for frostsikker. Tabellen er hentet fra *Betongteknologi* [8].

Andre nevneverdige egenskaper som påvirker en betong er vanntettheten, stivheten og brannmotstanden. Stivheten blir betegnet som betongens elastisitetsmodul og bestemmer hvor store deformasjoner en konstruksjon vil få når den påføres last [7]. Dette vil si at en betong som blir belastet med en stor last kan endre form eller gå til brudd om stivheten ikke er egnet.

Ulempen med betong er at materialet er dårlig mot strekk, altså svak strekkfasthet i forhold til trykkfastheten der en B35 betong har en strekkfasthet på bare 3.2 MPa [9]. Derfor må det nesten alltid legges inn armering (jernstenger) i betongen for å gi materialet en bedre strekkfasthet. Vanlig armering som brukes i betong har en strekkfasthet på minimum 500 MPa, noe som tilsvarer 155 ganger bedre strekkfasthet enn en B35 betong [8].



Figur 9: Viser forskjellige metoder for armering i betong. Bildet er hentet fra Kvalitetssystemene for prefabrikkerte brokonstruksjoner [24]

Oppskriften til en betongblanding kalles for betongresept og prosedyren for å lage betong blir kalt betongproporsjonering [8]. For å kunne nærmere undersøke egenskapene til betong må en først ha kunnskap om delmaterialene som brukes og hvordan de reagerer og påvirker hverandre.

4.1 Betongresept

En betongresept er en oppskrift av et sett instruksjoner som brukes til å proporsjonere betong der resepten angir hvor mye og hva type delmaterialer en betongblanding skal inneholde for å oppnå ønsket trykkfasthet og bestandighet. Mengdene av alle delmaterialene blir som regel angitt i densitet (kg/m^3), som gjøres slik at det er mulig å sammenligne ulike resepter med varandre uten å måtte forholde seg til det faktiske volumet som blandes. En betongresept inneholder vanligvis type og mengde [8]:

- Tilslag
- Vann
- Sement
- Silica
- Vann/sement forhold
- Tilsetningsstoffer

I en vanlig betongblanding som utgjør en kubikkmeter vil det som oftest blandes 140 - 190 kg/m^3 vann, 300 – 350 kg/m^3 sement, 950 kg/m^3 sand og 900 kg/m^3 stein [7].

Dette vil gi en totalvekt på 2300 kg som er typisk for en normalbetong [9]. Egenskapene til betongen kan styres ved å endre på blandeforholdene mellom vannet, sementen, tilslaget, tilsetninger og andre delmaterialer slik at betongen oppnår ønsket fasthets- og bestandighetsklasse [7].

4.1.1 Tilslag

Betongtilslag er en fellesbetegnelse på stein og sand som blandes inn i betongblandingen og utgjør det største volumet på ca 60-70% av totalvolumet til betongen [7]. Kvaliteten og mengden på tilslaget har en stor innvirkning på sluttresultatet og prisen på betongen [8]. Tilslag med høy kvalitet har som regel en kubisk eller avrundet kornform der slike kornformer virker positivt inn på egenskaper slik som vannbehovet og støpeligheten samtidig som det senker prisen [8].

Korngraderingen har også en sentral innvirkning på kvaliteten til tilslaget siden også korngraderingen vil påvirke vannbehovet og støpeligheten [8].

En siktekurve er det som brukes for å vurdere og beskrive korngraderingen til tilslaget [10]. Dette utføres ved å tørresikte tilslaget gjennom kvadratiske sikteduker med ulike åpninger der en skiller de ulike størrelsene i tilslaget [8]. De ulike størrelsene til tilslaget blir angitt i mm der norsk betong vil som regel inneholde en sandgradering på 0-8 mm og en steingradering på 8-16 mm eller 8-22 mm [8].



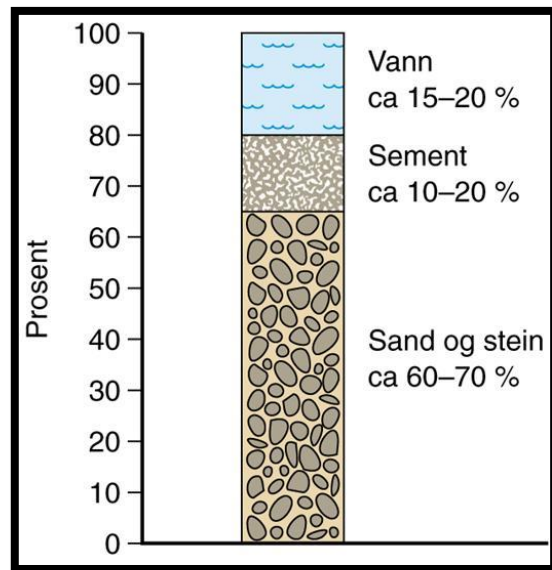
Figur 10: Viser sandtilslag. Bildet er hentet fra Hallingdal Pukk og Grus. [26]



Figur 11: Viser steintilslag. Bildet er hentet fra Pukkgrus.no [25].

4.1.2 Vann

Det effektive vanninnholdet i en betongblanding er den vannmengden som går med til å reagere med sementen slik at den stivner og oppnår styrke [8]. Dette skjer når vannet kommer i kontakt med sementen der de sammen starter en kjemisk reaksjon som kalles for hydratisering [8]. Forholdet mellom sementen og det effektive vannet kalles for v/c-tallet og har en stor innvirkning på egenskapene til en betong i fersk og herdet tilstand [8]. Tilslag, tilsetningsstoffer og tilsetningsmaterialer vil i noen tilfeller også bruke noe av den tilførte vannmengden som vil si at det alltid må tilføres mer vann i en betongblanding. Dette betyr også at den effektive vannmengden som tilføres vil være en del av den totale vannmengden som normalt ligge på 15-20% av totalvolumet til betongen [8].



Figur 12: Viser fordeling til vann, sement og tilslag i prosent. Bildet er hentet fra SVVs betongtilslag presentasjon [27].

4.1.3 Sement

Sementen som tilføres i en betongblanding utgjør som regel 10-20% av totalvolumet og virker som bindemiddelet som danner og herder betongen [8]. Når vannet kommer i kontakt med sementen begynner det på overflaten av sementkornene å vokse en nålformet reaksjonsmasse som kalles for sementgel [8]. Denne



Figur 13: Viser sement. Bildet er hentet fra regnsells.no [28].

sementgelen består av gelporer som er fylt med vann, fastkrystaller som gir betongen fasthet, stivhet og bestandighet, løskrystaller som bidrar til å gjøre betongen svært basisk med en pH på ca 13 [8]. En basisk betong er mer rustet mot stoffer som kan føre til korrosjon(rusting) av armeringen [8].

4.1.4 Silica

Silicastøvet som brukes i betong betegnes som en pozzolan, der pozzolaner er stoffer som enten reagerer alene eller sammen med sementen eller/og hydratasjonsproduktene [8]. Silica har en høy finhet der partiklene har en diameter på gjennomsnittlig 0.00015



Figur 14: Viser silicastøv. Bildet er hentet fra Finnfjord [29].

mm [11]. Den lille partikkelstørrelsen er hovedgrunnen til at stoffet tilføres i betong, der silicaen bidrar til bedre egenskaper i den herdede betongen som resulterer i økt tetthet og bestandighet [11]. Dette er fordi silica ikke minker det totale volumet av porene i betongen, men deler volumet til porene inn i finere porer [8].

Ulempen med silica er at den ekstremt høye finheten bidrar også til økt vannbehov og derfor brukes silica som regel sammen med vannreducerende tilsetningsstoffer slik som plastifiserende eller superplastifiserende stoffer [11].

4.1.5 Vann/sement forhold

Vektforholdet mellom vann og sement kalles for V/C-tallet og er alltid oppgitt i betongresepten [12]. Dette tallet er en sentral parameter for en betongblanding der tallet bestemmer egenskapene som oppnås [12]. Dersom tallet er høyere en 0.4 kan det føre til redusert betongkvalitet fordi vannmengden er for høy i forhold til sementmengden [12]. Er tallet lavere en 0.4 kan dette føre til at all sementen ikke har nok vann til å reagere med. Dette vil si at betong som ligger på et v/c-tall rundt 0.4 vil gi et mest optimalt resultat [12].

4.1.6 Tilsetningsstoffer

Med dagens behov og krav på betong med høy styrke, lang levetid og økonomisk rimelighet har kjemiske tilsetningsstoffer fått større og større betydning, og man kan finne tilsetningsstoffer i nesten hver betongresept [13]. Dette er stoffer som tilsettes under blanding der hovedfunksjonen er å påvirke betongens egenskaper i fersk og/eller herdet tilstand [8]. Mengden stoffer som tilsettes skal som regel aldri overstige 5% av sementmengden som blandes inn [8]. Tilsetningsstoffer kan påvirke betong i fersk og/eller herdet tilstand ved for eksempel gi en betongblanding en mer flytende form uten å tilføre mer vann, gi god støpbarhet ved lave masseforhold, akselererende fasthetsutvikling og mange flere egenskaper [8].



Figur 15: Viser superplastiserende tilsetningsstoff. Bildet er hentet fra betomur.no [30]

4.2 Tilslagsanalyse

Dette kapittelet skal presentere teorien av grunnleggende prøvemethoder som brukes til å undersøke sentrale parametere i tilslag og hvordan betongen blir påvirket i fersk og herdet tilstand. De samme undersøkelsene som beskrives i dette kapittelet ble også brukt i praksis til å undersøke restmassene fra Engebø som beskrives i kapittel 5.0.

Metodene som beskrives her er prøveprosedyrer som Førde Sementvare selv bruker på eget tilslag og har gitt utførende av prosjektet tilgang til.

Resultatene av alle undersøkelser som gjøres på tilslag kommenteres umiddelbart etter resultatet er funnet. Dette er fordi resultatene har en innvirkning på betongblanding sitt vannbehov og v/c tall [8] [14]. Dette vil gi mulighet for å gjøre rettelser på proporsjoneringen slik at blandingen blir riktig i forhold til resepten

4.2.1 Tilslagets fuktighetsinnhold

Mindre fraksjoner i tilslaget har evnen til å suge opp vann som er grunnen til at tilslaget alltid vil inneholde en viss prosent fuktighet. Dette er en viktig parameter å ha kontroll over, siden den vil påvirke vannmengden som tilsettes i en betongblanding [8].

Tilsettes det et tilslag med et lavt fuktinnhold, vil tilslaget absorbere noe av vannmengden slik at det ikke lenger er nok vann til å reagere med all sementen. Om dette er tilfelle, må det tilføres mer vann slik at man oppnår ønsket v/c-tall. Tilslagets vannabsorpsjonsverdier vil som regel ligge mellom 0,3-0,8 % [8].

For å finne vannmengden i tilslaget, veises det først opp ca. 1 kg sand, og den nøyaktige vekten noteres ned som (W_1). Deretter tørkes den oppveide sanden på en varmepanne frem til alt vannet fordampes bort. Tørket sand legges tilbake på vekten og veies på nytt, og ny vekt noteres ned som (W_2).

Vannmengde kan da beregnes som videre kan brukes for å finne vannmengde i prosent i sanden.

$$W_1 - W_2 = \text{Vannmengde}$$

$$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% = \text{Vannmengde i \%} \quad (\text{Max én desimal})$$

Formel 1: Viser beregning av vannmengde i prosent. Formelen er hentet Føre Sementvares Prøveprosedyrer.

Resultatet av vannmengden kommenteres etter den er beregnet.

4.2.2 Sikteanalyse av tilslag

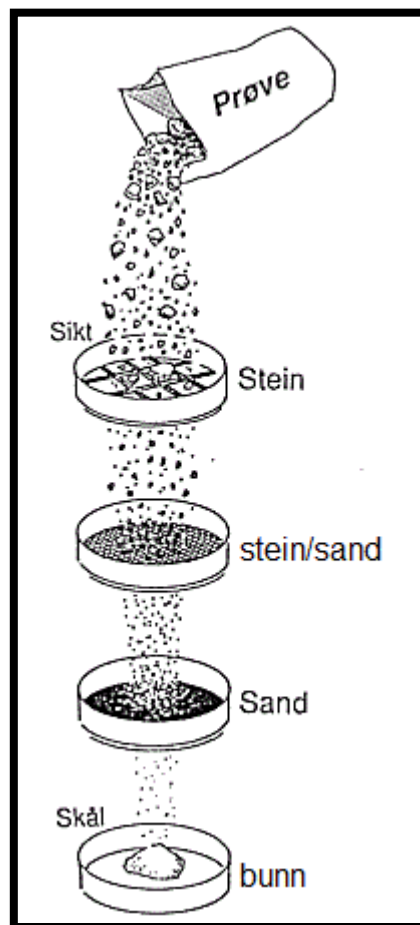
For å produsere en betong med høy kvalitet og samtidig økonomisk, er jevn fordeling av tilslaget vesentlig. Dette vil si at tilslag med en jevn sammensetting av korn i alle størrelser, fra de fineste kornpartiklene til de største steinene vil bedre utfylle hulrommene i en betong både i fersk og herdet tilstand [14]. Når det er minimalt med hulrom i betongen økes styrken, og i tillegg vil betongen kreve en lavere mengde sement, som senker prisen under produksjonen [14].

Sammensetningen av kornene i tilslaget kalles for korngradering og er viktig å ha kontroll over for å bedømme tilslagets brukbarhet til betongproporsjonering [14].

For å gjøre en sikteanalyse må tilslaget først være helt tørt. Dette er viktig så ikke de fineste partiklene setter seg fast i siktemaskinen, og ødelegger de finere sikteskålende.

Når tilslaget er helt tørt, veies det opp ca 1 kg av det tørre tilslaget som så helles ned i siktemaskinen. Siktemaskinen settes til 10-15 minutter slik at en oppnår en god sikteprøve. Når maskinen er ferdig, plukkes sikteskålene fra hverandre der innholdet av 16 mm (kun for stein), 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm, 0.063 mm og bunn veies og loggføres i skjema.

Etter alle fraksjonene er veid, beregnes prosentandelen for hver fraksjon. En siktekurve kan så lages ved å summere alle målingene stegvis som presenteres i et diagram. Finhetsmodulen kan til slutt beregnes ved å bruke metoden under:



Figur 16: Viser en illustrasjon av sikteprosessen. Bildet er hentet fra undervisning om løsmasser [31]

$$\frac{\frac{f_{0,125}}{2} + f_{0,250} + f_{0,500} + f_1 + f_2 + f_4 + f_8}{100} = \text{Finhetsmodul sand}$$

$$f_n = \text{prosentandel av fraksjon [0,125 mm – 8 mm]}$$

Formel 2: Viser beregning av finhetsmodul for sand. Formelen er hentet fra Førde Sementvares Prøveprosedyrer

$$\frac{\frac{f_{0,125}}{2} + f_{0,250} + f_{0,500} + f_1 + f_2 + f_4 + f_8 + f_{16}}{100} = \text{Finhetsmodul stein}$$

$$f_n = \text{prosentandel av fraksjon [0,125 mm – 16 mm]}$$

Formel 3: Viser beregning av finhetsmodul for stein. Formelen er hentet fra Førde Sementvares Prøveprosedyrer

Finhetsmodulen og siktekurven skal kommenteres etter de er beregnet.

Finhetsmodulen er et hjelpebegrep som brukes for å vurdere et tilslag sin «finhet». Finhetsmodulen for sand skal helst ligge mellom 2 – 4, og finhetsmodul for stein skal helst ligge mellom 6 – 8 [10].

Dette vil sikre at korngraderingen i tilslaget er jevnt fordelt og tilslaget har en brukbar sammensetting.

4.2.3 Undersøkelse av humus- og slaminnhold

Det er viktig at tilslaget som blandes i en betong er fri for stoffer eller forurensninger som kan virke skadelig på betongen [14]. Av alle skadelige stoffer en finner i tilslag, er humus (som er et annet ord for matjord) det vanligste [14]. Når humus kommer i kontakt med vann løsnes det opp og blir fargeløs som igjen gjør det vanskelig å se [14]. Det kan derfor være humus i tilslag som ser rent ut [14].

Humus kan også forårsake nedbremsing av herdingen slik at en får ukontrollert herding. Om tilslaget inneholder store mengder humus kan det føre til at betongen aldri herder [14].

Slam er ikke skadelig for betongen dersom innholdet ikke er for stort. Et passe innhold av slam kan være en god egenskap fordi det fyller ut de små porene i betongblandingen [14]. Et høyt innhold av slam kan øke en betongblanding sitt vannbehov [8]. Slaminnholdet kan bedømmes med samme undersøkelse som med humusprøven der slammet legger seg på toppen av sanden som et klart avgrenset sjikt [14].

For å undersøke humus- og slaminnhold fylles et 500 ml måleglass med natronlut (natriumhydroksid) opp til 125 ml merket. Deretter drysses tilslaget forsiktig ned i glasset til natronluten når 200 ml merket. Korken settes på og måleglasset ristes godt gjentatte ganger i 30 sekunder under stadig endevending. Til slutt settes glasset på vent i en uke uten å bli flyttet på, deretter kan humusinnholdet vurderes og slaminnholdet beregnes.

Humusinnholdet vurderes i forhold til fargeskala som demonstreres av figuren under.



Figur 17: Viser forskjellige fargeskalaer for humusinnhold. Bildet er hentet fra Førde Sementvares betongfremstilling [14].

Jo større mengde humus det er i tilslaget, desto mørkere blir fargen. Fargen kan gå fra lys gul → mørkere gul → lys brun → mørk brun → nesten svart [14].

På figur over fra venstre: Eksempel nr 1 er tilnærmet fri for humusstoffer. Eksempel nr 2 inneholder humus i så ubetydelig grad at det ikke er merkbart skadelig på betongen. Eksempel 3 inneholder humus i så stor grad at tilslaget kan være skadelig for betongen og må helst revurderes. Eksempel 4 inneholder så store mengder humus at tilslaget sannsynligvis ikke kan brukes [14].

Slaminnholdet måles og beregnes i prosent som vist i formel 4.

$$\frac{\text{Dybde på slamlag [mm]}}{\text{Høyde på sandlaget [mm]}} \times 100 \% = \text{Slaminnhold [\%]}$$

Formel 4: Viser beregning av slaminnhold. Formelen er hentet fra Førde Sementvares Prøveprosedyrer

Slaminnholdet opptil 5% gjør vanligvis ingen skade [14].

4.2.5 Undersøkelse av tilslagets densitet

Tilslagets densitet er en kvalitetsparameter som virker inn på den herdnede betongens egenskaper [8]. Det er derfor viktig å undersøke om tilslaget har en densitet som er ønsket for en gitt betongtype.

For å beregne densiteten til sand måler en opp en prøve på ca 100 g. Vekten (P) loggføres nøyaktig. Måleglasset fylles så med vann til nedre halvdel av skalaen (ca 1/3) og volumet (V_1) avleses nøyaktig og loggføres.

Sanden fylles på, og måleglasset skal dreies rundt i skråstilling slik at eventuell luft som sitter fast kan unnsnippe. Volumet (V_2) avleses og loggføres nøyaktig.

Metoden for å undersøke densiteten av stein er den samme som for sand, men det skal benyttes et større måleglass og vekten dobles til 200 g og forholdet til vannmengden er den samme (ca 1/3).

Densiteten for tilslag beregnes etter formelen under:

$$\frac{P}{(V_1 - V_2)} = \text{Densitet tilslag i } \frac{g}{ml} = \frac{kg}{m^3}$$

Formel 5: Viser beregning av densitet. Formelen er hentet fra Førde Sementvares Prøveprosedyrer.

Etter densiteten er funnet skal tilslagets densitet klassifiseres og kommenteres.

For norske tilslag ligger vanligvis densiteten på 2600-2700 kg/m³ [8].

4.3 Fersk betong

Dersom man skulle oppdage feil i betongkvaliteten før støping, har man om mulig anledning til å utbedre avviket med å justere luftinnholdet eller konsistensen med tilsetningsstoffer [15]. Når alle gjeldende krav til aktuell betongkvalitet er oppfylt er kvaliteten godkjent [15].

4.3.1 Blanding av prøvesats

På grunn av fuktigheten i tilslaget må resepten tilpasses med enten mer eller mindre vann slik at en får det riktige v/c tallet som er angitt i resepten.

Når prøvesatsen skal blandes så veies det opp riktig mengde delmaterialer som er oppgitt i resepten. Sand, stein og sement blandes til fargen blir jevn. 2/3 av vannet tilsettes og blandingen blandes godt. Mengde tilsetningsstoff (SP) måles opp og tilsettes. Resten av vannet og eventuelt mer tilsetningsstoff tilføres til en oppnår ønsket konsistens. Mengde tilsetningsstoff skal ikke være over 5% av mengden sement brukt i blandingen.

Fasthetsklassen og bestandighetsklassen skal være oppgitt i resepten.

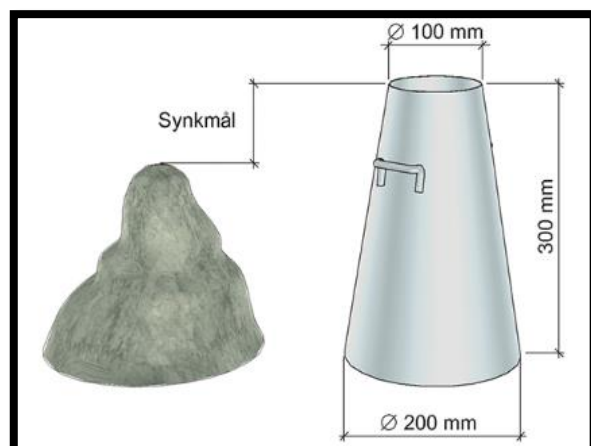
4.3.2 Måling av konsistens/synkmål

Når en proporsjonerer betong er det viktig at betongblandingen lar seg forme og bearbeides. Derfor bør betongblanding være så smidig at det er mulig å fylle ut formene som skal brukes. Det vil si at blandingen må være bløtere desto trangere formen er og desto tettere det er med armering [16]. Blandingens bør også tilpasses bearbeidingsmetoden som er planlagt. Med andre ord kreves det at betongblandingen skal ha en egnet konsistens til det formålet den er tenkt [14] [17].

Betongens støpelighet eller evne til å la seg forme og bearbeides kalles for betongkonsistens, og denne kan kontrolleres med en konsistens/synkmål prøve [14] [17].

Måling av konsistens/synkmål kan benyttes for både stiv og flytende betong, og er den vanligste metoden for å kontrollere betongens støpbarhet [15].

Stålkjeglen skal plasseres på et jevnt, horisontalt og ikke vannsugende underlag. Stålkjeglen fylles så lagvis i tre lag, og hvert lag skal gjennomstikkes 25 ganger med stålstang.



Figur 18: Viser sammensunken betongkjegle, stålkjegle, og måling av synk. Bildet er hentet fra SINTEF Byggforsk [15].

Toppen strykes så av, og kjeglen løftes forsiktig rett opp og plasseres ved siden av den sammensunkne betongkjeglen.

Synkmålet måles fra den sammensunkne betongens høyeste topp og opp til toppen av stålkjeglen. Avstanden måles i hele centimeter.

Etter at synken er målt skal konsistensen klassifiseres.

Klasse:	S1	S2	S3	S4	S5 ^a
Synkmål: [mm]	10-40	50-90	100-150	160-210	≥ 220

Tabell 3: Viser klassifiseringen for synkmål. Tabellen er hentet i fra NS-EN 206 [9].

4.3.3 Måling av luftinnhold og densitet

Hensikten med å måle densiteten og luftinnholdet for fersk betong er at det gjør det mulig å oppdage dersom det har oppstått unormale avvik under blandedeprosessen [15]. Dersom avvik har oppstått må man kartlegge årsaken og utføre eventuelle tiltak så raskt som mulig [15].

Når luftinnholdet skal måles så måler man også ofte densiteten først. Bøtten for luftmåling har et gitt volum (V) og en gitt masse (M₁) som ofte er markert på bøtten.

Bøtten fylles med fersk betong i tre lag, der kvart lag bearbeides med 25 stikk med stålstang. Betongen strykes så jamt av toppen og bøttekanten rengjøres.

Bøtten veies (M₂) og loggføres, og densiteten for fersk betong kan da beregnes med formelen under.

$$\frac{M_2 - M_1}{V} = \text{Densitet fersk betong} \frac{g}{dm^3}$$

Formel 6: Viser beregning av densitet. Formelen er henter i fra Førde Sementvares prøveprosedyrer.

Etter densiteten er målt kan man gå over til å måle luftinnholdet. Metoden for å måle



Figur 19: Viser luftporemåler. Bildet er hentet fra SINTEF Byggforsk [15].

luftinnholdet er å sette den ferske betongen under trykk og måle volumendringene som oppstår i forhold til det normale lufttrykket [15].

Overdelen av luftmåleren festes på bøtten, kranene åpnes og vann fylles i den ene kranen. Vannet fylles på til det kommer ut igjen fra den andre kranen som indikerer at det er fri for luft. Luftporemåleren pumpes så opp med luft til viseren står på den røde markeringen. Kranene stenges, og testknappen trykkes på i ca 20 sekunder til viseren stanser. Luftinnholdet leses nå av i prosent.

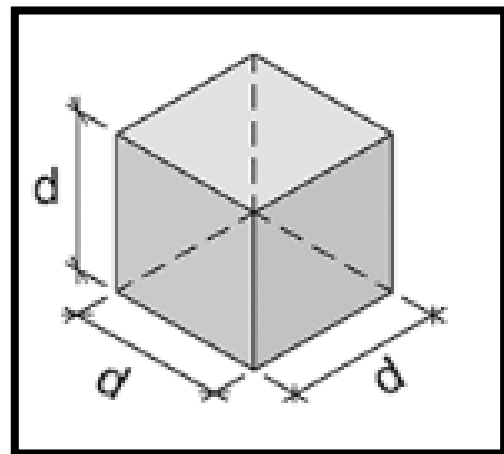
Luftinnholdet og densiteten sammenlignes til slutt med forventet luftinnhold og densiteten som er oppgitt i resepten.

4.3.4 Støping av prøvestykker

Før støping må det kontrolleres at prøvestykkenes dimensjoner er i henhold til krav angitt i NS-EN 12390-1. Der er det gitt at nominell størrelse, d , av prøvestykkene må være minimum 3,5 ganger større enn den største benyttede tilslagsstørrelsen, D_{Max} [18].

Støpeformene kontrolleres ved å sjekke om de er satt riktig sammen, er rene, og til slutt smøres med et tynt lag olje. Den ferske

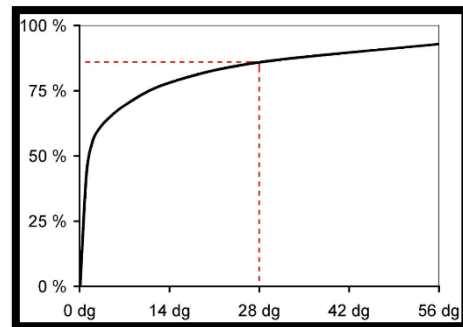
betongen fylles så i formene i to jevntykke lag og hvert lag bearbeides med støpeskje ved å stikke blandingen minst 25 ganger. Formen skal være helt full og glattes av på toppen. Terningene settes så til herding og skal stå minst 16 timer før de tas ut av formen. Trykkflaten til terningen skal være de sidene som har vert inn mot kortsidene i formen. Dette skal komme klart fram ved merking av terningen som gjøres ved avforming. Terningene skal også merkes med dato, betongkvalitet og eventuelle andre kjennemerker. Etter avforming og merking skal terningene plasseres i et herdekar og skal herdes til de er klar for mekanisk prøving.



Figur 20: Viser prøvestykke. Bildet er hentet fra SINTEF Byggforsk [18].

4.4 Herdet betong

Med mekanisk prøving menes det at terningene sine fysiske egenskaper prøves, slik som trykkfasthet, strekkfasthet og elastisitetsmodul [18]. Prøveterningenes egenskaper blir vanligvis testet når de har herdet i 28 døgn [18]. Ved tilfeller der en betong har spesielle bruksområder, kan det være nødvendig å teste egenskapene når betongen er yngre eller eldre enn sine vanlige 28 døgn [18].




Figur 22: Viser herdeutviklingen for betong. Bildet er hentet fra Wikipedia

Dette kan være betong som skal brukes for massive konstruksjonsdeler, eller skal lagres under spesielle klimatiske forhold [18].

Alternativ herdetid for slik betong er vanligvis 1, 3, 7, 14, 28, 56 og 91 døgn [18].

Førde Sementvare har anbefalt å foreta mekanisk prøving etter 7 og 28 døgn.

 Førde Sementvare		BETONGPRØVE		Blankett nr.: 5141
Type betong:			Dato:	
Synk i cm:		Porevolum i %:		
Tilsett Vatn i liter:	Fukt i Tilslag:	Sement- mengde:	v/c – forhold:	
Vekt prøveklosse Etter lagring i vatn:	1: g	2: g		
Trykkprøver:				
7 døgn:	1:	2:	Gj.snitt:	
28 døgn:	1:	2:	Gj.snitt:	
Omrekna til 28 døgn =				

Figur 21: Viser utfyllingsskjema gitt av Førde Sementvare som brukes til å notere resultat under fersk og herdet fase.

4.4.1 Kontroll av prøvens mål

Dersom det er noen avvik på prøvelegemets mål, kan det forårsake kunstig lave/høye bruddlaste og føre til at den målte verdien ikke blir representativ for betongen. For å kontrollere at terningene har fått riktig støp og form, så må terningens mål ikke avvike mer enn +/- 1% av 100 mm. Vinkelhake skal også brukes for å kontrollere vinkelavvik og skal ikke overstige mer enn 1,0 mm. En meterstokk skal brukes for å måle terningen.

4.4.2 Beregning av densitet

Hensikten med å måle prøveterningens densitet er for å kunne vurdere at terningene er riktig støpt og herdeprosessen er fullført. Densiteten kan sammenlignes med forventet densitet av herdet betong som er oppgitt i resepten.

Densiteten for herdet betong kan da sammenlignes med densitet for fersk betong og densiteten for betongens tilslag.

For å beregne prøveterningens densitet så veies terningens masse (M) og volumet (V) som brukes i formelen under.

$$\frac{M}{V} = \text{Densitet terning i } \frac{kg}{m^3}$$

Formel 7: Viser beregning av et prøvestykkets densitet. Formel er tatt i fra Førde Sementvares prøveprosedyrer.

4.4.3 Prøving av vannabsorpsjon

For å ha mulighet til å begrense vanntransport og transport av aggressive stoffer slik som klorider, er det viktig å ha en tett betong. Vannopptaket til en betong kan måles og vil gi viktig informasjon om hvor åpen porestrukturen er. Dette kan gi et indirekte mål på betongens bestandighet.

Prøvestykkene må ha et areal på ca 10000 mm² og ha en temperatur på 20°C +/- 3°C.

Prøvestykkene blir neddykket i vann i 24 timer. Etter de 24 timene er gått tørkes overflaten til prøvestykkene fri for vann og massen måles og noteres nøyaktig (M₁).

Prøvestykkene legges så i et tørkeskap på 105 °C der de tørkes i 5 døgn.

Etter 5 døgn skal prøvestykkene tas ut og kjøles ned naturlig til de når 20°C +/- 3°C igjen. Massen måles igjen og noteres nøyaktig (M₂).

I Førde Sementvares prøveprosedyrer er det gitt at maks absorpsjonsverdi i betong for kommunale produkter er 5 %.

Vannabsorpsjonen kan da regnes ut ved å bruke formelen under.

$$(M_1 - M_2) [g] = \text{Oppsugd vann}$$

$$\frac{(M_1 - M_2) [g]}{M_2 [g]} \times 100 \% = \text{Vannabsorpsjon i prosent}$$

Formel 8: Viser beregning av vannabsorpsjon. Formel er hentet fra Førde Sementvares prøveprosedyrer.

4.4.4 Trykkprøving av betongterningene

Hensikten med å måle betongen sin trykkfasthet er at verdien kan brukes for å sammenligne betongprøven sin fasthetsklasse med fasthetsklassen som er gitt i resepten.

Etter alle andre tester er fullført skal terningene plasseres i en sentrisk trykkprøvemaskin med en nøyaktighet på +/- 1 mm. Terningene utsettes for en trykkraft vinkelrett på ifyllingsretningen av formen (kommer tydelig fram av markering av terningene).

Trykkraften skal påføres med en kraft på 0,6-0,8 MPa/sek. Dette er spesielt viktig for dersom lasten påføres for raskt vil ikke bruddet få tid til å utvikle seg, og resultatet som kommer fram vil bli en kunstig høy bruddlast før terningen får fullstendig sammenbrudd.

Den avleste bruddlasten til terningene blir loggført nøyaktig, og er da totallasten (P) angitt i (kN) på trykkprøvemaskinen. Trykkfastheten kan da regnes ved å dividere totallasten på arealet (A) av terningen som formelen under demonstrerer, og angis i N/mm².

$$\frac{P}{A} = \text{Trykkfasthet i } \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Formel 9: Viser beregning av trykkfasthet. Formelen er hentet i fra Førde Sementvares prøveprosedyrer.

4.4.5 Kontroll mot samsvarskriterier for trykkfasthet.

Ved å sammenligne prøvene opp imot de kriterier og krav som er gitt i Norsk Standard for betongtyper kan en se om betongen er god nok til å bli bruk i det bruksområde den er spesifisert for.

Etter trykkprøving av terningene skal resultatene kontrolleres mot samsvarskriterier for trykkfasthet. Denne kontrollen gjøres i henhold til kriteriene som er gitt i NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017 sitt punkt 8.2.1.3.1 Kriterier for individuelle resultater [9]. Kriteriene er gitt som følger: «Samsvar for betongens trykkfasthet vurderes på prøvelegemer som prøves når de er 28 døgn, i samsvar med 5.5.1.2. Alle individuelle

prøveresultater f_{ci} skal oppfylle:» [9].

$$f_{ci} \geq (f_{ck} - 4) n/mm^2$$

Formel 10: Viser beregning av et prøvestykkets trykkresultat i forhold til krav. Formelen er hentet fra NS-EN 206 [9].

Der f_{ci} er Individuelt prøvingsresultat for trykkfasthet for betong [9],

og f_{ck} er karakteristisk trykkfasthet for betong [9].

5.0 Gjennomføring og resultater

I dette kapitlet vil framgangsmåten som ble brukt til å bestemme forskningen bli presentert sammen med den praktiske gjennomføringen.

Til dette prosjektet supplerte Nordic Mining 60kg restmasser fra Engebø fordelt i 3 sekker. Samtidig som det ble gjort tilslagsanalyse i samsvar med punkt 4.2, ble ca 59 kg av restmassen siktet og sortert i egne bøtter. Siden sikteprosessen var en langvarig prosess, ble det gjort en gjennomsnittsberegning underveis i siktingen av den første sekken med restmasse. Dette var for å kunne gjøre en antakelse av mengden av de forskjellige fraksjonene som befant seg totalt i alle sekkene. 1 kg restmasse ble beholdt slik at tilslaget kunne vises fram under presentasjon i sin originale sammensetting.



Figur 23: Viser bøtter med siktet fraksjoner av restmasse og to fulle poser. Fra venstre: Bunn, 0,063, 0,125, 0,250, 0,500 [mm].

Siden resultatet av mengden fraksjoner i restmassen ville ha innvirkning i bestemmelse av størrelse og antall blandinger, blir resultatene av denne beregningen presentert i dette delkapittelet. Metodikken for hvordan sikteanalysen ble gjort blir nevnt i punkt 5.2.2 Sikteanalyse – Sand og restmasser. Det ble siktet 2 ganger med nøyaktige veide verdier og andelen ble beregnet ut ifra målingene og beregnet i excel som tabell 4 og 5 under demonstrerer:



Figur 24: Viser siktet restmasse i fraksjonen 0,125 mm.

	Sikteanalyse - Restmasse 2000,0 g		Sikteanalyse - Restmasse 1211,3 g	
Fraksjon [mm]	Restmasse andel [g]	Prosent andel [%]	Restmasse andel [g]	Prosent andel [%]
16	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	46,9	2,4	28,6	2,4
0,25	525,5	26,4	305,1	25,2
0,125	921,8	46,3	483,0	39,9
(Filler) 0,063	449,8	22,6	327,0	27,0
(bunn) 0	48,5	2,4	67,5	5,6
Total	1992,5	100,0	1211,2	100,0

Tabell 4: Viser målingene og prosentberegning av hver andel restmasse. Tabellen er utarbeidet i excel.

Analyse av andel fraksjoner i 59 kg restmasse				
Fraksjon	Beregning	Prosent gn.sn	beregning av total	Andel av total
0,500	$(2,4+2,4)/2$	2,40	$59 \cdot 0,024$	1,4
0,250	$(26,4+25,2)/2$	25,80	$59 \cdot 0,258$	15,2
0,125	$(39,9+46,3)/2$	43,10	$59 \cdot 0,431$	25,4
0,063	$(27+22,6)/2$	24,80	$59 \cdot 0,248$	14,6
Bunn	$(5,6+2,4)/2$	4,00	$59 \cdot 0,04$	2,4
Totalt		100,10		59,1

Tabell 5: Viser beregning av andel av de forskjellige fraksjonene i restmassen. Beregningsverdiene er hentet fra tabell 4.

Ut ifra beregningen i tabell 5 kommer det tydelig fram at det er 0,500- og bunnfraksjonene som det er minst av i restmassene.

Planleggingen av blandinger ble derfor gjort ut ifra forventet mengde av 0,500 og bunn, men det ble også tatt i betraktning at det kunne være ulik gradering av fraksjoner i de to resterende posene med restmasser.

Etter alle de 59 kg av restmasse var ferdig siktet bestod andelen av 0,500 og bunn på litt over 3 kg hver. Dette var positivt fordi det ikke ville oppstå mangel på disse fraksjonene og planleggingen for blandinger ble oppdatert og bestemt.



Figur 25 Viser bøtter med siktet fraksjoner av restmasse mot slutten av sikteprosessen. Fra venstre: Bunn, 0,063, 0,125, 0,250, 0,500 [mm].



Figur 26: Viser noen fraksjoner av sand. Fra venstre: 1, 2, 4, 8 [mm] og siste bøtten til høyre viser stein 8-16 [mm].

Etter at sikteprosessen for restmassen var ferdig, ble samme prosess gjentatt for sand 0-8 mm. Sanden ble tørket, siktet og sortert i bøtter til det ble oppnådd et overskudd av alle fraksjonene. Dette ble gjort for å ha nok sand til de planlagte blandningene. Stein 8-16 mm var det siste som ble hentet og utført en tilslagsanalyse på.

Det ble bestemt å danne totalt 3 betongblandinger som også ble analysert.

Blanding 1: Kontroll - 8 liter.

Dette vil være en betongblanding som vil fungere som eksperimentets kontroll. Denne kontrollen vil kunne vurderes opp imot samsvarskriterier og krav som vil bli angitt i betongens resept. Kontrollblandingen vil inneholde det vanlige tilslaget Førde Sementvare daglig bruker som er fordelt med sand 0-8 og stein 8-16. Denne blandingen ble produsert ut ifra en bestemt resept som brukes mye av Førde Sementvare. Når prøveterningene til denne blandingen var støpt ble de markert med en «K» for kontroll, og denne blandingen og prøvene som tilhører den vil videre i rapporten betegnet som «kontroll» eller «K».

Blanding 2: Erstatning med restmasse - 8 liter.

Blanding 2 inneholder restmasser fra fraksjonene 0 – 0.5 mm, og Førde Sementvare sin sand fra 1 – 8 mm og deres stein 8-16 mm. Blandingen ble produsert ut ifra samme resept som kontrollen og med samme metodikk. Blanding 1 og 2 vil da være representative for hverandre og vil kunne sammenlignes. Med dette vil det bli mulig å se hvordan restmassene påvirker egenskapene til betongen sammenlignet med kontrollen. Terningene til denne blandingen ble markert med «R1» (R for restmasse) siden dette var den første blandingen som inneholdte restmasser. Denne blandingen og prøvene som tilhører den vil videre i rapporten bli betegnet som «R1».

Blanding 3: Optimalisering med fraksjonsprang - 6 liter.

Blanding 3 inneholder restmasser fra fraksjonene 0 – 0.5 mm, og Førde Sementvare sin sand fra 2 – 8 mm og deres stein 8-16 mm. I denne blandingen ble fraksjonen for 1 mm tatt vekk og mengden av 1 mm som manglet ble erstattet med restmasse av fraksjonene under. Erstatningen ble gjort stegvis ned til 0.250 mm fraksjonen, der den ble utlignet. Dette er for å optimalisere mengden restmasser i en betongblanding og samtidig få muligheten til å se hvordan fraksjonsprang kan påvirke egenskapene til betongen. Terningene til denne blandingen vil bli markert med «R2» siden dette var den andre blandingen som inneholdte restmasser. Denne blandingen og prøvene som tilhører den vil videre i rapporten bli betegnet som «R2».

I punkt 5.2.7 Ferdige resepter - vil en mer detaljert plan for blandingene bli presentert, men for å gjøre det enklere å forstå fremgangsmåten så vil betongresepten og tilslagsanalysen bli presentert først.

5.1 Betongresept

Eksperimentet tar utgangspunkt fra en betongresept som er utarbeidet av Førde Sementvare og er klassifisert med fasthetsklassen B35, og bestandighetsklasse M45. Denne resepten brukes av Førde sementvare til å produsere produkter slik som veggelementer, innvendig gulv, ringmur og flere andre produkter.

Resept	B35	Bestandighetsklasse: M45		
Satsstørrelse	100 liter			
Material:	Fukt [%]	Mengde:	Enhet:	Densitet kg/m ³
Silica 1	-	1,7	kg	2200
Standard FA	-	38,6	kg	2950
Sand 0-8	6,9	103	kg	2680
Singel 8-16	2,6	81	kg	2670
NRG 600	72	0,25	kg	1056
Vann	-	9,6	ltr	1000
Total		234,2	kg	
Luft (2%)	-	2	ltr	
Tilsatt vann	-	9,6	ltr	
Total fukt	-	8,8	ltr	
absorbert fukt	-	1	ltr	
v/c	-	0,44		

Tabell 6: Viser betongresepten for Førde Sementvare sin B35 M45 betong som de planlagte blandingene baserer seg på.

Resepten viser mengde og type materialer som skal brukes for å lage betongblandingen. Satsstørrelsen for resepten ble satt til en 100 liters betongblanding. Dette var for at det skulle bli enkelt å skalere blandingsforholdene til den mengden liter betongblanding som det var behov for. Ved å benytte denne resepten ble det mulig å lage blandinger som er sammenlignbare og som kan vurderes opp imot samsvarskriterier og krav for Norsk Standard. Etter tilslagsanalysen kan de planlagte reseptene for ønskede blandinger ferdigstilles.

5.2 Tilslagsanalyse

Analysen som ble gjort på alt tilslaget, og betongen i fersk og herdet tilstand i dette eksperimentet ble utført i praksis med samme metodikk som er beskrevet i teoridelen av denne rapporten.

Prosedurene som beskrives for hver undersøkelse var like for alle reseptene og derfor beskrives fremgangsmåtene kun en gang. Dersom det ble brukt en annen fremgangsmåte vil dette beskrives også.

5.2.1 Tilslagets fuktighetsinnhold

For å undersøke fuktinnholdet i tilslaget ble det brukt en varmepanne, vekt, aluminiumform, liten kost, flyndreskje, litermåle og notatbok.

Formen og varmepannen ble tørket fri for støv. Deretter ble formen plassert på vekten og vekten ble nullstilt. Med litermålet ble det øst nøyaktig 1 kg tilslag i formen og vekten ble notert (M_1).

Tilslaget fra formen ble da helt over i varmepannen for tørking. Formen ble kostet ren og deretter plassert tilbake på vekten for å kontrollere om det ikke hadde hengt noe finstøv igjen. Dette ble kontrollert ved at vekten igjen skulle vise null, når formen ble plassert tilbake.

Det var viktig at tilslaget var helt tørt før det skulle veies på nytt, derfor ble det brukt en flyndreskje til å røre frem til det var synlig trøtt. I tillegg fikk tilslaget stå noen minutter ekstra for et sikkert resultat.



Figur 27: Viser måling av restmasser før tørking.



Figur 28: Viser restmasser som tørker på stekepannen.

Etter at tilslaget var tørket ble det helt tilbake i formen som var plassert på vekten. Den nye vekten ble notert (M_2). Ved bruk av massene M_1 , M_2 og formel 1 som vist i punkt 4.2.1 ble vannmengden beregnet i prosent.



Figur 29: Viser måling av restmasse etter tørking.

Tilslag	Måling før tørking [g]	Måling etter tørking [g]
Restmasse	1000,0	997,5
Sand	1000,0	995,2
Stein	1000,0	978,9

Tabell 7: Viser målingene av tilslaget før og etter tørking.

Tilslag	Beregning	Resultat
Restmasse	$(1000 - 997,5)g = 2,5 g \rightarrow \frac{2,5 g}{997,5 g} \times 100\% = 0,25 \%$	$\approx 0,3 \%$
Sand	$(1000 - 995,2)g = 4,8 g \rightarrow \frac{4,8 g}{995,2 g} \times 100\% = 0,48 \%$	$\approx 0,5 \%$
Stein	$(1000 - 978,9)g = 21,1 g \rightarrow \frac{21,1 g}{978,9 g} \times 100\% = 2,15 \%$	2,2 %

Tabell 8: Viser utregninger av fuktinnholdet. Formlene er hentet i fra punkt 4.2.1 og verdiene brukt er hentet i fra tabell 7.

Med en fuktighet på 0,3 % for restmasse kan en fastslå at restmassen er helt tørr. Den lille vektendringen kommer da av at det er luftfuktigheten på restmassen som har fordampet og vil komme tilbake så snart temperaturen av tilslaget går ned igjen. Fuktigheten i tilslaget er så lavt at det vil ikke ha noen nevneverdig effekt i fuktinnholdet for en betongblanding.

Sanden har en fuktighet på 0,5 % og en kan fastslå at sanden er helt tørr. Dette var forventet siden sanden var hentet fra Førde Sementvares sandtelt der de oppbevarer sanden tørt. På samme måte som med restmassen kommer vektendringen av

luffuktigheten. Fuktigheten i sanden vil ikke ha noen nevneverdig effekt på fuktinnholdet i til en betongblanding.

Steinen hadde en fuktighet på 2,2 % som er stor nok fuktighet at det må tas hensyn til i resepten.

5.2.2 Sikteanalyse av tilslag

For å undersøke siktekurven til tilslaget ble det brukt en elektrisk siktemaskin, 10 sikteskåler fra 16 mm ned til bunn, vekt, litermål, kost, aluminiumform og notatbok.

Sikteanalysen gjøres direkte etter tilslagets fuktighetsinnhold er funnet slik som vist i forrige kapittel. Tilslaget er da allerede tørket, og vekten av det tørkede tilslaget er allerede notert og klar for å siktes.

Alle sikteskålene var på forhånd plassert på siktemaskinen som et tårn. Skålene var plassert i kronologisk rekkefølge der 16 mm var på toppen og bunn på bunnen.

Det tørkede tilslaget ble deretter helt over i 16 mm skålen som lå på toppen av tårnet. Formen ble her også plassert tilbake på vekten for å kontrollere om det ikke hadde hengt noe igjen.

Når alt tilslaget var tilført i siktemaskinen, ble lokket på toppen skrudd fast. Siktemaskinen ble skrudd på og satt til å sikte i 10 minutter ved kraftig vibrasjon.

Etter siktingen var ferdig ble innholdet i hver sikteskål fra 16 mm (kun for stein, fra 8 mm for sand) og ned til bunn ble veid opp og notert nøyaktig vekt. Dette ble kontrollert ved å summere opp alle målingene slik at totalen skulle bli det samme som før siktingen startet.



Figur 30: Viser siktemaskinen med sikteskåler. Maskinen er satt til 10 minutter.



Figur 31: Viser 0,250 mm fraksjonen.

Figur 32: Viser 0,063 mm fraksjonen

Etter alle fraksjonene var målt ferdig ble målingene lagt inn i excel, og prosentandelen av hver fraksjon ble beregnet der.

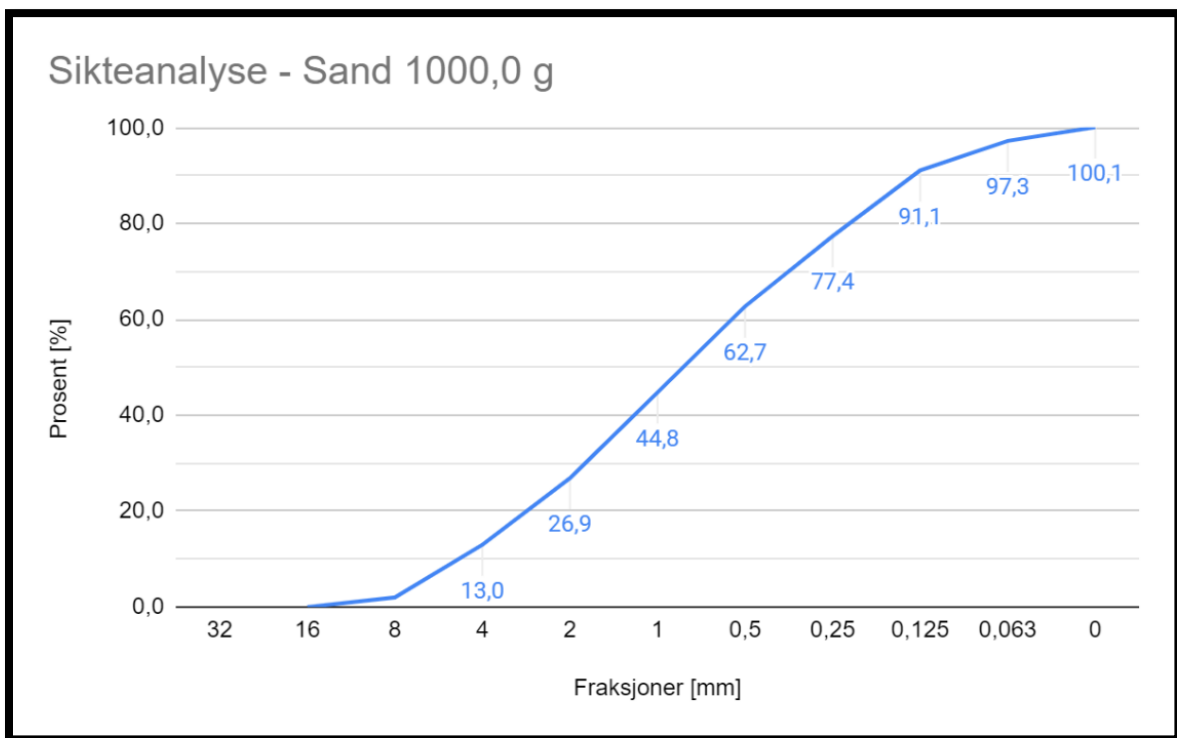
Resultat sand:

Sikteanalyse - sand 1000,0 g				
Fraksjon [mm]	Mengde sand [g]	Prosent [%]	Summert sand [g]	Summert prosent [%]
16	0,0	0,0	0,0	0,0
8	19,9	2,0	19,9	2,0
4	110,1	11,0	130,0	13,0
2	138,8	13,9	268,8	26,9
1	179,1	17,9	447,9	44,8
0,500	178,8	17,9	626,7	62,7
0,250	147,3	14,7	774,0	77,4
0,125	136,8	13,7	910,8	91,1
(Filler) 0,063	61,8	6,2	972,6	97,3
(bunn) 0	28,8	2,9	1001,4	100,1
Total	1001,4	100,1	-	-
Finhetsmodul	-	-	-	2,7

Tabell 9: Viser resultatene av mengdemålingene og beregning over til prosent. Verdien for finhetsmodulen er beregnet i formel 14 som vises på neste side.

Tabellen er satt opp slik at kolonne nr 2 fra venstre viser mengde og kolonne 3 viser prosent av hver måling. Kolonne nr 4 og 5 viser de samme målingene summert stegvis fra toppen og nedover.

Det er verdiene i kolonne 5 som blir brukt for å sette opp en siktekurve, og for å beregne finhetsmodulen.



Figur 33: Viser siktekurve for 1000,0 g sand. Verdiene er hentet i fra tabell 9 (kolonne 5).

$$\frac{\frac{91,1}{2} + 77,4 + 62,7 + 44,8 + 26,9 + 13,0 + 2,0}{100} = 2,72 \approx 2,7$$

Formel 11: Viser beregning av finhetsmodul for sand. Formelen er hentet fra punkt 4.2.2.

Finhetsmodul for sand skal helst ligge mellom 2 – 4 som angitt i punkt 4.2.2.

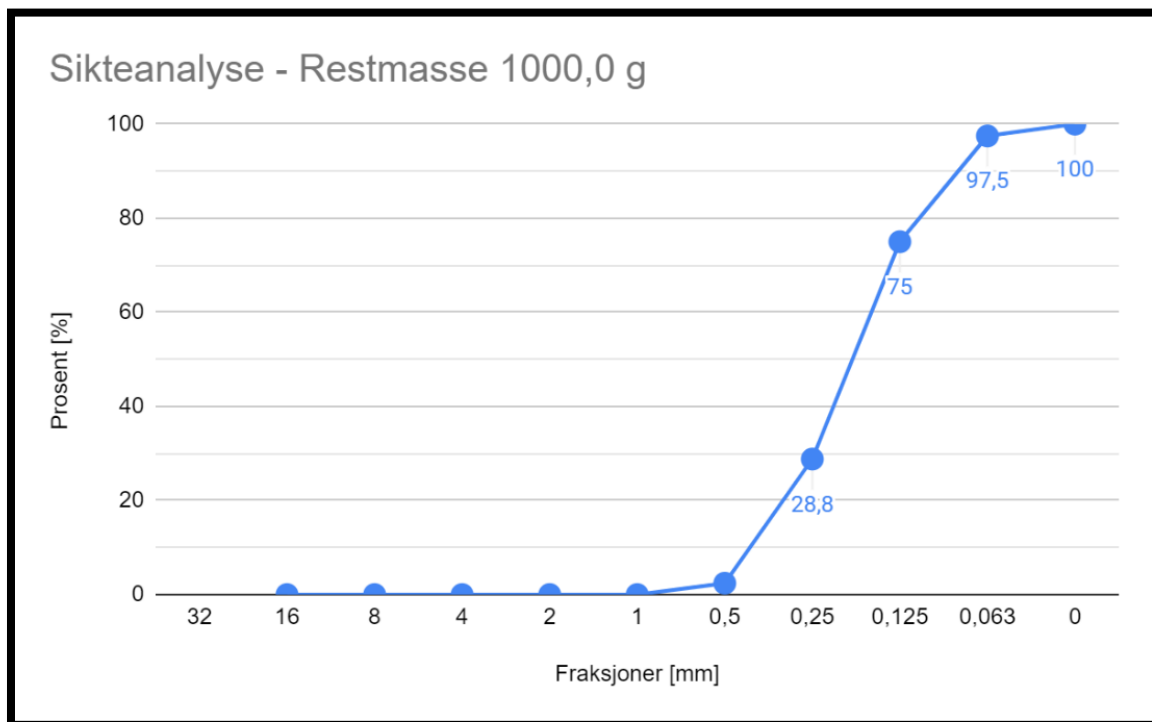
Sikteanalysen for sand har en finhetsmodul innenfor det som er vanlig og en jevn siktekurve. Denne siktekurven vil bli videre brukt for blanding 1 og 2 for å oppnå like store andeler av fraksjoner i blandingene.

Resultat restmasse:

Sikteanalyse - Restmasse 1000,0 g				
Fraksjon [mm]	Mengde restmasse [g]	Prosent [%]	Sum andel restmasse [g]	Sum andel Prosent [%]
16	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	24,0	2,4	24,0	2,4
0,25	263,3	26,4	287,2	28,8
0,125	461,4	46,2	748,6	75,0
(Filler) 0,063	224,9	22,5	973,5	97,5
(bunn) 0	24,9	2,5	998,4	100,0
Total	998,4	100,0	-	-
Finhetsmodul	-	-	-	0,7

Tabell 10: Viser resultatene av mengdemålingene og beregning over til prosent. Verdien for finhetsmodulen er beregnet i formel 15

Her kan en se i tabellen at det ikke kommer fram noen fraksjoner som er større enn 0,5 mm. Dette betyr at en vil se en betydelig endring i siktekurven for restmasse i forhold til sand.



Figur 34: Viser siktekurve for 1000,0 g restmasse. Verdiene er hentet i fra tabell 10 (kolonne 5).

$$\frac{75}{2} + 28,8 + 2,4 + 0,0 + 0,0 + 0,0 + 0,0$$

$$\frac{\quad}{100} = 0,68 \approx 0,7$$

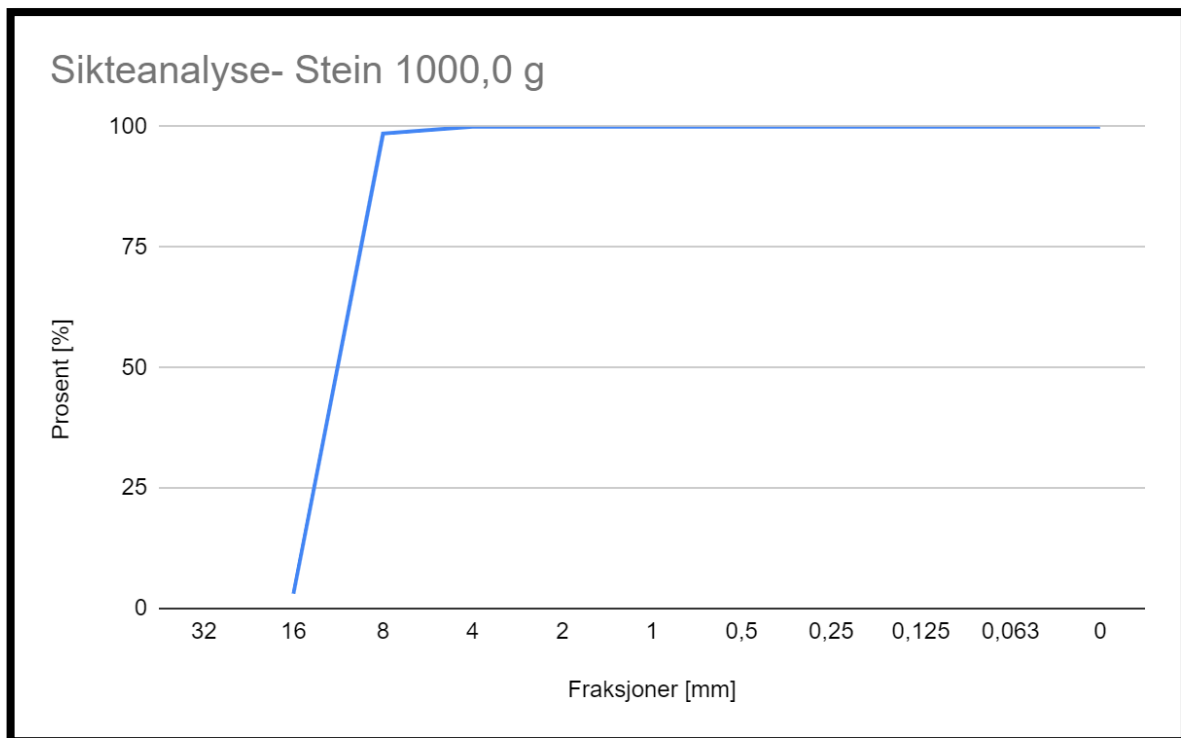
Formel 12: Viser beregning av finhetsmodul for restmasse. Formelen er hentet fra punkt 4.2.2 og verdiene er hentet i fra tabell 10 (kolonne 5).

På samme måte som for sand burde finhetsmodul for restmasse helst ligge mellom 2 – 4. Men siden restmassene ikke inneholder fraksjoner fra 1 mm til 8 så var det forutsett at finhetsmodulen ville bli betydelig lavere. Denne verdien har ikke betydning for de planlagte blandingene, men resultatene for analysen kan likevel ha verdifull betydning for andre som ønsker å bygge på forskningen. På siktekurven vises det tydelig at det er størst endring mellom 0,250 og 0,125 fraksjonen og at restmassene har en betydelig større andel (46,2 %) mellom de fraksjonene.

Resultat stein:

Sikteanalyse - Stein 1000,0 g				
Fraksjon [mm]	Sand andel [g]	Prosent andel [%]	Sum andel sand [g]	Sum andel Prosent [%]
16	30,5	3,1	30,5	3,1
8	955,3	95,5	985,8	98,6
4	14,2	1,4	1000,0	100,0
2	0,0	0,0	1000,0	100,0
1	0,0	0,0	1000,0	100,0
0,5	0,0	0,0	1000,0	100,0
0,25	0,0	0,0	1000,0	100,0
0,125	0,0	0,0	1000,0	100,0
(Filler) 0,063	0,0	0,0	1000,0	100,0
(bunn) 0	0,0	0,0	1000,0	100,0
Total	1000,0	100,0	-	-
Finhetsmodul	-	-	-	6,5

Tabell 11: Viser resultatene av mengdemålingene og beregning over til prosent. Verdien for finhetsmodulen er beregnet i formel x



Figur 35: Viser siktekurve for stein. Verdiene er hentet fra tabell 11 (kolonne 5).

$$\frac{\frac{100}{2} + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 98,3 + 3,1}{100} = 6,51 \approx 6,5$$

Formel 13: Viser beregning av finhetsmodul for stein. Verdiene brukt er hentet fra tabell 11 kolonne 5

Som vist i punkt 4.2.2 så skal finhetsmodul for stein helst ligge mellom 6 - 8. Siktekurven for stein har en verdi som er vanlig for norsk tilslag.

5.2.3 Undersøkelse av humus- og slaminnhold

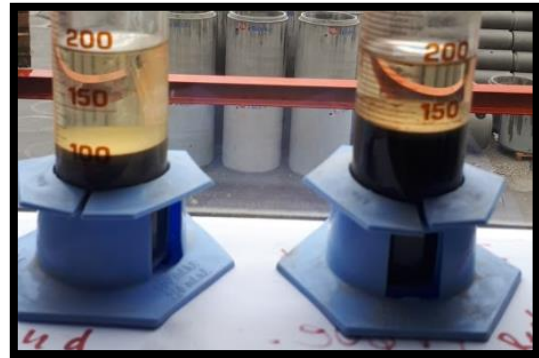
Det ble utført totalt 4 Undersøkelser av humus- og slaminnhold. Det ble først tatt 3 tester som inneholdte samme fraksjonsfordeling som de 3 planlagte blandingene slik at testene ble representative for blandingene. Det ble også tatt én med kun restmasse. Dette var for å se om det var en nevneverdig differanse mellom den og testen med kun sand.

For dette forsøket ble det brukt et 500 ml måleglass, 3% natronlut (natriumhydroksid), fargeskala, meterstokk og notatbok

Det første som ble gjort var å vaske måleglasset rent. Deretter ble glasset fult med natronlut til vesken nådde 125 ml merket. Tilslaget ble så drysset forsiktig ned i måleglasset til natronluten nådde 200 ml merket.

Måleglasset ble så ristet godt under stadige endevendinger i 30 sekunder. Glasset ble til slutt plassert på et trygt sted der det fikk stå en uke uten å bli flyttet på.

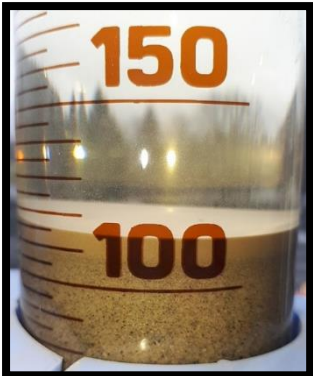



Etter en uke ble humusinnhold vurdert ved å se på fargen av vesken og sammenligne den i forhold til fargeskalaen. Slaminnholdet ble funnet ved å måle slammet som lå på toppen med en meterstokk, og beregnet i prosent som vist i punkt 4.2.3.



Figur 36: Viser måleglass med sand til venstre og kun restmasse til høyre.



Figur 37: Viser restmasse som blir drysset i måleglasset med natronlut.

<p>Kontroll (sand)</p> 	<p>Humus</p> <p>Prøven inneholder humus i så liten grad at det ikke vil ha nevneverdig effekt på betongen.</p>	<p>Slam</p> $\frac{3 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} \times 100 \% = 5,0 \text{ [%]}$ <p>Slaminnholdet på 5 % er på grensen av det som er ønskelig, men har sannsynligvis liten til ingen effekt på betongblandings vannbehov.</p>
<p>R1 (55,3% restmasse)</p> 	<p>Humus</p> <p>Prøven inneholder humus i så liten grad at det ikke vil ha nevneverdig effekt på betongen.</p>	<p>Slam</p> $\frac{1,5 \text{ mm}}{65 \text{ mm}} \times 100 \% = 2,3 \text{ [%]}$ <p>Slaminnholdet er på ca 2,3 % som er et gunstig innhold siden det ikke er for lite eller for mye slam.</p>
<p>R2 (73,2% restmasse)</p> 	<p>Humus</p> <p>Prøven inneholder humus i så liten grad at det ikke vil ha nevneverdig effekt på betongen.</p>	<p>Slam</p> $\frac{1 \text{ mm}}{67 \text{ mm}} \times 100 \% \approx 1,49 \text{ [%]}$ <p>Slaminnholdet er på ca 1,5 % vil ikke ha noen effekt på betongen sitt vannbehov, og samtidig vil fylle ut porene i betongblandingen</p>
<p>100% restmasse</p> 	<p>Humus</p> <p>Prøven inneholder humus i så liten grad at det ikke vil ha nevneverdig effekt på betongen.</p>	<p>Slam</p> $\frac{1 \text{ mm}}{78 \text{ mm}} \times 100 \% = 1,28 \text{ [%]}$ <p>Slaminnholdet er på ca 1,3 % som er ca 74% mindre slam i forhold til kontrollprøven.</p>

Tabell 12: Viser analyse av humus og slaminnhold. Formlene brukt er hentet i fra punkt 4.2.3

Et eksempel som viser utføringen og beregning analyser er vist her.



Figur 39: Viser måling av slam på toppen av tilslaget i glasset.



Figur 38: Viser måling av helle tilslagshøyden.

Prøven inneholder ca 55,4 % restmasse i fraksjonene 0 - 0,5 mm og ca 44,6 % sand i fraksjonene 1 – 8 mm i samme fordeling som en kan se i tabell 9 for sand i punkt 5.2.2. Slamsjiktet ble målt til 1,5 mm og resten av tilslaget ble målt til 65 mm.

$$\frac{\text{Høyde på slamlag [mm]}}{\text{Høyde på sandlaget [mm]}} \times 100 \% = \frac{1,5 \text{ mm}}{65 \text{ mm}} \times 100 \% = 2,3 \text{ [\%]}$$

Formel 14: Viser beregning av slaminnhold. Verdiene brukt er tatt i fra målingene gjort som kan ses på figur 14 og 15. Formelen er hentet i fra punkt 4.2.3

Prøven inneholder humus i så liten grad at det ikke vil ha nevneverdig effekt på betongen. Slaminnholdet er på ca 2,3 % som er et gunstig innhold siden det ikke er for lite, men heller ikke over 5%. Slammet vil da hjelpe å fylle ut porene i betongblandingen og gjør betongen tettere og smidigere [14].

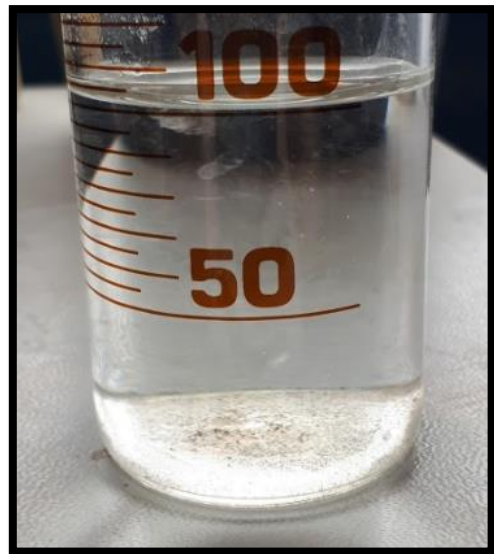


Figur 40: Viser måleglassene ved siden av hverandre for sammenligning. Fra venstre: R2, R1 og Kontroll.

5.2.5 Undersøkelse av tilslagets densitet

Det ble utført 4 undersøkelser av densitet av tilslag. Én med kun sand i likhet med kontrollblandingen, og én med sand og restmasse i likhet med R1 blandingen. Begge prøvene hadde samme fraksjonsfordeling som vist i tabell 9 (i prosent). Det ble også utført en densitetsundersøkelse på kun stein og en med kun restmasse.

For å undersøke densiteten til tilslaget ble det brukt et 500 ml måleglass, litermål, vekt og notatbok.



Figur 41: Viser vann i måleglass for å måle densitet. Fylt til 100 ml.

Forsøket startet med å fylle alle tre måleglassene med cirka 1/3 vann der vannets volum ble notert som (V_1). Deretter ble det veid opp 100g sand, 100g sand blandet med restmasser fordelt som R1, og 200g stein nedi litermålene der vekten av massene ble notert som (P).

Den oppveide sanden, sanden blandet med restmassen og steinen ble deretter drysset nedi hvert sitt måleglassene med vann.

Litermålene ble også kostet ren med en liten kost slik at alt det oppveide tilslaget ble tilført. Måleglassene ble så ristet i en skråstilling og rotert for å få vekk luftbobler. Prøvene fikk så stå i ro frem til vesken hadde klart. Det nye volumet ble notert som (V_2), og ved hjelp av verdiene for P, V_1 og V_2 ble densiteten av tilslagene beregnet.



Figur 42: Viser målingene av de 3 første densitetsprøvene ved siden av hverandre. Fra venstre: Stein, R1, Sand.

Tilslag	Masse [g]	Volum før [ml]	Volum etter [ml]
Sand	100,0	100	140
R1	100,0	100	135
Stein	200,0	200	275
Restmasse	100,0	100	130

Tabell 13: Viser massene og målingene før og etter tilslaget ble tilført måleglasset.

Tilslag	Beregning	Resultat
Sand (Kontroll)	$\frac{100 \text{ g}}{(140 - 100) \text{ ml}} = 2,5 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$	$\approx 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
R1	$\frac{100 \text{ g}}{(135 - 100) \text{ ml}} = 2,85 \approx 2,9 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$	$\approx 2900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Stein	$\frac{200 \text{ g}}{(275 - 200) \text{ ml}} = 2,66 \approx 2,7 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$	$\approx 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Restmasse	$\frac{100 \text{ g}}{(130 - 100) \text{ ml}} = 3,33 \approx 3,3 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$	$\approx 3300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Tabell 14: Viser beregning av densitet. Formlene brukt er hentet i fra punkt 4.2.5.

Sanden har en densitet på ca 2500 kg/m³ som er en densitet klassifisert for normalbetong. Som vist i punkt 4.2.5 har normalbetong en densitet mellom 2000 og 2600 kg/m³ [7].

R1 tilslaget med 55,4 % restmasse og 44,6 % sand hadde en densitet på ca 2900 kg/m³ som er klassifisert for tungbetong. Tungbetong har en densitet på over 2600 kg/m³ [7]

Steinen hadde en densitet på ca 2700 kg/m³ som klassifiseres for tungbetong, men overstiger ikke øverste densitet for normalbetong i stor grad.

Restmassen hadde en densitet på ca 3300 kg/m³ som klassifiseres for tungbetong.

5.2.7 Ferdig resepter

Med resultatene fra tilslagsanalysen kan reseptene for de planlagte blandingene ferdigstilles.

Blanding 1: «Kontroll»

Kontrollblandingen var den første blandingen som ble blandet. Dette var for å bli kjent med blandingsmetodikken i praksis, og dersom det skulle oppstå feil eller komplikasjoner så ville ikke restmasse gå tapt i en mislykket blanding. Det ble bestemt å blande en kontrollblanding på 8 liter slik at det ble nok til alle de planlagte forsøkene i fasen for fersk betong, og til slutt kunne støpe nok terninger.

Ved å bruke den originale resepten som er vist i tabell 6 punkt 5.1 ble blandingen skalert ned til 8 liter og den nødvendige mengden delmaterialer kalkulert.

Blanding 1: «Kontroll»				
Resept	B35	Bestandighetsklasse	M45	
Satsstørrelse	8 liter			
Material:	Fukt [%]	Mengde	Enhet:	Densitet: kg/m ³
Silica 1	-	-	kg	-
Standard FA	-	3,36	kg	2950
Sand 0-8	0,5	8,24	kg	2500
Stein 8-16	2,2	6,48	kg	2700
NRG 600	72	0,02	kg	1056
Vann	-	1,472	ltr	1000
Total		19,572	kg	
Luft (2%)	-	0,16	ltr	
Tilsatt vann	-	1,472	ltr	
Total fukt	-	-	ltr	
absorbert fukt	-	0,08	ltr	
v/c	-	0,438		

Tabell 15: Viser Blanding 1: «Kontroll» med beregnet mengde material for blandingen. Fuktverdiene er hentet fra resultatene i punkt 5.2.1 og verdiene for densitet er hentet fra punkt 5.2.5.

Et eksempel på hvordan mengden av de nødvendige material ble beregnet er vist i utrekningen på neste side.

$$\frac{\text{Material [kg]}}{\text{volum [ltr]}} \times \text{ønsket volum [ltr]} = \frac{103 \text{ kg}}{100 \text{ ltr}} \times 8 \text{ ltr} = 8,24 \text{ kg sand 0 - 8}$$

Formel 15: Viser beregning av nødvendig material i kg for ønsket betongblanding i liter. Verdiene brukt i formelen er hentet fra tabell 1.

For at kontrollblandingen og R1 blandingen skulle være så sammenlignbar som mulig, ble det bestemt at de skulle ha identisk korngradering i vekt, for alle fraksjoner mellom 0 - 8 mm. For å kunne oppnå dette ble siktekuven for sand i punkt 5.2.2 (figur 32 og tabell 9) brukt som et utgangspunkt for begge blandingene.

Den nødvendige mengden av hver fraksjon ble beregnet i excel:

Kontroll blanding 8 liter			
Fraksjon [mm]	Sand totalt [kg]	Prosent [%]	Andel sand for 8 liter [g]
8	8,24	0,020	163,7
4	8,24	0,110	906,4
2	8,24	0,139	1145,4
1	8,24	0,179	1474,7
0,500	8,24	0,179	1474,7
0,250	8,24	0,147	1211,3
0,125	8,24	0,137	1128,9
0,063	8,24	0,062	510,9
0	8,24	0,029	239
Sum total			8255

Tabell 16: Viser resultatene for beregning av andel sand.

Et eksempel på hvordan utregningene i tabellen 16 ble gjort slik:

$$8,24 \text{ kg} \times 0,179 \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 1474,7 \text{ g av fraksjon } 0,500 \text{ mm}$$

Formel 16: viser beregning av andel 0,500 for 8 liter.

Kontrollblandingen vil dermed ha lik siktekurve som vist i figur 32 i punkt 5.2.2.

Det kommer frem i tabell 15 at silica ikke er tatt med i resepten. Silica viste seg å være utfordrende å få tak i, og det var heller ingen måte silica kunne hentes ut av maskineriet hos Førde Sementvare. Veilederen hos Førde Sementvare anbefalte derfor å utføre en kompensering metode ved mangel på silica.

For å kompensere for silica ble den originale mengden silica som skulle bli tilsatt, notert og doblet, for deretter å erstatte den doblede mengden med sement. Dette er fordi overflatearealet til silica er omtrent dobbelt så stort som overflatearealet til sementen.

Med veiledning fra Førde Sementvare ble kompensering metoden beregnet slik:

$$\frac{((\text{silica} + \text{silica}) + \text{sement}) [\text{kg}]}{\text{satsstørresle} [\text{ltr}]} \times \text{ønsket volum} [\text{ltr}] = \text{Sement} [\text{kg}]$$

Formel 17: Viser en formel som illustrerer kompensering for silica med sement.

$$\frac{((1,7 + 1,7) + 38,6)\text{kg}}{100 \text{ ltr}} \times 8 \text{ ltr} = 3,36 \text{ kg sement}$$

Formel 18: Viser beregning av nødvendig sement og erstatning av silica med sement. Formelen er vist i formel 25 og verdiene brukt er hentet fra tabell 6.

Her må det også påpekes at all steinen ble vasket ren for sandpartikler som var festet på overflaten. Dette var for å ha fullstendig kontroll over alt det fine tilslaget som ble tilført blandingen, og samtidig sørge for å gjøre blandingene mest mulig sammenlignbare. Etter vask ble også steinen tørket slik at overflatevannet ikke hadde noe innvirkning på beregnet vannmengden i resepten. Dette betyr at alt tilslaget som ble tilført i blandingen var tørt og derfor var det ikke behov for å korrigere den effektive vannmengden i resepten, i forhold til fuktinnhold i tilslaget. Med dette ble det enklere å beregne vannmengde til blandingen og i tillegg sørge for at v/c tallet ble korrekt.

Tilslagets forventede fuktinnhold for den originale resepten i punkt 5.1 ble da brukt som utgangspunkt for å beregne hvor mye vann som må tilsettes til blandingen for å opprettholde riktig v/c tall. Beregningen ble utført slik:

$$\frac{(Total\ fukt + Tilsatt\ vann)[ltr]}{satsstørrelse [ltr]} \times \text{\textit{ønsket volum}} [ltr] = Total\ vannmengde [ltr]$$

Formel 19: Viser formel for beregning av total vannmengde som skal tilsettes betongblandingen.

$$\frac{(8,8 + 9,6)\ ltr}{100\ ltr} \times 8\ ltr = 1,472\ ltr$$

Formel 20: Viser beregning av total vannmengde. Formelen er den samme som i formel 27.

Denne beregningen sammen med beregningen for sement kan da kontrolleres ved å beregne v/c tallet på nytt. Dette gjøres ved å ta mengden vann i resepten som deles på den nye mengden sement.

$$\frac{Vann [ltr]}{Sement [kg]} = \frac{1,427\ ltr}{3,36\ kg} = 0,438 \cong 0,44 \frac{ltr}{kg}$$

Formel 21: Viser beregning av v/c tall. Verdiene brukt er hentet fra formel 26 og 28.

Med den nye mengden sement og vann ble riktig v/c tall opprettholdt og det ble derfor bestemt å bruke 3,36 kg sement og 1,427 liter vann i blandingene på 8 liter.

Blanding 2: «R1»

R1 er blandingen der sand fra 0 - 0,5 mm som ble erstattet med identisk korngradering av restmasser i vekt. Hele resepten er også identisk til kontrollresepten bortsett fra at 55.3% av sanden erstattes med eklogitten fra Engebø.

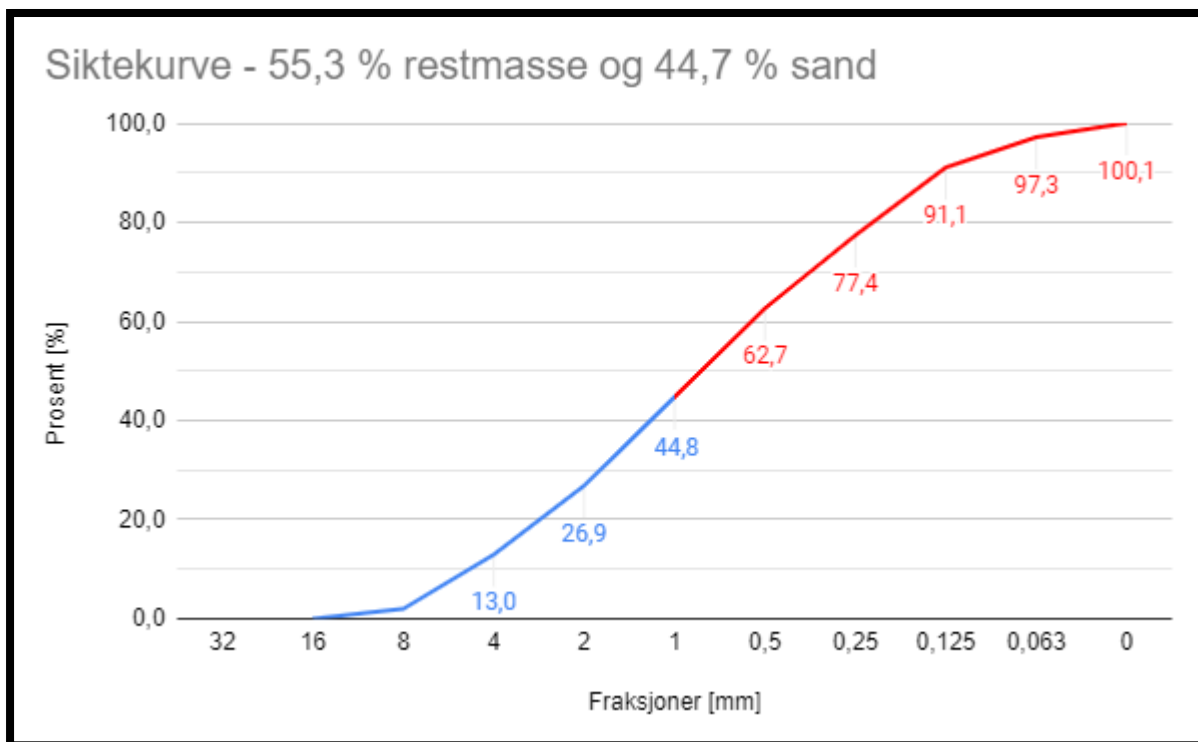
Blanding 2: «R1»				
Resept	B35	Bestandighetsklasse	M45	
Satsstørrelse	8 liter			
Material:	Fukt [%]	Mengde	Enhet:	Densitet kg/m ³
Silica 1	-	-	kg	-
Standard FA	-	3,36	kg	2950
Restmasse 0-0,5	0,3	4,56	kg	3300
Sand 1-8	0,5	3,68	kg	2500
Stein 8-16	2,2	6,48	kg	2700
NRG 600	72	0,02	kg	1056
Vann	-	1,472	ltr	1000
Total		19,572	kg	
Luft (2%)	-	0,16	ltr	
Tilsatt vann	-	1,472	ltr	
Total fukt	-	-	ltr	
absorbert fukt	-	0,08	ltr	
v/c	-	0,438		

Tabell 17: Viser Blanding 2: «R1» med beregnet mengde material for blandingen. Fuktverdiene er hentet fra resultatene i punkt 5.2.1 og verdiene for densitet er hentet fra punkt 5.2.5.

Mengden av delmaterialene i resepten er utarbeidet på samme måte som kontrollen og begge blandingene ble produsert på lik måte. Den eneste differansen blandingene har er innholdet av sand og restmasser.

R1 blanding 8 liter				
Tilslag	Fraksjon [mm]	Totalt tilslag [kg]	Prosent [%]	Andel tilslag for 8 liter [g]
Sand	8	8,24	0,020	163,7
Sand	4	8,24	0,110	906,4
Sand	2	8,24	0,139	1145,4
Sand	1	8,24	0,179	1474,7
Restmasse	0,5	8,24	0,179	1474,7
Restmasse	0,25	8,24	0,147	1211,3
Restmasse	0,125	8,24	0,137	1128,9
Restmasse	0,063	8,24	0,062	510,9
Restmasse	0	8,24	0,029	239
Sum total	-	-	1,00	8255

Tabell 18: Viser resultatene for beregning av andel sand og restmasse.



Figur 43: Viser siktekurve for R1 blandingen der blå strek er sand og rød strek er restmasse.

Siktekurven i figur 42 viser tydeligere korngraderingen av sand og restmasse. Den blå linjen på figur 14 representerer sanden og den røde linjen representerer restmassen. Ved å erstatte tilslaget fra Førde sementvare på denne måten ga det et grunnlag som kunne sammenlignes og gjorde at man kunne se hvilke effekter restmassene hadde på sentrale egenskaper i betongen.

Blanding 3: «R2»

R2-blanding var den tredje og siste testblanding som ble laget. I denne blandingen ble det forsøkt å optimalisere mengden restmasse ved å foreta et fraksjonsprang. Resepten var også utarbeidet med samme metodikk som for kontroll- og R1-respeten, men er skalert ned til 6 liter. Grunnen til at denne blandingen ble skalert til kun 6 liter og ikke 8 som de to andre, var fordi det var mangel på 0,500 mm fraksjonen av restmassen.

Blanding 3: «R2»				
Resept	B35	Bestandighetsklasse	M45	
Satsstørrelse	6 liter			
Material:	Fukt [%]	Mengde	Enhet:	Densitet kg/m ³
Silica 1	-	-	kg	-
Standard FA	-	2,52	kg	2950
Restmasse 0-0,5	0,3	4,53	kg	3300
Sand 2-8	0,5	1,65	kg	2500
Stein 8-16	2,2	4,86	kg	2700
NRG 600	72	0,015	kg	1056
Vann	-	1,104	ltr	1000
Total		14,679	kg	
Luft (2%)	-	0,16	ltr	
Tilsatt vann	-	1,104	ltr	
Total fukt	-	-	ltr	
absorbert fukt	-	0,06	ltr	
v/c	-	0,438		

Tabell 19: Viser Blanding 3: «R2» med beregnet mengde material for blandingen. Fuktverdiene er hentet fra resultatene i punkt 5.2.1 og verdiene for densitet er hentet fra punkt 5.2.5.

Det spesielle med denne blandingen er at det ble foretatt et fraksjonsprang. Som forklart tidligere ble mengden av 1 mm sand fjernet og erstattet med 0.500 restmasse. Massen for 0.500 fraksjonen ble deretter erstattet med 0.250 der også 0.250 ble dosert for egen masse for å bli utlignet. Dette betyr at 0.250 ble dosert for 2 fraksjonsplasser som tabell 20 under demonstrer tydeligere:

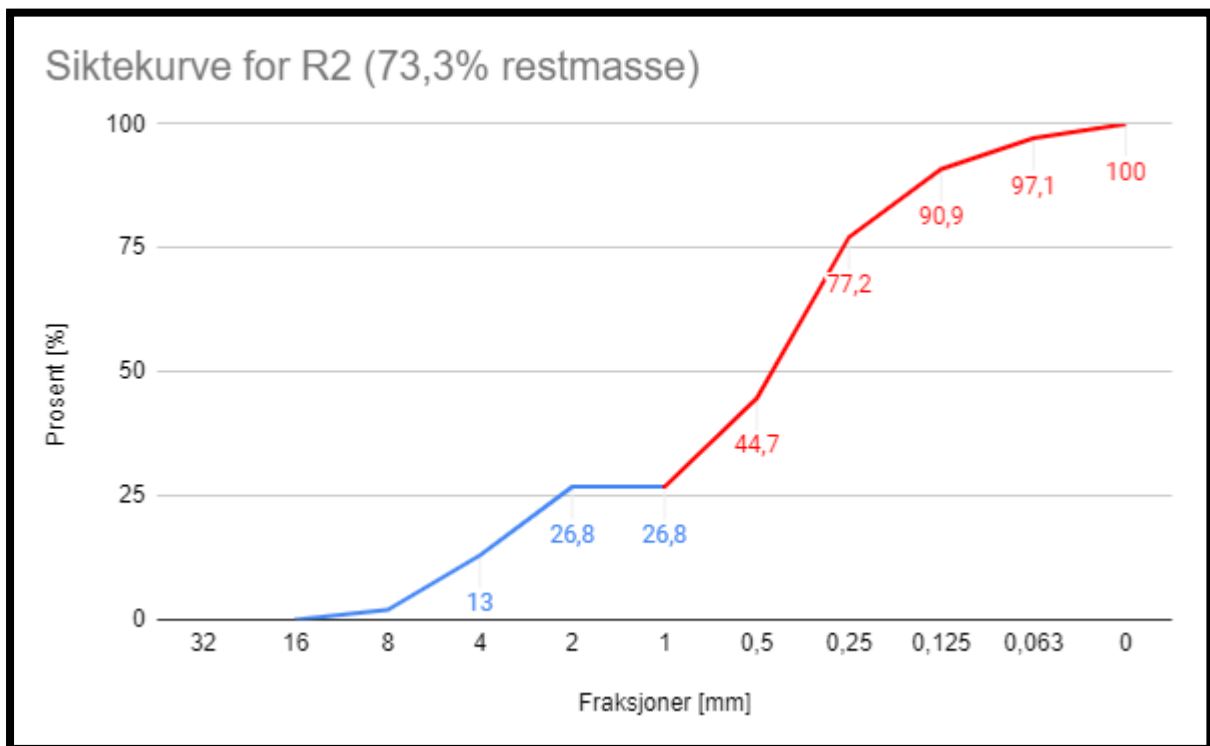
R2 blanding 6 liter					Siktekurve
Tilslag	Fraksjon [mm]	Totalt tilslag [kg]	Prosent [%]	Andel tilslag [g]	Prosent summert
Sand	8	6,18	0,020	123,6	2,0
Sand	4	6,18	0,110	679,8	13,0
Sand	2	6,18	0,139	859,2	26,8
Fraksjonsprang	1	6,18	↓	↓	↓
Restmasse	0,500	6,18	0,179	1106,2	44,7
Restmasse	0,250	6,18	0,179+0,147	(1106,2 + 908,5)	77,2
Restmasse	0,125	6,18	0,137	846,7	90,9
Restmasse	0,063	6,18	0,062	383,2	97,1
Restmasse	0	6,18	0,029	179,2	100,0
Sum total	-	-	1,00	8255	
Finhetsmodul					2,1

Tabell 20: Viser resultatene for beregning av andel sand og restmasse.

Ved å foreta dette fraksjonspranget vil denne betongblandingen få en annen siktekurve og en annen finhetsmodul enn kontroll og R1-blandingen. Finhetsmodulen ble beregnet slik:

$$\frac{\frac{90,9}{2} + 77,2 + 44,7 + 26,8 + 13,0 + 2,0}{100} = 2,09 \approx 2,1$$

Formel 22: Viser beregning av finhetsmodul for tilslaget i R2 blandingen. 1mm fraksjonen er hoppet over i denne beregningen. Verdiene brukt i formelen er hentet fra tabell 13 og formelen er hentet fra punkt 4.2.2



Figur 44: Viser siktekurven for R2 blandingen der blå strek er sand og rød strek er restmasse.

I denne resepten ble mengden restmasser økt til 73,25 %, men siden finhetsmodulen og siktekurven ikke er lik som kontroll og R1- blandingen, så vil ikke R2 prøvene være representativ til kontrollen på samme måte som R1 blandingen.

Et fraksjonsprang er noe man helst vil unngå siden det har innvirkning på «sammensettingen» som tilslaget har i en betongblanding. Men siden målet med prosjektet var å undersøke og optimalisere dosert mengde restmasse i en betongblanding ble dette gjort. I tillegg ga det oss muligheten til å se hvordan et fraksjonsprang kan påvirke egenskapene til betongen i fersk og herdet tilstand.

5.3 Fersk betong

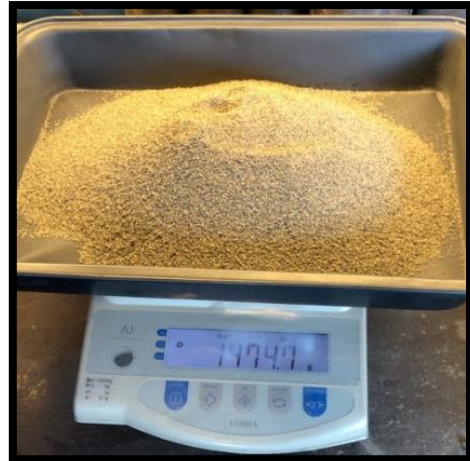
I dette delkapitlet vil ikke resultatene av undersøkelsene kommenteres. Dette blir gjort i kapittel 6.0 - Vurdering av resultater.

5.3.1 Blanding av prøvesats

Til dette forsøket ble det brukt en 40 liters murerbøtte, en 10 liters bøtte, blandedrill, vekt, aluminiums-form og en plastkopp.

Siden tilslaget på forhånd var tørket, siktet og sortert ble tilslaget og de andre delmaterialene som skulle blandes sammen veid opp og tilført til en 40 liters murerbøtte som blandingen skulle blandes i.

Hver fraksjon ble veid opp slik at de hadde samme fordeling som vist i tabell 16 for kontroll, tabell 18 for R1, og tabell 20 for R2. Etter alt tilslaget av både sand og stein var tilført i murerbøtten ble også sementen veid opp og tilført. Vannet som skulle bli tilført hadde et volum på 1,472 liter. Siden vann har en densitet på tilnærmet $1000 \frac{g}{l}$ ble det enkelt å ha kontroll over nøyaktig mengde vann som skulle tilføres i blandingen. Vannet ble gjort klart ved å veie opp 1472 g vann i 10 litersbøtten.



Figur 45: Viser oppmålt mengde 0,5 mm sand til kontrollblanding.



Figur 47: Viser oppmålt mengde 0,125 mm restmasse til R1 blandingen.



Figur 46: Viser oppmålt mengde vann for kontroll og R1.



Figur 48: Viser 0,5 mm restmasse oppå sand 1-8 mm i R1 blandingen



Figur 49: Viser sement oppå restmasser og sand i R1 blandingen.

Det superplastiserende tilsetningsstoffet ble veid opp i plastkopp slik at det ble mulig å kunne rolig tilføre tilsetningsstoffet jamt over hele blandingen.

Tilsetningsstoffet ble satt klart ved siden av vannet slik at alt var klart for blandeprosessen.

Blandedrillen ble så brukt til å blande all den tørre masse i bøtten sammen fram til alt fikk en jevn grå farge. 2/3 av vannet ble så tilført blandingen. Dette ble gjort ved at en av utførende blandet og den andre tilførte vannet jamt over blandingen.

Etter å ha blandet i 1-2 minutter stoppet prosessen opp og det superplastiserende tilsetningsstoffet ble drysset jamt over hele blandingen. Blandeprosessen startet så opp igjen og det resterende vannet ble tilført. Blandingens fortsatte så fram til en smidig, stabil og bløt konsistens var oppnådd.



Figur 50: Viser R1 blandingen mens den blir blandet.



Figur 51: Viser R1 blandingen ferdigblandet.

Under blandedprosessen for R2 blandingen var det mer krevende å oppnå en konsistens som var ønsket med planlagt vannmengde og SP. Det ble derfor beregnet hvor mye vann som fremdeles var mulig å kunne tilsette blandingen uten å gå over begrensningen for v/c-tallet. Betongtypens bestandigheten er gitt i resepten og har en bestandighet på M45. Dette betyr at v/c-tallet for blandingen ikke kan overstige 0,45. v/c-tallet i blandingen under blandingsprosessen var på 0,438, derfor ble mer vann beregnet og tilført slik at v/c tallet økte til 0,448. Den ekstra vannmengden tilsvarte 25 g som ikke oversteg kriteriet på 0,45. Beregningen ble gjort slik:



Figur 52: Viser konsitensen til R2 blandingen. Merk at denne er mindre bløt.

$$\frac{(1104 + 25)g}{2520 g} = 0,448$$

Formel 23: Viser beregning av det nye v/c tallet for R2 blandingen.

Vannet på 25 g vann ble tilført blandingen, men ønsket konsistens var enda ikke oppnådd. Siden det ikke kunne bli tilført mer vann uten å risikere å gå over v/c tallet ble det derfor bestemt å tilføre mer tilsetningsstoff for å forbedre konsistensen.

Den totale mengden av tilsetningsstoff man kan tilsette en betongblanding er 5% av mengden sement som er brukt. For R2 blandingen betyr det at det er maks 126 g som kan tilsettes blandingen. Under blandingsprosessen ble det tilført 15 g tilsetningsstoff slik som angitt i resepten. Det ble ytterligere tilført 11 g mer før ønsket konsistens var oppnådd og den totale mengden tilsetningsstoff som var brukt i R2 blandingen ble da på 26 g. Det er 100 g mindre enn den totale begrensningen for tilsetningsstoff, men er også en økning på 73 % brukt i forhold til resepten.



Figur 53: Viser R2 blandingen etter ønsket konsistens var oppnådd.

Når ønsket konsistensen for blandingene var oppnådd kunne en gå i gang med videre analyser av betongen i fersk tilstand.

5.3.2 Måling av konsistens - synkmål

Til dette forsøket ble det brukt et friksjonsfritt og vanntett underlag, en avkortet synk-kjegle, en jernstang, meterstokk, flyndreskje og notatbok.

Synk-kjeglen ble plassert på underlaget slik at den smale åpningen av kjeglen pekte opp. Kjeglen hadde også to flater en kunne stå på for å holde kjeglen fast



Figur 54: Viser en full kjegle som gjennomstikkes før den glettes av på toppen.

Flyndreskjeen ble brukt til å fylle kjeglen i tre lag der alle lagene ble gjennomstukket 25 ganger med stålstangen for å bli tilstrekkelig komprimert. Når kjeglen var full ble toppen glattet av slik at blandingen hadde en flat topp. Deretter ble kjeglen løftet rett opp i en jevn bevegelse slik at betongen kunne synke sammen. Kjeglen ble så plassert ved siden av den synkende blandingen. For å ta mål måtte en la blandingen få gli ut til den slutte å bevege seg. Det ble tatt mål fra toppen av stålkeglen til det høyeste punktet på den sammensunkne betongen med meterstokken.



Figur 55: viser R1 blandingen når den har sluttet å synke, og kan bli tatt mål av.

Blanding	Synkmål (cm)	Klasse
Kontroll	23	S5 ^a
R1	22,5 ≈ 23	S5 ^a
R2	21	S4

Tabell 21: Viser klassifiseringen av synkmålene. Klassifiseringene er hentet fra punkt 4.3.2.

5.3.3 Måling av luftinnhold og densitet

Når man utfører en undersøkelse av luftinnholdet i en betongblanding tilføres vann for å fjerne luftrom i toppen av måleinstrumentet før en øker trykket. Ved å tilføre mer vann i blandingen på denne måten vil også v/c-tallet påvirkes i en slik grad at blandingen ikke lenger kan garanteres å være representativ for den originale resepten.

Måling av luftinnhold er vesentlig når det er en spesialbetong med spesielle krav og som krever et spesifikt luftinnhold. B35 M45 betongen som brukes i dette eksperimentet er ikke en spesialbetong og har ikke et spesifikt krav til luftinnhold.

Resepten viser et forventet luftinnhold på ca 2%.

Siden blandingene som var produsert ikke kunne lages større enn 8liter og 6liter, på grunn av mangelen på 0,500 fraksjonen med restmasse og betongen i dette prosjektet ikke hadde et spesielt luftinnhold krav, ble det bestemt å overse denne undersøkelsen.

Måling av densitet

Det ble målt densiteten av alle blandingene, der en brukte et litermål som erstatning av luftmålbeholderen. Dette ble gjort fordi R2-blandingen ikke var stor nok til å utfylle hele luftmålbeholderen som vanligvis brukes for å måle densiteten. Prinsippet er det samme, men gjøres i mindre skala.

For å beregne densiteten av den ferske betongen ble det brukt et litermål, en flyndreskje og en vekt.

Undersøkelsen startet ved å veie et tomt litermål og notere ned den nøyaktige vekten som (M_1).

Betongen ble deretter fylt nedi litermålet i tre lag der hvert lag ble gjennomstukket 25 ganger med flyndreskjeen. Når betongen lå jevnt på 1 liters merke nedi litermålet, ble den uønskede massen som hadde festet seg på litermålet tørket vekk. Dette for å sikre at det kun var betongen som hadde blitt fylt nedi til 1 liter var igjen.

Vekten av 1 liter betong ble så lest av og notert nøyaktig som (M_2). Densiteten ble målt slik fordi volumet av 1 liter er det samme som 1 dm^3



Figur 56: Viser 1 liter fersk betong i litermålet



Figur 57: Viser 1 liter fersk betong i litermålet

Resept	Beregning	Densitet
Kontroll	$\frac{2520,9 \text{ g} - 153,6 \text{ g}}{1 \text{ dm}^3} = 2367,3 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$	$2367,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
R1	$\frac{2612,6 \text{ g} - 153,6 \text{ g}}{1 \text{ dm}^3} = 2458,6 \text{ g} \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$	$2458,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
R2	$\frac{2623,0 \text{ g} - 153,6 \text{ g}}{1 \text{ dm}^3} = 2469,4 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$	$2469,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Tabell 22: Viser beregning og resultat av densitet. Formlene brukt er hentet i fra punkt 4.3.3.

5.3.4 Støping av prøvestykker

I dette forsøket ble det støpt 7 terninger av både Kontroll og R1 blandingen, og 5 terninger av R2 blandingen.

For å støpe prøveterningene ble det brukt 3 treningsformer av stål og en flyndreskje.

Formene som ble brukt kunne til sammen romme 7 terninger som vises på figur 57.

Hver terning ville ha en dimensjon på $(100 \times 100 \times 100) \text{ mm}^3$. Prøvestykkene har da en nominell størrelse som er over 3,5 ganger større enn den største benyttede tilslagsstørrelsen $D_{\text{Max}} = 16 \text{ mm}$ som er kravet gitt i punkt 4.3.4.

Forsøket startet ved å først kontrollere at formene var satt riktig sammen, og deretter målt opp med meterstokk for å sikre at det ikke var noen avvik. Formene ble i tillegg rensert før et tynt lag med olje ble smurt på alle innvendige sider. Oljen skulle gjøre det enklere å løsne formene fra hverandre etter at terningene var herdet.

Når dette var gjort ble betongblandingen fylt nedi formene i 2 lag med støpeskeien.

Støpeskeien ble også brukt til å komprimere hvert lag ved å stikke minst 25 ganger jevnt over hver terning. Alle de fire sidene på terningen ble også bearbeidet slik at massen la seg godt i hulrommet terningene lå i. Når formen var full og blandingen var godt bearbeidet ble toppen glattet ut. Deretter ble formene plassert på en trygg plass slik at de ikke skulle påta seg skade til neste dag.

Dagen etter ble formene skrudd fra hverandre og terningene ble tatt ut av formene. Til dette punktet hadde terningene oppnådd en fast form.



Figur 58: Viser støpeformene.



Figur 59: Viser støpeformen fylt med fersk betong.



Figur 60: Viser ferdigstøpte terninger i støpeformene en dag etter støping.

Terningene ble da markert med dato, betongresept og kjennemerke før vekten av hver terning ble målt.

Etter markering ble terningene plassert i et herdekar fylt med vann på 20 grader.



Figur 62: Viser terningene bli tatt ut av støpeformene.



Figur 61: Viser terningene markert.



Figur 63: Viser alle terningene for alle blandingene plassert i herdekar.

Resultat:

Kjennemerke	Dato støpt	Vekt før herdekar [g]	Dato lagt i herdekar
Kontroll			
K1	31.03.2020	2411,7	01.04.2020
K2		2400,6	
K3		2400,8	
K4		2410,9	
K5		2421,4	
K6		2430,1	
K7		2433,8	
Gjennomsnitt		2415,6	
R1			
R1.1	01.04.2020	2511,0	02.04.2020
R1.2		2516,0	
R1.3		2518,0	
R1.4		2509,0	
R1.5		2491,1	
R1.6		2495,6	
R1.7		2521,0	
Gjennomsnitt		2508,8	
R2			
R2.1	06.04.2020	2522,4	07.04.2020
R2.2		2511,3	
R2.3		2517,2	
R2.4		2523,8	
R2.5		2514,7	
Gjennomsnitt		2517,9	

Tabell 23: Viser vekten av alle terningene etter de er ferdig støp sammen med dato for støping og dato de ble lagt i herdekar.

5.4 Herdet betong

De videre målingene på terningene i dette kapitlet ble gjort etter at terningene hadde ligget i herdekaret.

5.4.1 Kontroll av prøvens mål

Alle 20 terningene ble kontrollert 2 ganger, en gang av hver utførende.

For å kontrollere prøvens mål ble det brukt en meterstokk og en vinkelhake.

Det første som ble gjort var å ta terningen ut av herdekaret. Deretter ble alle overflater på treingen tørket med papir til alt fritt vannet var borte.

Meterstokken ble brukt til å måle alle dimensjonene til terningen, og Vinkelhaken ble brukt til å måle vinkelen av alle kanter og overflater. Målene skulle ikke avvike mer en +/- 1% av 100 mm. Det betyr at alle mål som var mindre enn 99,9 mm eller større enn 100,1 mm vil bli sett på som et avvik



Figur 64: Viser kontroll av terningens mål



Figur 65: Viser kontroll av terningens vinkelmål

Resultat:

Terning K3 og R1.3 hadde vinkelavvik større enn 1 mm. Prøveresultat for disse to terningene vil derfor ikke være representativ for samsvarskriterier og krav.

Alle andre terninger hadde godkjente vinkler og dimensjoner.

5.4.2 Beregning av densitet

For å finne densiteten til terningene ble det brukt en vekt

Etter at terningenes mål var sjekket for avvik ble vekten (M) av terningene brukt til å beregne terningenes densitet i henhold til punkt 4.2.2.

Svaret ble da sammenlignet med densitet for fersk betong og densiteten for tilslagene i resepten.

Kjennemerke	Vekt før herdekar [g]	Vekt etter 7 døgn [g]	Vekt etter 28 Døgn [g]	Endring i vekt [g]
Kontroll				
K1	2411,7	2427,6	-	15,9
K2	2400,6	2416,9	-	16,3
K3	2400,8	-	2421,0	20,2
K4	2410,9	-	2430,5	19,6
K5	2421,4	-	-	-
K6	2430,1	-	-	-
K7	2433,8	-	2454,2	20,4
Gjennomsnitt	2415,6	2422,3	2435,2	-
Resultat Gj.sn densitet	<u>2415,6 kg/m³</u>	<u>2422,3 kg/m³</u>	<u>2435,2 kg/m³</u>	-
R1				
R1.1	2511,0	2526,7	-	15,7
R1.2	2516,0	2532,8	-	16,8
R1.3	2518,0	-	2537,8	19,8
R1.4	2509,0	-	2528,4	19,4
R1.5	2491,1	-	-	-
R1.6	2495,6	-	-	-
R1.7	2521,0	-	2541,7	20,7
Gjennomsnitt	2508,8	2529,8	2536,0	-
Resultat Gj.sn densitet	<u>2508,8 kg/m³</u>	<u>2529,8 kg/m³</u>	<u>2536,0 kg/m³</u>	-

Kjennemerke	Vekt før herdekar [g]	Vekt etter 7 døgn [g]	Vekt etter 28 Døgn [g]	Endring i vekt [g]
R2				
R2.1	2522,4	2538,8	-	16,4
R2.2	2511,3	-	2531,5	20,3
R2.3	2517,2	-	2537,1	19,8
R2.4	2523,8	-	-	-
R2.5	2514,7	-	-	-
Gjennomsnitt	2517,9	2538,8	2534,3	-
Resultat Gj.sn densitet	<u>2517,9 kg/m³</u>	<u>2538,8 kg/m³</u>	<u>2534,3 kg/m³</u>	-

Tabell 24: Viser målingene av terningens vekt før herdig, og etter 7 og 28 dagers herding.

I tabell 17 kan en se vekten av alle terningene som ble målt før de ble lagt i herdekar, etter 7 dager og til slutt etter 28 dager. Verdiene for terningene K5, K6, R1.5, R1.6, R2.4, R2.5 er ikke presentert fordi terningene ble brukt til å analysere betongens vannabsorpsjon i punkt 5.4.3.

Hvordan densitetene er beregnet blir vist i for tre forskjellige terninger i formlene under.

$$\frac{M}{V} = \frac{2415,6 \text{ g}}{1 \text{ dm}^3} = 2415,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ er gn. sn. densitet for kontroll før herding.}$$

Formel 24: Viser beregning av densitet for kontroll terningene før herding.

$$\frac{2529,8 \text{ g}}{1 \text{ dm}^3} = 2529,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ er gn. sn. densitet for R1 etter 7 døgn.}$$

Formel 25: Viser beregning av densitet for R1 terningene etter 7 dager herding.

$$\frac{2534,3 \text{ g}}{1 \text{ dm}^3} = 2534,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ er gn. sn. densitet for R2 etter 28 døgn.}$$

Formel 26: Viser beregning av densitet for R2 terningene etter 28 dager herding.

5.4.3 Prøving av vannabsorpsjon

Det ble utført vannabsorpsjonsanalyse på totalt 6 terninger.

For å kunne analysere terningenes vannabsorpsjon ble det brukt et herdekar fylt med vann, en tørkeovn som kunne holde 105 °c og en vekt.

Etter 21 dager ble terningene tatt ut av herdekarret og satt til tørk i et rom som holdt 20°C +/- 3°C. Når terningene hadde tørket i 7 dager ble de satt ned igjen i herdekarret der de lå i 24 timer. Etter 24 timer ble terningene tatt ut av herdekarret og tørket med papir til alt fritt

vannet på overflaten var borte. Terningene ble da veid opp og massen ble notert som (M₁). Terningene ble så satt i tørkeovnen på 105 °c i 5 døgn. Etter 5 døgn ble terningene tatt ut ovnen og plassert tilbake i rommet med 20°C frem til de hadde kjølt ned til ca 20 °c før massen ble målt på nytt og notert som (M₂).



Figur 66: Viser terningene plassert i tørkeskap.

Markering	Vekt før tørking (M ₁) [g]	Vekt etter tørking (M ₂) [g]	Absorpsjon [%]	Gjennomsnitt [%]
K5	2452,6	2352,6	4,3	4,25
K6	2449,4	2349,8	4,2	
R1.5	2507,3	2388,0	5,0	4,8
R1.6	2510,3	2400,0	4,6	
R2.4	2539,8	2427,3	4,6	4,65
R2.5	2530,4	2417,6	4,7	

Tabell 25: Viser målingene av massen til terningene etter 24 timer i vann og etter 5 dager i tørkeskap, absorpsjonsresultatet og gjennomsnittet.

I tabell 25 kan en se målingene og resultatene for vannabsorpsjonen. Hvordan verdiene for absorpsjonen er beregnet kan ses i eksempelet på neste side.

Terning K5

$$(2452,6 - 2352,6)g = 100,0 g \text{ masseøkning}$$

$$\frac{100,0 g}{2352,6 g} \times 100\% = 4,25\% \approx 4,3\% \text{ Absorpsjon}$$

Formel 27: Viser beregning av vannabsorpsjon for terning K5. Verdiene brukt er hentet fra tabell 25 og formelen er hentet fra punkt 4.4.3

5.4.4 Trykkprøving av betongterningene

Trykktestingen ble delt opp i 2 deler:

- Trykktesting etter 7 døgn for å undersøke fasthetsutvikling.
- Trykktesting etter 28 døgn i henhold til samsvarskriterier for trykkfasthet.

Resept	Antall testet etter 7 døgn	Antall testet etter 28 døgn
Kontroll	2	2
R1	2	2
R2	1	2

For denne undersøkelsen ble det brukt en godkjent sentrisk trykkprøvemaskin

Etter terningens mål var kontrollert, ble den plassert på nedre trykkplate i trykkprøvemaskinen der trykkplaten var markert med en sirkel og diagonale linjer som formet et kryss i sentrum. Disse linjene ble brukt til å plassere terningen helt sentrisk i maskinen. Terningen ble også plassert slik at den markert overflate pekte oppover.

Håndtaket på maskinen ble da brukt til å «jেকে» opp den nederste platen til begge platene var i kontakt med terningen.



Figur 67: Viser en sentrisk trykkprøvemaskin.



Figur 68: Viser terning plassert i trykkprøvemaskinen.

Plasseringen av terningen ble igjen kontrollert slik at den ville motta riktig belastning. Når dette var gjort lå måleren på null og terningen var klar til trykkprøving.

Trykket ble påført manuelt ved at håndtaket på maskinen ble jekket opp og ned i et rolig tempo slik at maskinen påførte terningen en kraft på ca. 8 kN/sekund. Dette ble gjort frem til måleren sluttet å øke og terningen gikk i brudd. Høyeste måling ble lest av og notert nøyaktig. I tabellen under kan en se resultatene av trykkprøvingen etter 7 og 28 døgn, men på grunn av helligdag ble R1 terningene testet etter 6 dager.



Figur 69: Viser terning som har gått til brudd.

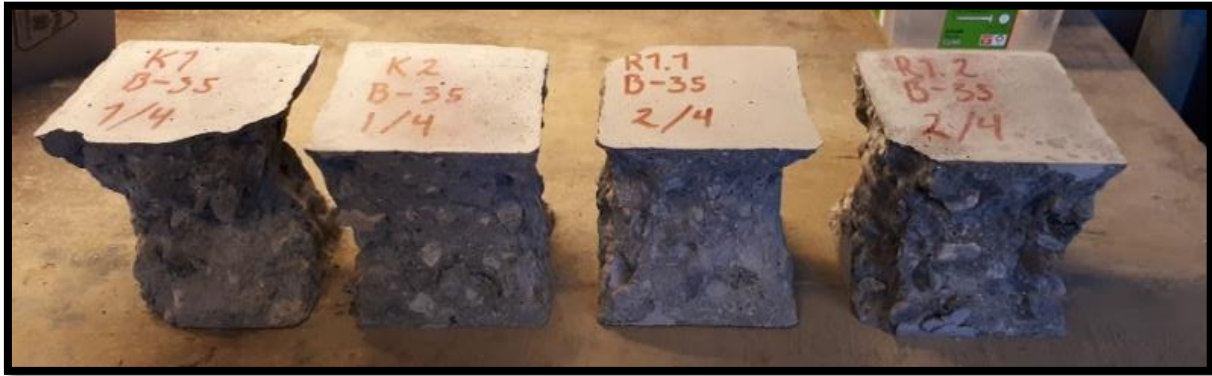
Trykkprøving etter 6 og 7 døgn			
Markering	Maks trykk (kN)	MPa (N/mm ²)	Gjennomsnitt MPa
K1	550	55	54
K2	530	53	
R1.1	510	51	52,3
R1.2	535	53,5	
R2.1	510	51	51,0
Trykkprøving etter 28 døgn			
K3	630	63	63
K7	630	63	
R1.4	645	64,5	65,3
R1.7	660	66	
R2.2	645	64,5	64,5
R2.3	645	64,5	

Tabell 26: Viser resultatet av trykkprøving for terninger etter 7 og 28 dagers herding.

Hvordan verdien for resultatene er funnet i Megapascal kan ses i eksempelet under:

$$\frac{535\,000\text{ N}}{10\,000\text{ mm}^2} = 53,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 53,5\text{ MPa}$$

Formel 28: Viser beregning av trykkfasthet. Verdiene brukt i formelen er hentet i fra tabell 21. Formelen er hentet i fra punkt 4.4.4



Figur 70: Viser 7 dagers terningene etter trykkprøving.

5.4.5 Kontroll mot samsvarskriterier for trykkfasthet.

Alle terningenes individuelle resultater blir sammenlignet i forhold til samsvarskriterier og krav i henhold til NS-EN 206 [9].

$$f_{ci} \geq (f_{ck} - 4) \frac{n}{\text{mm}^2}$$

Formel 29: Viser beregning av et prøvestykkets trykkresultat i forhold til krav. Formelen er hentet fra NS-EN 206 [9].

$$f_{ck} = 45 \frac{n}{\text{mm}^2}$$

Formel 30: Viser karakteristisk trykkfasthet for B35 betong. Verdien er hentet i fra tabell 1 i punkt 4.0.

Markering	Beregning	Resultat
K3	$63 \frac{n}{\text{mm}^2} \geq (45 - 4) = 41 \frac{n}{\text{mm}^2}$	Godkjent
K7	$63 \frac{n}{\text{mm}^2} \geq 41 \frac{n}{\text{mm}^2}$	Godkjent
R1.4	$64,5 \frac{n}{\text{mm}^2} \geq 41 \frac{n}{\text{mm}^2}$	Godkjent
R1.7	$66 \frac{n}{\text{mm}^2} \geq 41 \frac{n}{\text{mm}^2}$	Godkjent
R2.2	$64,5 \frac{n}{\text{mm}^2} \geq 41 \frac{n}{\text{mm}^2}$	Godkjent
R2.3	$64,5 \frac{n}{\text{mm}^2} \geq 41 \frac{n}{\text{mm}^2}$	Godkjent

Tabell 27: Viser Beregninger og resultat for kontroll mot samsvarskriterier for trykkfasthet. Verdiene brukt i beregningen er hentet i fra tabell 26.

6.0 Vurdering av fersk og herdet tilstand

I dette kapitlet vil blandingene i fersk og herdet tilstand av kontroll, R1 og R2 vurderes. Resultatene i R1 og R2 vil bli sammenlignet med «kontrollen» og i henhold til krav som må være oppfylt for at tilslag skal være godkjent i betong.

6.1 Blanding av prøvesats

K-blanding og R1-blanding viste nesten like resultater og oppførsel med identisk vannmengde på 1472 g og 20 g tilsetningsstoff. Begge blandingene var smidig, stabil, lett å bearbeide og brukte omtrent like lang tid før blandingen ble bløt. Det ble heller ikke registrert tegn til vannutskillelse fra verken kontroll eller R1-blanding.

I R2-blanding ble det tilsatt mer finstoff som økte vannbehovet med 2,2% og superplastifiserende med 73% sammenlignet med en kontrollblanding for 6 liter. Dette er fordi at de finere partiklene har en bedre evne til å absorbere vann. Denne blandingen var vanskeligere å bearbeide, mindre smidig og brukte lenger tid før blandingen ble bløt. Det ble heller ikke registrert tegn til vannutskillelse for R2-blanding.

6.2 Måling av konsistens/synk

Det var ikke observert vesentlig forskjell i konsistensen til R1-blanding sammenlignet med kontrollen når blandingene ble tilført i kjeglen. Det samme tilfelle gjaldt også når blandingene ble bearbeidet i kjeglen der begge blandingene hadde en stabil og sammensatt konsistens og var relativt lett å bearbeide der begge krevde lik instans.

Når kjeglen ble løftet av viste også begge blandingene ingen vesentlige forskjeller i starten og sank med omtrent lik hastighet.

R1-blandings høyeste punkt ble målt 22.5 cm fra toppen av kjeglen og hadde en bredere



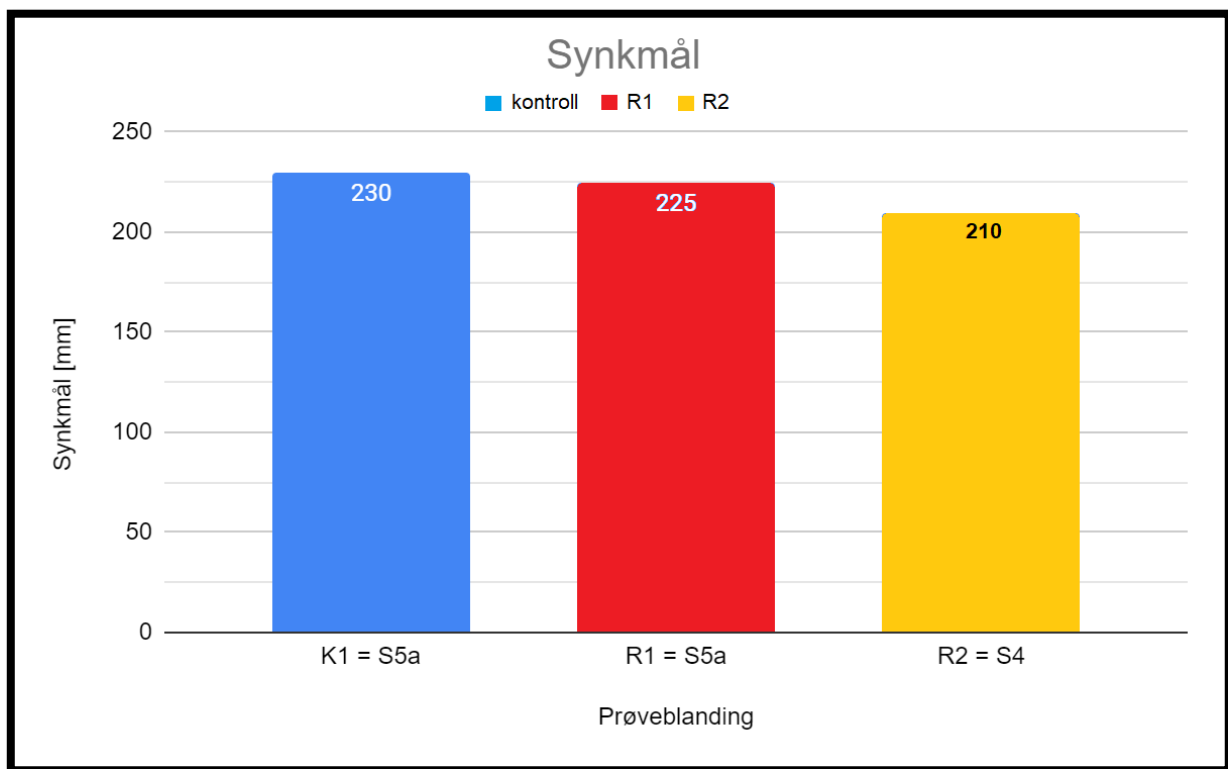
Figur 71: Viser synkutbredelsen til kontroll etter massen hadde stoppet

synkutbredelse sammenlignet med kontrollen som hadde sitt høyeste punkt 23 cm fra toppen.

R2-blandingen med 74,3 % restmasse tilslag viste noen utfordringer med å øse den ned i kjegele og krevde større innsats for å bearbeides. Når kjegele ble løftet av sank blandingen også langsommere enn det de to andre gjorde. R2 var i tillegg mer sammentrykket som medførte en kortere utvidelsesradius sammenlignet med kontrollen.



etter massen hadde stoppet.



Figur 72: Viser et søylediagram av resultatene for synkmålene for lettere sammenligning.

Klasse:	S1	S2	S3	S4	S5 ^a
Synkmål: [mm]	10-40	50-90	100-150	160-210	≥ 220

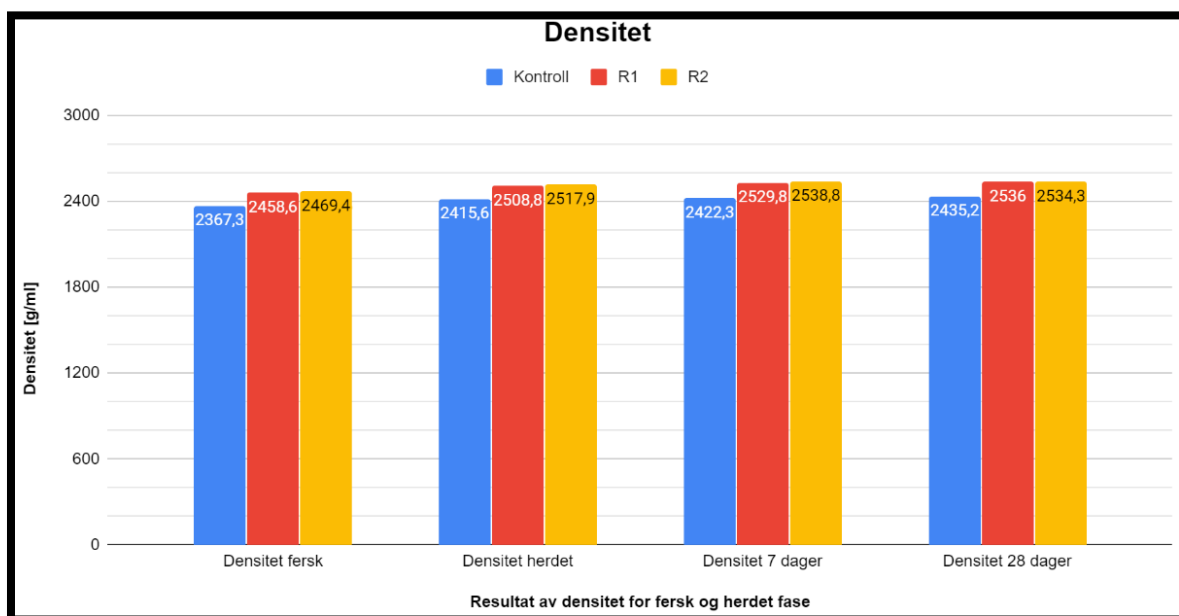
Tabell 28: Viser klassifiseringen for synkmål. Tabellen er hentet i fra NS-EN 206 [9].

6.3 Densitet

Under målingene av densitet for fersk betong ble det observert en høyere densitetsforskjell på 91,3 g/ml for R1 blandingen (2458,6 g/ml) i forhold til kontrollen (2367,3 g/ml). R2 blandingen (2469,4 g/ml) viste seg å ha en enda større forskjell på 102,1 g/ml i forhold til kontrollen. Disse resultatene var ikke langt ifra densiteten som var forventet av blandingene. Siden densitetsmålingene ble gjort med et litermål kan nøyaktigheten av målingen oppstå mindre med tanke på å gjøre målingen med et større volum.

I herdet form hadde R1 (2508,8 g/ml) en 93,2 g/ml høyere densitet enn K (2415,6 g/ml) og R2 (2517,9 g/ml) hadde en høyere densitet på 102,3 g/ml sammenlignet med K.

Alle K-terningene hadde en gjennomsnittlig densitet på 2435,2 g/ml etter å ha ligget i herdekaret i 28 dager. R1-terningene hadde en gjennomsnittlig densitet på 2536 g/ml som er 100,8 g/ml mer sammenlignet med K-terningene. R2-terningene hadde en gjennomsnittlig vekt på 2534,3 g/ml som er 99,1 g/ml høyere sammenlignet med K-terningene.



Figur 74: Viser et søylediagram som illustrerer gjennomsnittlig densitet for betongblandingene slik at de kan lettere sammenlignes.

6.4 Støping av prøvestykker

Ved fylling av formene ble det observert at R1-blandingen var en smule bløtere og smidigere enn kontrollen. Om blandingen var sammenlignet var dette en neglisjerbar forskjell med den grunn at begge blandingen la seg godt i formene og krevde omtrent lik innsats for å bearbeide.

R2-blandingen viste seg igjen å være mer utfordrende enn de to andre blandingene med å øse den ned i formene og krevde større innsats for å bearbeides.

Dagen etter når terningene hadde blitt støpt og skulle tas ut av formene, viste alle blandingen samme resultat ved å ha oppnådd en ganske stabil og god fasthet. Alle synlige flater hadde stivnet og treingene hadde fått en høy fasthet.

6.5 Kontroll av prøvens mål

Det ble funnet små avvik på terningene R1.3 og K3 som var større en +/-1 mm. Avvikene tyder på at formen som ble brukt hadde muligens blitt satt sammen igjen uten god nok kontroll. Bortsatt fra det ble det ikke observert flere avvik på noen andre terninger. Alle treingene hadde også lignende fargetone som gjorde det vanskelig å skille mellom terningene med og uten restmasse.

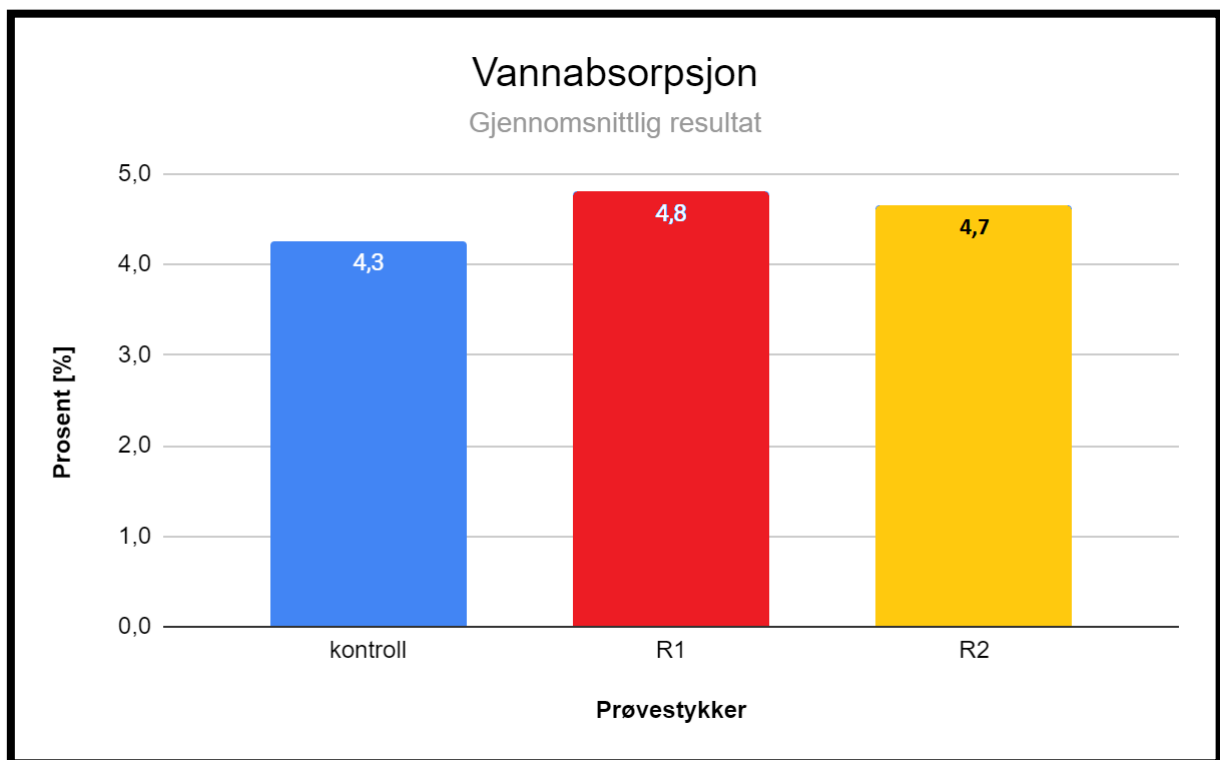
6.6 Måling av vanntetthet og vannopptak

Vannabsorpsjonsundersøkelsene av R1-terningene viste en gjennomsnittlig vannoppsuging på 4.8% og R2-terningene en gjennomsnittlig vannoppsuging på 4.65%. Sammenlignet med kontrollens gjennomsnitt på 4.25% er R1- og R2-terningene svakere mot inntrenging av vann, men i så liten grad at det er neglisjerbart. I punkt 4.4.3 er det gitt at maks absorpsjonsverdi for kommunale produkter er 5 % og en kan da se at alle betongblandingene er innenfor kravet for kommunale produkter.

Det ble vurdert at den mulige årsaken til svakere tett på R-terningene var et lavere volum av finpartikler der sammensettingen av tilslaget ikke ble like tett som kontrollblanding.

Enklere forklart så var restmassen erstattet ut ifra vekt og ikke volum, som det er demonstrert i tabell 17 under punkt 5.2.5 har eklogitt en høyere densitet på 3.3 g/cm^3 sammenlignet med sanden på 2.5 g/cm^3 . Dette betyr da at det krever mindre tilslag av eklogitt for å gi den samme vekten, som igjen betyr at det blir tilsatt mindre restmassetilslag i R1 og R2 sammenlignet med Kontrollblandingen. Dette blir antatt som årsaken til en mindre tett betong, men differansen er i en så liten grad at den er neglisjerbar.

Siden det ikke ble gjort analyser av betongens luftinnhold kunne resultatene for vannabsorpsjon være en indikator på om luftinnholdet hadde en stor differanse i forhold til de 2% som var forventet for luftinnhold. Siden resultatene for vannabsorpsjon er innenfor godkjente verdier for kommunale produkter, så blir det antatt at blandingene sitt luftinnhold ikke har en stor differanse fra 2% i luftinnhold.



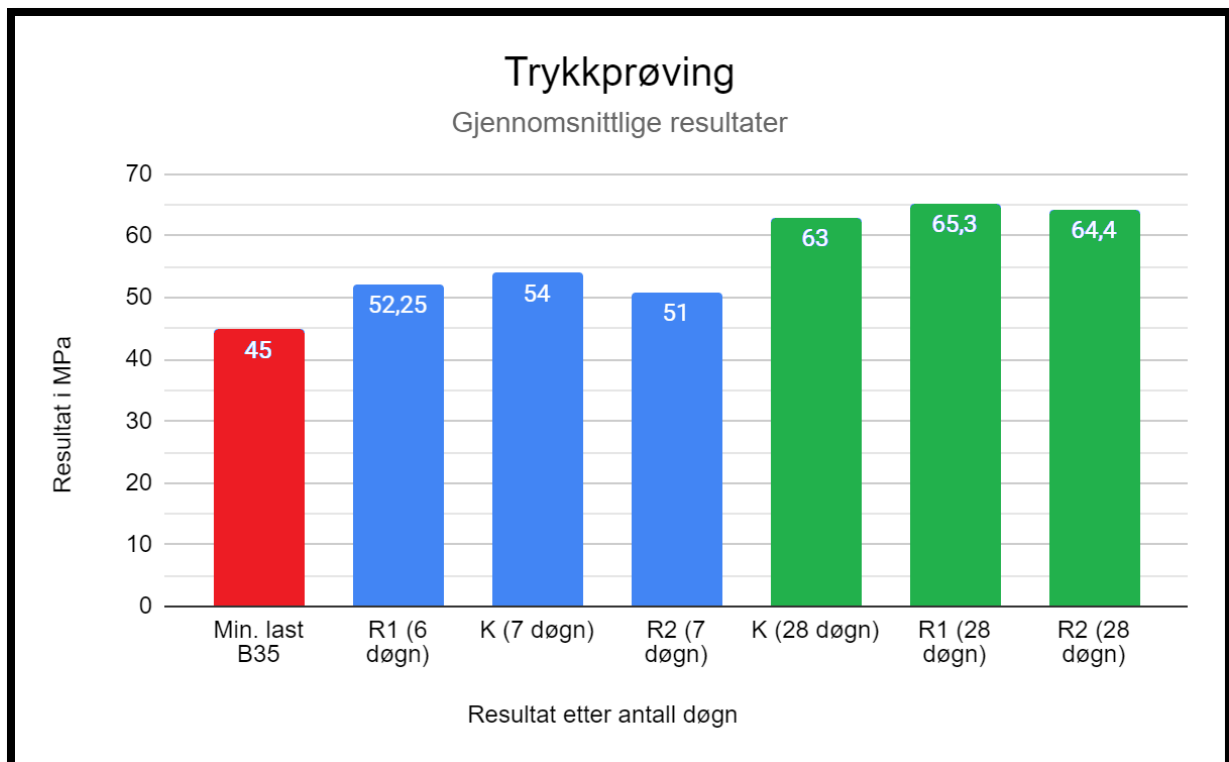
Figur 75: Viser et søylediagram som illustrerer gjennomsnittlig vannabsorpsjon for betongterningene slik at de kan lettere sammenlignes.

6.7 Trykkprøving

Det ble testet trykkfasthet etter 7 døgn for å undersøke fasthetsutviklingen i en tidligfase og etter 28 døgn der terningene hadde oppnådd tilnærmet full styrke. Alle terningene fikk de samme herdebetingelsene og trykkfastheten ble undersøkt med samme sentrisktrykkmaskin.

Etter 6 døgn fikk R1-terningene en gjennomsnittlig maksimal trykkfasthet på 52,25 MPa, R2-terningene fikk en gjennomsnittlig trykkfasthet på 51 MPa etter 7 døgn. Sammenlignet med K-terningene som oppnådde en gjennomsnittlig trykkfasthet på 54 MPa er styrken til R1 lavere med 1,75 MPa (3,2%) etter 6 døgn og R2 med 3 MPa (5,6%) etter 7 døgn.

Etter 28 døgn når terningene hadde tilnærmet full styrke fikk K-terningene en gjennomsnittlig trykkfasthet på 63 MPa som er en 16.7% økning fra 7 døgn. R1-terningene fikk en overraskende utvikling og oppnådde en gjennomsnittlig trykkfasthet på 65,25 MPa som er en økning på 25% i forhold til resultatene for 6 dager. R1 terningen oppnådde en større trykkfasthet med 2,25 MPa som er 3,6 % økning i forhold til Kontrollterningene etter 28 døgn.



Figur 76: Viser et søylediagram som illustrerer gjennomsnittlig trykkfasthet for betongterningene slik at de kan lettere sammenlignes. Søylene til venstre illustrerer minimum kubisk last for B35 betong.

7.0 Feilkjelder

I alle prosjekt kan en alltid finne igjen et spor av feil som følge av manglende kunnskap, måling, tolkning av resultater, tid, situasjon og forventning. Å drive med forskning er en komplisert prosess som krever en god plan for at det ikke skal oppstå feilkilder. Det var derfor det ble investert mye tid og innsats i planleggingen før undersøkelsene, for å redusere sjansen for slike feil.

Kritiske feilkilder var igjen vurdert etter at undersøkelsene var gjennomført slik at resultatene ikke skulle være misvisende. Tabellen under viser en feilkildevurdering av de mest kritiske feilkildene som kunne ha påvirket resultatene. Feilkildevurderingen er basert på sannsynligheten for en feil under forskningen og konsekvensen av den eventuelle feilen.

Sannsynlighet og konsekvensen vurderes på en skala fra 1 til 5 der 1 er lite sannsynlig og liten konsekvens på samme måte som i risikovurderingen i prosjektbeskrivelsen til denne rapporten. Sannsynligheten og konsekvensen blir multiplisert sammen og verdier over 15 blir ansett som en feilkilde som må tas ekstra hensyn til. Feilkildene blir i tillegg kommentert under tabellen.

nr	Feilkilder	Sannsynlighet	Konsekvens	Summering
1	Variierende fukt innhold	1	3	3
2	Luftmåling	2	2	4
3	Uønskede partikler	3	2	6
4	Beregninger	2	5	10
5	Målinger	2	5	10
6	Prosedyre	2	5	10
7	Vekt og ikke volum	1	2	2
8	Forventning	2	4	8

Tabell 29: Viser vurdering av sannsynlighet og konsekvens av feilkilder.

- Varierende fuktinnhold

Det var for eksempel ingen stor variasjon av fuktighet i tilslaget siden alt tilslaget som ble brukt til å danne blandingen var tørket på forhånd, dette fjerner derfor en mulig feilkjelde. Det ble også vurdert om den varierende fuktigheten i rommet kunne ha påvirket tilslaget under lagring, men siden bøttene var igjen lagret i egne poser ble dette neglisjert.

- Luftmåling

Som nevnt i punkt 5.3.3 var det ikke gjort en undersøkelse på luftmåling. Det var derfor ikke mulighet å oppdage om det hadde oppstått unormale avvik under blandeprosessen i henhold til en blanding sitt luftinnhold. Siden alle blandingene hadde «normal» oppførsel og terningene fikk godkjente resultater i alle testene, er sannsynligheten for en slik feilkilde liten.

- Uønskede partikler

Siden det ble brukt de samme sikteskålene til å sikte sanden og restmassen ble også uønsket partikler vurdert. Siden skålene ble rensert nøye mellom sikteprosessene ble en slik feil redusert, men sjansen for at det lå igjen små partikler som havnet i feil bøtte under sortering er mulig. Om dette er tilfelle er det vurdert at en slik feil er så liten at det ikke hadde påvirket resultatene på en merkbar måte.

- Beregninger, målinger og utførelse

Det kan være sannsynlighet for en feil i noe av utregningene, målingene, tolking av prosedyrene eller loggføringen, men dette ble vurdert som lite sannsynlig siden alle de nevnte aspektene ble vurdert av begge utførende. Alle utregninger, målinger, prosedyrer og loggføringer ble kontrollert to ganger før de ble brukt. Med tanke på at testene ikke hadde noen større avvik kan det argumenteres for at de overnevnte aspektene er utført på riktig måte.

- Vekt kontra volum

Som nevnt i punkt 6.6 er eklogitten en tyngre bergart enn sanden som ble erstattet. Det kan dermed ha oppstått en mulig feilkilde ved at massen som ble erstattet, baserte seg på vekt og ikke volum. Siden resultatene i vannabsorpsjonstesten ikke hadde noen unormale avvik så vurderes det at en feilkilde for vekt kontra volum kan neglisjeres. For videre forskning kan det tas hensyn til denne feilkilden ved å produsere en fullstendig egen betongresept.

- Forventing

På grunn av et ønsket utfall til prosjektet av utførende ble også forventingen vurdert underveis i undersøkelsene. Her ble alle undersøkelsene utført med baktanken at alt skulle gjøres så objektiv som mulig slik at forventingen ikke skulle påvirke tolkingen av resultatene.

8.0 Produksjon

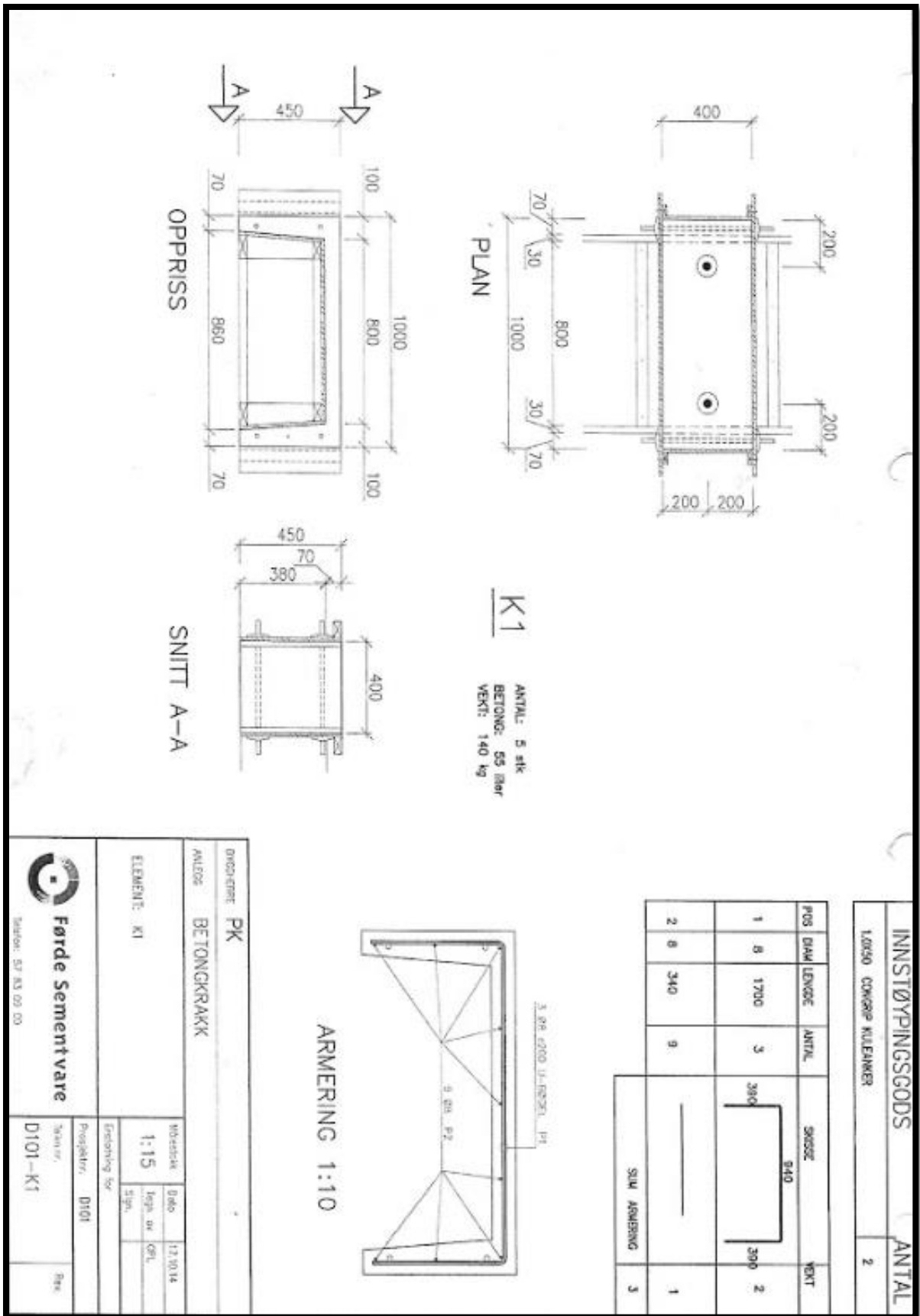
Hovedmål for dette prosjektet var å undersøke om restmassene kunne benyttes i betong og ut ifra resultatene produsere et betongbasert produkt for byggenæringen.

Siden undersøkelsene viste gode resultater og restmassen fungerte i betong, ble det bestemt å videreføre bruken av restmassen til å produsere et fullskala betongprodukt.

Det ble derfor bestemt å avslutte prosjektet med å produsere en benk av den resterende mengden av restmasse. Denne benken skal være en gave til Høgskulen på Vestlandet - Campus Førde og Sunnfjord kommune som et tegn av takknemlighet for utdanningen. Benken vill samtidig være et symbol på at restmassene er et fungerende tilslag for betongprodukter.

For å kunne lage betongbenken ble det tatt kontakt med Øyrane VGS for å kunne låne støpeformer for benken.

Støpeformene ble tatt med til Førde Sementvare og montert sammen i produksjonshallen der. En av Førde Sementvare sine ansatte brukte en bøyemaskin for å bøye armering til riktig form og lengde ut ifra betongbenken sin tegning som vises på neste side.



Figur 77: Viser en plantegning for betongbenken med benken og armeringens dimensjoner.

For å lage en betongbenk med restmasse måtte sanden i de minste fraksjonene byttes ut på samme måte som med R1 og R2 blandingen. Siden all 0,500 fraksjonen av restmasse var brukt under eksperimenteringen ble det bestemt å produsere benken med lik metode som R1, bare at 0,500 fraksjonen forblir vanlig sand.

Resepten for betongbenken kommer derfor fram slik.

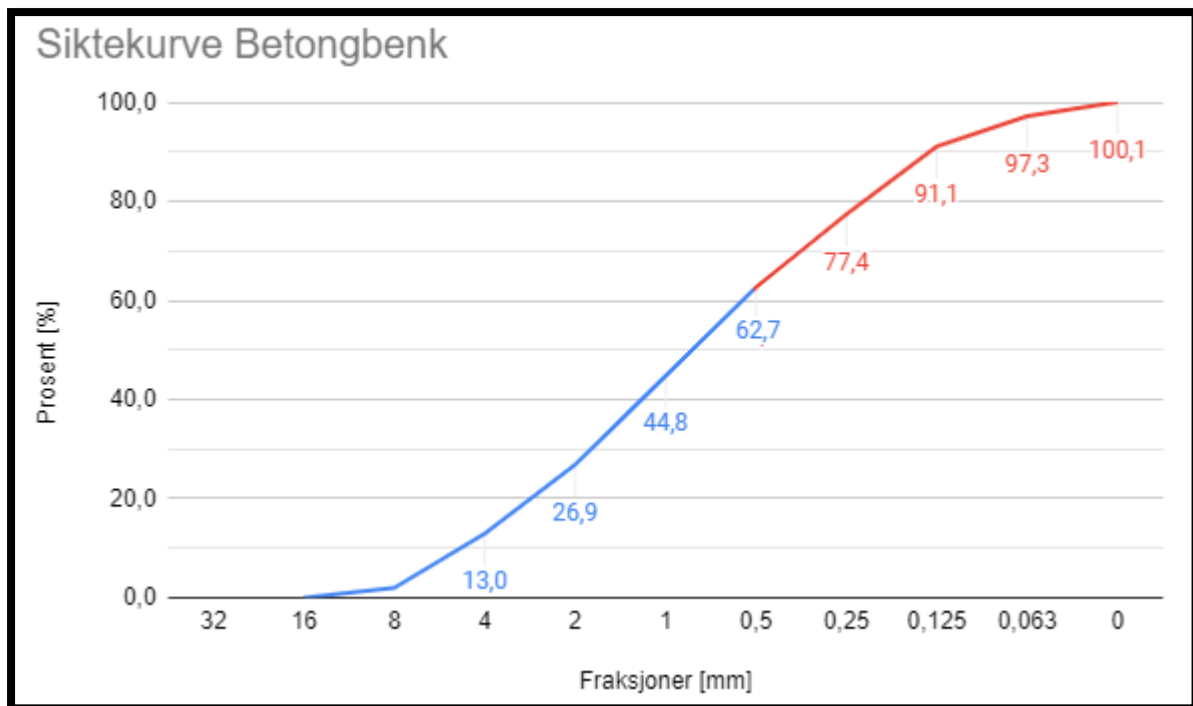
Blanding Betongbenk				
Resept	B35	Bestandighetsklasse	M45	
Satsstørrelse	60 liter			
Material:	Fukt [%]	Mengde	Enhet:	Densitet kg/m ³
Silica 1	-	-	kg	-
Standard FA	-	25,2	kg	2950
Restmasse 0-0,250	0,3	23,11	kg	3300
Sand 0,5-8	0,5	38,74	kg	2500
Stein 8-16	2,2	48,6	kg	2700
NRG 600	72	0,15	kg	1056
Vann	-	11,04	ltr	1000
Total		146,84	kg	
Luft (2%)	-	1,2	ltr	
Tilsatt vann	-	11,04	ltr	
Total fukt	-	-	ltr	
absorbert fukt	-	0,6	ltr	
v/c	-	0,438		

Tabell 30: Viser beregnet mengde material for blandingen

Mengden av delmaterialene i resepten er utarbeidet på samme måte som blandingen R1 i punkt 5.2.7. Den eneste differansen blandingene har er innholdet av sand i 0,5 mm fraksjonen.

Blanding Betongbenk 60 liter				
Tilslag	Fraksjon [mm]	Totalt tilslag [kg]	Prosent [%]	Andel tilslag [g]
Sand	8	61,8	0,020	1236
Sand	4	61,8	0,110	6798
Sand	2	61,8	0,139	8590
Sand	1	61,8	0,179	11062
Sand	0,5	61,8	0,179	11062
Restmasse	0,25	61,8	0,147	9085
Restmasse	0,125	61,8	0,137	8467
Restmasse	0,063	61,8	0,062	3832
Restmasse	0	61,8	0,029	1792
Sum total	-	-	1,0	61924

Tabell 31: Viser beregning av andel sand og restmasse for blandingen.



Figur 78: Viser siktekurve for betongbenken.

Ut ifra tabell 30 og siktekurven i figuren over kommer det fram at betongbenken vil inneholde 37,3 % restmasse og 62,7 % sand.

Blandeprosessen ble gjort på akkurat samme måte som i punkt 5.3.1 – Blanding av prøvesats. Her ble blandingene utført i tre omganger med 20 liter i kvar omgang. Blandingene måtte gjøres i et relativt raskt tempo for å unngå synlige støpeskiller for kvart lag av blandingene.

På samme måte som med støping av terningene ble hvert lag staket med en jernstang for å komprimere blandingen tilstrekkelig og toppen ble glattet over til slutt. Etter et døgn herding kunne formene fjernes fra benken.



Figur 79: Viser Formene skrudd sammen og armering. På bunnen kan det ses at første delen av betongblandingen er tilført.



Figur 80: Viser ferdigstøpt betongbenk dagen etter støping.



Figur 81: Viser ferdigstøpt betongbenk dagen etter støping.

9.0 Økonomi

Bruken av restmassene vil i fremtiden være svært avhengig av kostnadene for å få massene i produksjon, som er derfor det ble bestemt å utføre en kostnadsberegning for transport av restmassene. Kostnadsberegningen av transporten vil baseres på prisen for henting og lasting av restmassene på Engebø, og deretter utkjøring og avlasting til en ønsket destinasjon. Førde Sementvare som destinasjon vil brukes som et eksempel i et tenkt senario der en ser for seg at selskapet har åpnet for produksjon av betong som inneholder Eklogitten fra Engebø.

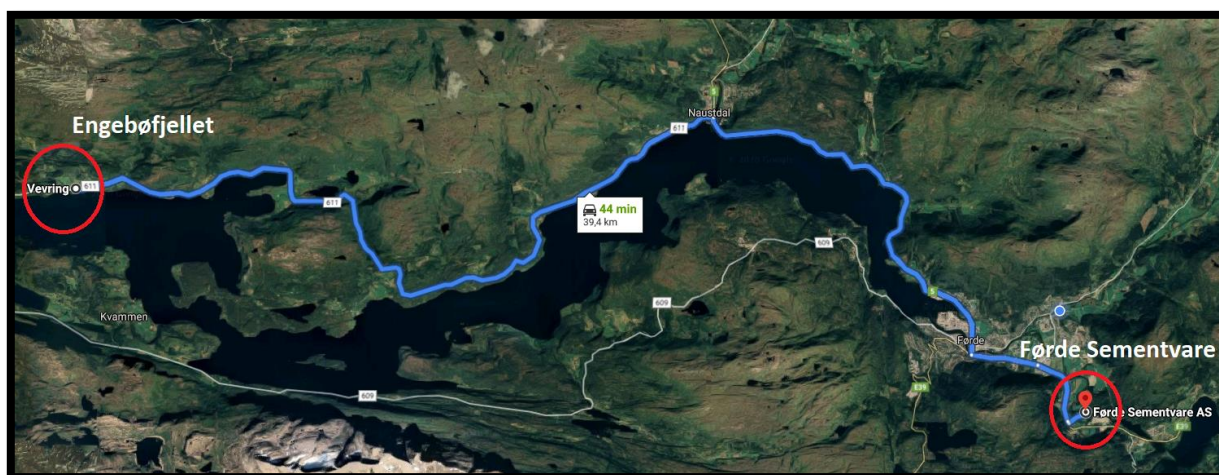
Transportkostnadene i tabellen under ble hentet fra en transports undersøkelse som ble gjennomført av SINTEF i 2013 [19]. Siden tabellen er fra 2013 vil prisene være noe utdaterte, men kan hjelpe å sette transportkostnader inn i perspektiv.

Kjøretøy	Kapasitet [tonn]	Kostnad per time [kr]
Lett lastebil	5,7	420
Tung lastebil	12	458

Tabell 32: Viser transportkostnader. Prisene er hentet fra SINTEF [19].

Transportsenario

Førde sementvare befinner seg på adressen Sandbrekka 13, 6813 Førde og Engebøfjellet i Vevring i Naustdal 6817. Dette er en kjørerute på ca 49 km som tar ca 50 minutter å kjøre. Det kjøres da tur/retur til Vevring med tomt lass og til Førde sementvare med fullt lass. Det antas at lastebilen bruker 10 min på hvert endepunkt til lasting og avlasting, som betyr at hver retning tar ca 1 time hver.



Figur 82: Bilde viser ruten fra Engebø til Førde Sementvare. Bilde er hentet fra Google Maps

Kjøretøy	Kapasitet [tonn]	Pris per levering [kr]	Pris per dag [kr]
Lett lastebil	5,7	840	3150
Tung lastebil	12	916	3435

Tabell 33: Viser leveringskostnader og dagskostnader.

Tabellen over demonstrer den totale tur/retur kostnaden til en lett eller tung lastebil for å frakte massene frem til Førde sementvare, og prisen for å frakte en hel arbeidsdag. Dette er utført slik at enhver betongprodusent kan vurdere sin egen situasjon opp imot den nåværende kostnaden for sin egen sand.

Etter en dialog med Førde Sementvare angående deres kostnader for levering av sand ble det angitt at det koster ca 100 kr per tonn sand som Røyseth Maskin leverer til Førde Sementvare sine sandsiloer. For å kunne sammenligne prisforskjellene blir kostnadene Førde Sementvare betaler også satt opp i en tabell med samme kapasitet som lett og tung lastebil.

Kostnad per Tonn [kr]	Kapasitet [tonn]	Pris [kr]
100	5,7	570
100	12	1200

Tabell 34: Viser kostnadene Førde Sementvare betaler for sand med gitte kapasiteter for sammenligning.

I tabellen kommer det fram at det koster Førde Sementvare 570 kr for 5,7 tonn sand kontra 840 kr for restmasse, og 1200 kr for 12 tonn sand kontra 916 kr for restmasse. Dette danner også en ny problemstilling som er at restmassen kun inneholder fraksjoner mellom 0 – 0,5 mm som kun er 55% av fraksjonsstørrelsene for sand som Førde Sementvare har behov for. Til videre sammenligning hadde det kostet Førde Sementvare 314 kr for 5,7 tonn, og 660 kr for 12 tonn av vanlig sand i 0 – 0,5 fraksjonen som kommer fram i tabellen under.

Kostnad per Tonn [kr]	Kapasitet [tonn]	Pris [kr]
100	5,7	314
100	12	660

Tabell 35: Viser Kostnadene Førde Sementvare hadde betalt for 55% av sanden til sammenligning med pris per levering i tabell 33.

Dette viser at selv med et forenklet transportsenario og de utdaterte transportprisene er ikke transporteringen av restmassene økonomisk for Førde Sementvare. For å få restmassene i produksjon må denne økonomiske problemstillingen løses.

10.0 Konklusjon

Basert på resultatene fra humusprøven på restmasser viser dette at restmassene som ble undersøkt var rene og inneholder ikke skadelige stoffer for betongen.

Resultatet av R1-blandingens synktest indikerer at eklogitten fra Engebø ikke vil redusere konsistens og støpelighet sammenlignet med kontrollen. I og med at blandingsene også hadde nokså lik konsistens, og krevde omtrent lik innsats for å bearbeide, viser dette at betong med restmasse ikke vil skille seg nevneverdig fra vanlig sand i produksjon og utstøping.

R2-blandingen med mer finstoff viste en mer redusert konsistens som forutsetter at en må tas hensyn til tilslaget absorpsjonsevne når det tilføres mer finstoff. Ved å ta hensyn til den økte mengden finstoff og tilføre nødvendig mengde vann og tilsetningsstoff, kan nedsatt støpelighet unngås.

Trykktesten på R1-terningene etter 6 døgn hadde en gjennomsnittlig nedsatt fasthet på 3,2% og R2 etter 7 døgn en gjennomsnittlig nedsatt fasthet på 5,6% sammenlignet med K-terningene etter 7 døgn som oppnådde en gjennomsnittlig bruddgrense på 510 kN. Resultatet av trykkfastheten for både R1- og R2-terningene viser en akseptabel fasthetsutvikling etter 7 døgn. R1-terningene hadde en betydelig fasthetsutvikling fra 7 til 28 døgn med en bruddgrense på 652,5 kN som er 3,6% høyere sammenlignet med K-terningene etter 28 døgn. Dette resultatet viser at restmassetilslaget har god kvalitet for tilslag i betong der den også viser gode egenskaper for styrke.

I henhold til Norsk Standard skal trykkfastheten til en B35 betong tåle minimum 45 N/mm² for kubisk trykkfasthet etter 28 døgn, noe som terningene oppnådde etter kun 7 og 6 døgn. Førde Sementvare har valgt å klassifisere den brukte referansebetongen til B35 fordi selskapet er avhengig av en tidlig fasthetsutvikling slik at elementene som produseres kan transporteres dagen etter. Om man ser bort ifra den tidlige transporten, kan betongen også klassifiseres som B45 der den kubiske trykkfasthet må minst oppfylle 55 N/mm². Dette minste kravet er R1-terningene i overkant med en margin på ca 10 N/mm² (19%) og R2 terningene med 9,4 MPa (17%). Klassifiserer man betongen etter B35 er R1 en trykkfasthet 45% over kravet og R2 med 43%, sammenlignet med kontrollen med 40%.

R1-, R2- og kontrollprøvene hadde lik bruddutvikling som tyder på at betong med restmassetilslaget vil signalisere like symptomer ved en eventuell nedbryting.

Vannabsorpsjonsundersøkelsene av R1- og R2-terningene viste seg å være mindre rustet mot vanninntrengning. Det ble vurdert at årsaken lå i erstatningsmetoden der massene ble erstattet etter vekt og ikke volum. Men siden både R1 og R2-terningene lå under 5% som er kravet for kommunale betongprodukter er det vurdert at terningene er rustet til samme formål som kontrollen.

Ved å benytte en betongtype som allerede ga gode resultater og allerede var i produksjon som referanse betong, kunne en lett se om restmassene eventuelt ikke hadde fungert i betongen. Ettersom at prosessanlegget til Nordic Mining er lokalisert på en gunstig plass med tanke på effektiv utskipning gjør det at steinmassene også lettere kan bli utnyttet for flere aktuelle produsenter. Dette kan muligens være med å redusere transport kostnaden.

Selv om det ikke var utviklet en tilpasset resept for restmassene, var ikke målet for dette prosjektet å skape en helt egen resept. Målet var heller å vekke oppmerksomhet om at steinmassen fra Engebøprosjektet, som i dag blir sett på som et uøkonomisk restprodukt kan brukes i betongprodukter, og med videre undersøkelser muligens andre områder som kan redusere planlagt deponi, noe som tar oss tilbake til problemstillingen.

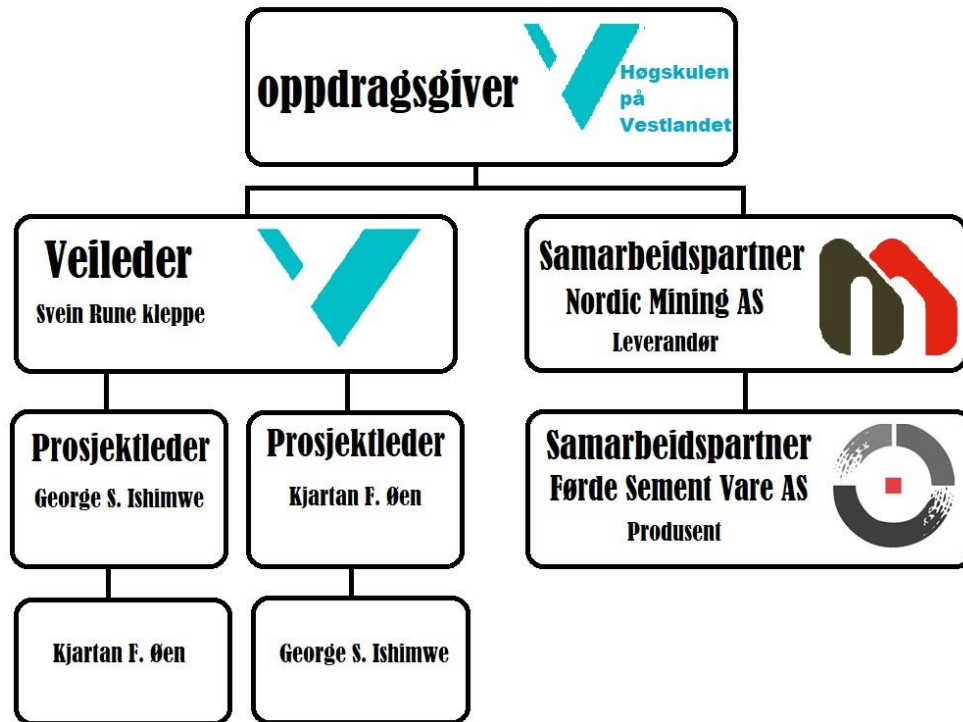
«Kan restmassene fra Engebø benyttes som et tilslag i betongbaserte produkter for byggenæringen?».

Etter å ha gjennomført diverse undersøkelser på eklogitten fra Engebø konkluderer rapporten med at tilføring av restmassetilslaget i betong var vellykket. Med den grunn at betongen med restmasser viste like egenskaper i fersk og herdet tilstand sammenlignet med kontrollprøven som betyr at restmassene fra Engebø er en brukbar råvare for tilslag i betongbasert produkt.

11.0 Prosjektadministrasjon

11.1 Organisering

Figuren under viser Organiseringskartet for Prosjektet



Oppdragsgiver

For dette prosjektet fungerte Høgskolen på Vestlandet som oppdragsgiver.

Samarbeidspartner

Gjennom prosjektet hadde vi to samarbeidspartnere der Nordic Mining sto for supplering av restmasser og Førde Sementvare sørget for veiledning, laboratorium, utstyr og supplerende tilslag.

Nordic Mining kontaktinformasjon:

Navn: Kenneth Nakken E-post: Kna@nordicmining.com Telefon: 926 40 645

Førde Sementvare kontaktinformasjon:

Navn: Per Rune Kårstad E-post: prk@fsement.no Telefon: 480 24 855

Styringsgruppen

Styringsgruppen for prosjektet besto av veileder Svein-Rune Kleppe. Det ble holdt statusmøte med veileder i slutten av hver måned der oppgaven til veileder var å sørge for at prosjektet holdt riktig framdrift, relevans og metodikk for bacheloroppgaven.

Kontaktinformasjon:

Navn: Svein Rune klappe **E-post:** Svein-Rune.kleppe@hvl.no

Telefon: 997 35 569

Prosjektgruppen

Prosjektgruppen består av to 3 års bygg- og anleggs ingeniørstudenter.

Kontaktinformasjon:

Navn: George Sudi Ishimwe **E-post:** George_sudi@hotmail.com **Telefon:** 948 05 836

Navn: Kjartan flekken Øen **E-post:** Kjartan_oen@hotmail.com **Telefon:** 900 17 028

11.2 Gjennomføring

Prosjektgruppen ble etablert før semesteret startet og temaet om etablering av et bruksområde for restmassene fra Engebø var allerede forutbestemt. Nordic Mining var også kjent med prosjektideen i høsten 2019 og selskapet hadde tidlig akseptert å supplere prosjektet med restmasser.

Prosjektet startet med å velge et område som passet kompetansen fra utdanningen og etablere samarbeid som passet denne kompetansen. En Prosjektleder ble utvalgt slik at framgangen av prosjektet hele tiden skulle følges opp. Prosjektlederen sin rolle var å kalle inn til statusmøter med gruppen og veileder, følge opp milepælene i fremdriftsplanen og delegere arbeidsoppgaver. Siden gruppen bestod av to utførende ble rollen som prosjektleder fordelt. Med dette fikk begge utførende anledning til å ha ansvar som prosjektleder i like lange perioder.

Framdriftsplanen ble utarbeidet i forprosjektet der ulike alternativer og problemstillinger ble drøftet. Det ble i starten diskutert to områder som en mulighet, som var restmassene i betong eller byggkeramer.

I denne perioden ble ulike bedrifter som kunne være aktuelle for prosjektet kontaktet og spurt om et samarbeid. En telefon til Førde sementvare ble positivt mottatt og der de var villige til å etablere et samarbeid som er grunnen til at betong ble prioritert.

Deretter ble det laget presise hovedmål og delmål og i tillegg alternative løsninger om planene ikke skulle gå som planlagt.

Etter at forprosjektet var etablert og godkjent var veien videre klar. Hovedprosjektet startet umiddelbart etter at forprosjektet var godkjent og varte frem til avslutning av faget. I løpet av denne perioden ble alle praktiske undersøkelser gjennomført der rapporten ble skrevet ved siden av.

11.2.1 Loggføring og timeregistrering.

Oppgaven har et omfang på 500 timer per student, der dette prosjektet fikk en tidsbegrensning på 1000 timer. I begynnelsen av vårsemesteret 2020 ble det raskt dannet et gant-diagram der planlagte oppgaver ble fordelt utover diagrammet. Etterfølgende ble det avtalt at det skulle brukes Proresult til å registrere antall timer brukt gjennom prosjektet. I tillegg ble det opprettet egne projektdagbøker der den

daglige innsatsen ble loggført. Dagbøkene var etablert på en felles google-disk mappe slik at begge kunne holdes oppdatert på hva den andre holdt på med, og kunne ta over ved eventuell sykdom.

11.2.2 Fremdriftsplan

Fremdriftsplanen for dette prosjektet ble utarbeidet i et Excel-skjema.

Fremdriftsplanen består da av korte beskrivelser av milepæler og arbeidsoppgaver, sammen med datoer og frister. Planen ble utarbeidet slik at milepælene var listet opp i kronologisk rekkefølge av hvor kritisk de var for framdriften. Et av ansvarene til prosjektlederen var å holde framdriftsplanen oppdatert for hver uke. Framdriftsplanen ble brukt som et verktøy til å delegere og holde bedre oversikt av arbeidsoppgaver.

11.2.3 Utgifter og økonomi

Til dette prosjektet ble det ikke brukt store utgifter fordi Førde Sementvare disponerte nesten alt av utstyret som var nødvendig og krevde ikke betaling for bruk av laboratoriet. Nordic Mining supplerte prosjektet med restmasser kostnadsfritt. Det ble derfor kun brukt økonomiske ressurser til å handle inn utstyr og varer som ikke ble disponert.

Vare/utstyr	Antall og pris per stk	Kostnad [kr]
16 liter bøtte	14 stk, 35 kr	490
30 liter bøtte	3 stk, 145 kr	435
Vernebriller	2 stk, 30 kr	60
Litermål	1 stk, 40 kr	40
Sement 25kg standard FA	2 stk, 100 kr	200
Total kostnad	-	1225

Tabell 36: Viser utgifter gjennom prosjektet.

11.2.4 Møter

I forprosjektet ble det organisert møter med gruppen annenhver uke og ett felles statusmøte sammen med veileder i slutten av hver måned. Møtene ble planlagt gjennom sosiale plattformer, over telefon, eller når gruppen var sammen. Før alle statusmøtene med veileder ble det i tillegg sendt ut en møteinnkalling der dato, tidspunkt og sted ble beskrevet. På grunn av Corona utbredelsen 12 mars ble alle møter etter dette avholdt over Zoom. På gruppemøtene ble det drøftet og diskutert fremgang, status, avvik og utfordringer. På statusmøtene sammen med veileder la gruppen fram utfordringer og problemstillinger der veileder Svein-Rune kom med råd.

11.2.5 Nettside

Etter at forprosjektet var godkjent, ble en nettside for prosjektet opprettet. På denne nettsiden blir prosjektet kort beskrevet og samarbeidspartene Nordic Mining og Førde Sementvare blir presentert. På nettsiden ble også bilder av framgangen med en liten beskrivelse lagt ut med ukentlig oppdatering. Nettsiden inneholder også egne faner for informasjon av gruppemedlemmene og for sluttrapporten sammen med forprosjektrapporten.

Nettadressen til hjemmesiden er:

<https://gruveavfall-eit-produkt-for-byggenaeringen.webnode.com/>

11.2 Risikovurdering og avvik

I prosjektbeskrivelsen ble det gjort en risikovurdering av alle planlagte undersøkelser gjennom prosjektet, der vurderingsgrunnlaget var basert på sannsynligheten for at en uønsket hendelse skulle oppstå gjennom prosjektet. Det ble også laget alternative løsninger om det skulle oppstå avvik i planen. De viktigste hendelser som ble vurdert med hovedmål og alternative løsninger var om vi ikke klarte å stifte et samarbeid med de nødvendige bedriftene.

Dersom det ikke skulle bli et samarbeid med Nordic Mining og tilgang til restmassene fra Engebø var alternativet å finne en annen eklogitt fra et annet sted som kunne fungere som en erstatning. Dersom det ikke skulle lykkes å få et samarbeid med Førde Sementvare så var alternativet å kontakte andre lokale betongprodusenter.

Dersom ingen betongbedrifter skulle akseptert et samarbeid var alternativet å stå for produksjonen og testingen selv ved å bruke laboratoriet til HVL Bergen.

De viktigste tiltakene som ble vurdert for gruppen var for kommunikasjon, tap av data, konflikt, samarbeid og framdrift. For at data ikke skulle gå tapt av en eventuell teknisk feil, ble det opprettet en felles google disk mappe der all dataen ble lagret og delt på nett. Rapporten ble også skrevet i Word der filen var opprettet på nettet slik at filen hele tiden ble automatisk lagret. Tiltak mot uenigheter og konflikt ble det arrangert statusmøter 1 gang i uken og flere dialoger over sosiale plattformer. Dette ble gjort for å sikre framdrift i prosjektet, unngå konflikter og føre en sosial arbeidsmetode som igjen la grunnlag for god kommunikasjon og samarbeid.

11.4 Prosjektevaluering

11.4.1 Kommunikasjon

Fra starten av prosjektet var målet å drive et prosjekt der gruppen kom først og ikke individet. God kommunikasjon var en av våre største prioriteringer gjennom hele prosjektet og brukte kommunikasjon som det viktigste verktøyet for å oppnå godt samarbeid.

Dette ble gjort ved å heletiden ha en jevnlig dialog om den tids status og heletiden involvere partneren i alt som skulle gjøres. Dette skapte et godt samarbeid og arbeidsmiljø

God kommunikasjon har spilt en stor rolle både i gruppen, med Nordic Mining, Førde sementvare og veileder. God kommunikasjon blant gruppen og samarbeidspartene var også en av årsakene til at prosjektet ble fullført i god tid selv om corona-19 viruset fikk sitt største utbrudd mitt i den kritiske fasen. Jevnlige dialoger gjorde også arbeidet mer effektivt, forhindret konflikter og i tillegg misforståelser.

11.4.2 Utfordringer og læringsutbytte

Ønsket bak denne rapporten var å skape et prosjekt som både var bærekraftig, innovativt, som bidro til noe positivt for lokalmiljøet og inspirerte andre studenter til å videreføre ambisjonen. Dette skulle vi gjøre ved å benytte kompetansen vi tilegnet gjennom studiet som skulle vises i en bacheloroppgave.

Siden HVL sine nettsider sier at en bacheloroppgave er en «akademisk tekst som innebærer et selvstendig forskningsbasert arbeid, som skal svare på et forskningsspørsmål eller en hypotese», valgte vi å tilpasse ambisjonen etter et forskningsspørsmål. Det å ha styrt et eget prosjekt der en er selvstendig og er avhengig av sin egen innsats for å lykkes har gitt mange utfordringer noe som har gitt en bratt lærekurve.

Så kan ikke man se vekk ifra at Corona utbredelsen startet i den mest kritiske tiden med tanke på praktiske undersøkelser, som førte til tap av verdifull tid. Dette var noe som ble løst med god planlegging og omstrukturering som støttet seg på god kommunikasjon med Førde Sementvare slik at en klarte raskt å fortsette med arbeidet. I denne tapte tiden ble det lagt opp til egenarbeid i form av informasjonshenting og skriving på rapporten som fortsatt ga god fremgang.

Det største læringsutbytte var fra de praktiske undersøkelsene på laboratoriet. Her ble det skapt mange diskusjoner på hensikten bak prøveprosedyrene og hvorfor slike prosedyrer ble brukt. Vi merket etter hvert at det å sette egne ord inn i forskingen gjorde ikke det bare personlig, men ga en høyere forståelse for hva en virkelig drev med. I tillegg å drive undersøkelser på en plass folk kun snakket om betong, førte ofte til en bedre forståelse også.

Dette kombinert med å finne, analysere, vurdere, tilpasse og til slutt gjenfortelle teorien bak forsøkene med egne ord der teksten også skulle være akademisk, men samtidig enkel å forstå har gitt mye lærdom. Spesielt i de ukene der en måtte gjenfortelle undersøkelse for i tillegg selv vurdere arbeidet. Noe som presset oss igjen til å reflektere over hvorfor og hva som hadde blitt gjort.

Etter å ha reflektert over semesteret er det vurdert at det var arbeidet med planleggingen før som var mest krevende. Dette kommer nok av at denne delen også er den mest teoretiske og der en må selv undersøke, diskutere, utvikle og bli enig om en plan samtidig som det er pågang av andre fag.

Nå som vi har fullført et vellykket prosjekt gjennom en tid som kommer til å bli nedskrevet i historien som Corona-tiden. Har vi forstått at kunnskapen som har blitt tilegnet gjennom utdanningen har spilt en stor rolle i å klare å gjennomføre dette prosjektet. Erfaringen og lærerutbyttet en har fått av å investere tid til en bachelor kommer til å gjenspeile seg videre i livet i flere steder enn kun jobb.

12.0 Konklusjon av prosjektadministrasjon

Som nevnt ble rollen som prosjektleder delt slik at begge fikk ansvar for fremgangen i like lange perioder. Å organisere administrasjonen på denne måten ga gode resultater med tanke på motivasjonen og fremgang. Dette ga følelsen av at arbeidet var likestilt, som ga motivasjon og positive resultater. Sammen med kommunikasjon og to personligheter som passet bra i et samarbeid oppsto det aldri konflikter i noen former. Begge hadde god respekt for hverandres arbeid og stolte på at den andre skulle gjennomføre bestemte oppgaver. kombinert med gode tilbakemeldinger fra hverandre var dette årsaken til at en kunne jobbe konsentrert med eget arbeid uten å bruke verdifull tid til kontrollere partneren. Ved slutten av prosjektet ble administreringen diskutert der vi kommet frem til at alle mål og ambisjoner er oppnådd og litt mer. Det aller viktigste som også ble investerte mye tid til var at prosjektet hele tiden skulle være kjekt å jobbe med, som det var. Så derfor konkluderer vi med en vellykt og godt gjennomført administrering av prosjektet

Referanser

- [1] N. Husabø, «Detaljreguleringsplan - Engebø,» Nordic Rutile AS, Leikanger, 2019.
- [2] K. F. Ø. o. G. S. Ishimwe, «Prosjektoppgåve - Gruveavfall, en ressurs for byggenæringen?,» Høgskulen på Vestlandet, Førde, 2019.
- [3] M. Schanche, «Bruksområder for rest- og biprodukter ved drift på Engebø,» Nordic Mining ASA, Oslo, 2009.
- [4] o. H. F. Gunnar Raadelnge Bryhni, «Store Norske Leksikon - Eklogitt,» Store Norske Leksikon, 27 01 2020. [Internett]. Available: <https://snl.no/eklogitt>. [Funnet 17 05 2020].
- [5] G. Haukdal, «Direktoratet for mineralforvaltning,» Direktoratet for mineralforvaltning, 08 08 2019. [Internett]. Available: <https://dirmin.no/aktuelt/soknad-om-driftskonsesjon-engeboprojektet-er-lagt-ut-til-horing>. [Funnet 17 05 20].
- [6] Wikipedia, «Wikipedia - Tungbetong,» Wikipedia, 20 03 2019. [Internett]. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/Tungbetong>. [Funnet 17 05 2020].
- [7] Wikipedia, «Wikipedia - Betong,» Wikipedia, 27 03 2020. [Internett]. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/Betong>. [Funnet 04 05 2020].
- [8] R. M. Alvær, «Betongteknologi,» HVL, Bergen, 2014.
- [9] Standard Norge, «NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017,» Standard Norge, Lysaker, 2014.
- [1 Norcem, Betongboka, Oslo: Norcem, 1995.
0]
- [1 Wikipedia, «Wikipedia - Silika,» Wikipedia, 28 08 2019. [Internett]. Available:
1] <https://no.wikipedia.org/wiki/Silikast%C3%B8v>. [Funnet 17 05 2020].
- [1 Wikipedia, «Wikipedia - Sementpasta,» Wikipedia, 26 09 2018. [Internett]. Available:
2] <https://no.wikipedia.org/wiki/Sementpasta>. [Funnet 17 05 2020].
- [1 «Sintof,» Sintof, - 09 2010. [Internett]. Available: [https://www-byggforsk-3\] no.galanga.hvl.no/dokument/590/tilsetningsstoffer_for_betong](https://www-byggforsk-3] no.galanga.hvl.no/dokument/590/tilsetningsstoffer_for_betong). [Funnet 20 05 2020].
- [1 o. G. E. M. Leif Nordgård, Betongfremstilling (Del 1), Norsk Cementforening, 1963.
4]
- [1 SINTEF, «520.027 Kvalitetskontroll av fersk betong,» SINTEF, 05 2015. [Internett].
5] Available: https://www.byggforsk.no/dokument/286/kvalitetskontroll_av_fersk_betong. [Funnet 08 04 2020].
- [1 J. V. Thue, «store norske leksikon,» store norske leksikon, 16 07 2019. [Internett].
6] Available: <https://snl.no/betong.no>. [Funnet 19 05 2020].

- [1] J. V. Thue, «Store Norske Leksikon,» 16 07 2019. [Internett]. Available:
7] <https://snl.no/betong>. [Funnet 11 05 2020].
- [1] SINTEF, «520.031 Kvalitetskontroll og dokumentasjon av herdnet betong.
8] Laboriemetoder,» SINTEF, 08 2015. [Internett]. Available:
https://www.byggforsk.no/dokument/289/kvalitetskontroll_og_dokumentasjon_av_herdnet_betong_laboriemetoder. [Funnet 11 04 2020].
- [1] T. Tunga, «Hva koster transport og hvordan kan man,» 06 11 2013. [Internett]. Available:
9] <https://www.sintef.no/contentassets/3d899cf2e75143f29603f1e8adfed898/nettverkssamling/eg-pres.-fysisk-logistikk-6.pdf>. [Funnet 19 05 2020].
- [2] SINTEF, «Byggforskserien,» SINTEF, 02 2013. [Internett]. Available:
0] https://www.byggforsk.no/dokument/291/bestemmelse_av_betongkonstruksjoners_trykfasthet_uttak_og_proeving_av_sylindre. [Funnet 01 05 2020].
- [2] «Geo365.no,» Geo365, - - -. [Internett]. Available: <https://geo365.no/bergindustri/soker-om-driftskonsesjon/>. [Funnet 16 05 2020].
- [2] «Tourispo,» Tourispo, - - -. [Internett]. Available: <https://www.tourispo.com/sight/palau-de-les-arts-reina-sofia.html>. [Funnet 19 05 2020].
- [2] «slideplayer,» NB- Norsk betongforening, - - -. [Internett]. Available:
3] <https://slideplayer.no/slide/2055113/>. [Funnet 19 05 2020].
- [2] «BSc-rapport-Foss-Monrad-og-Gala-BYG2018.pdf,» - - -. [Internett]. Available:
4] <http://meerc.uia.no/wp-content/uploads/2018/09/BSc-rapport-Foss-Monrad-og-Gala-BYG2018.pdf>. [Funnet 19 05 2020].
- [2] «Isachen pukk og grus,» Isachen pukk og grus, - - -. [Internett]. Available:
5] <https://pukkgrus.no/>. [Funnet 19 05 2020].
- [2] «Hallingdal pukk og grus,» Hallingdal pukk og grus, - - -. [Internett]. Available:
6] <https://www.hallingdalpukkoggrus.no/>. [Funnet 19 05 2020].
- [2] «Docplayer,» 24 10 2017. [Internett]. Available: <https://docplayer.me/65691266-Betongtilslag-pavirkning-pa-betongens-egenskaper.html>. [Funnet 20 05 2020].
- [2] «regnsells,» - - -. [Internett]. Available: <https://www.ragnsells.no/kildesortering/farlig-avfall/semment-mortel/>. [Funnet 20 05 2020].
- [2] «finnfjord,» - - -. [Internett]. Available: <http://www.finnfjord.no/no/produkter/25-silika>.
9] [Funnet 20 05 2020].
- [3] «Betomur as,» - - -. [Internett]. Available: <https://www.betomur.no/nettbutikk/mur-og-fasade/mapei-produkter/superflyt-1-kg>. [Funnet 20 05 2020].
- [3] «Undervisning om løsmasser,» - - -. [Internett]. Available: <http://www-bib.hive.no/tekster/hveskrift/rapport/1999-03/rapp199903-03.html>. [Funnet 20 05 2020].
- [3] HVL, «HVL,» HVL, - - -. [Internett]. Available:
2] <https://hvl.instructure.com/courses/5102/pages/hva-er-en-bacheloroppgave>. [Funnet 22 05 2020].

Vedleggsliste:

Gant diagram

Framdriftsplan

Timeforbruk

Prosjektbeskrivelse

Innkallinger

Statusrapporter

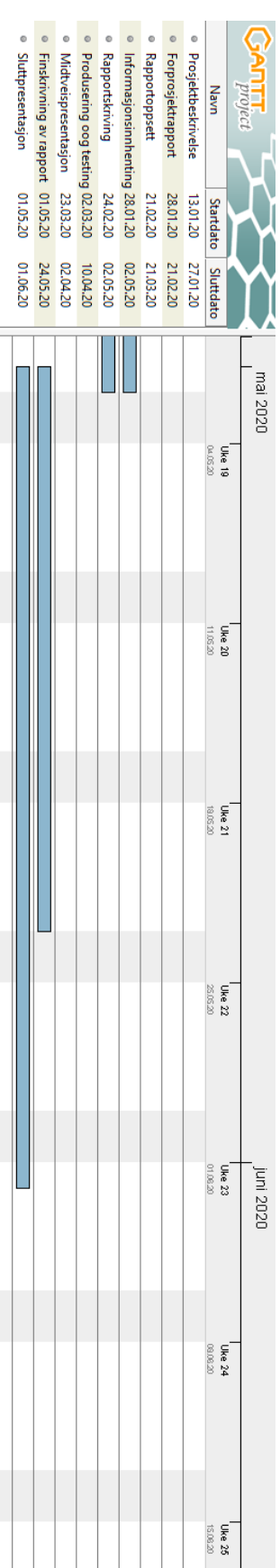
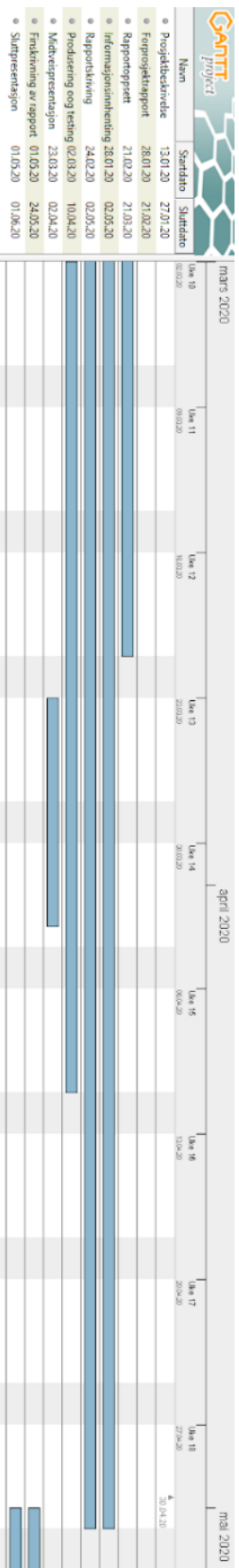
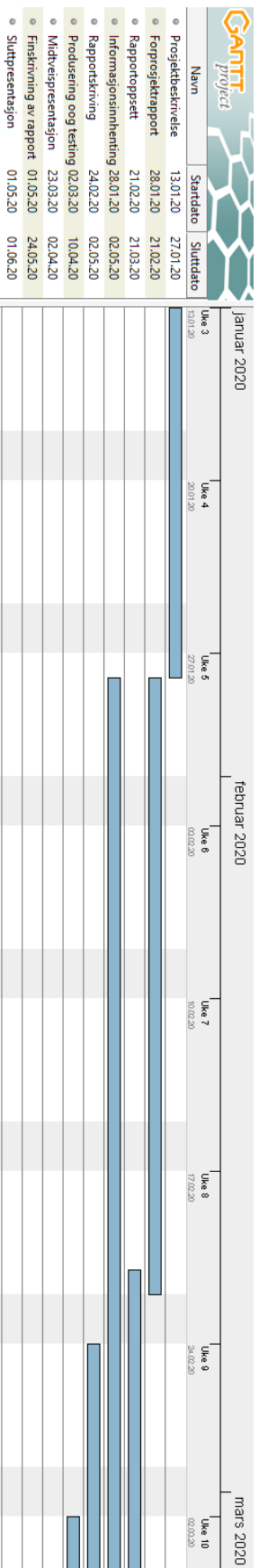
Møtereferater

Beregninger

Avisartikler

Avsluttende motivasjons tale Kjartan og George

Gantt Diagram



Framdriftsplan

Emne	Milepæler	Fullfør innen [Dato]	Fargekoder:
Prosjektbeskrivelse			Under arbeid
			Fullført
Etablere samarbeid med gruveindustri (Nordic Mining)	Milepæler	Medio januar	På overtid
Etablere Samarbeid med betong produsent (Førde Sement)	Milepæler	Tidlig februar	
Forprosjektrapport		21.02.2020	
Nettside		21.02.2020	
Skaffe gruveavfall	Milepæler	Slutt februar	
Midtveispresentasjon (Kansellert)	Milepæler	03.04.20	
Rapportoppsett		Tidlig mars	
- Innleiing med bakgrunn		Tidlig februar	
- Problemstilling		Medio februar	
- Restmassene		Medio februar	
- Betong		Mars	
- Betongresept		Tidlig mars	
- Tilslagsanalyse		Tidlig mars	
- Fersk betong		Tidlig mars	
- Herdet betong		Tidlig mars	
- Gjennomføring og resultat		Mars/april	
- Betongresept		Tidlig mars	
- Tilslagsanalyse	Milepæler	Tidlig mars	
- Fersk betong	Milepæler	Medio mars	
- Herdet betong	Milepæler	Slutt april	
- Vurdering av resultat		Tidlig mai	
- Feilkilder		Tidlig mai	

- Produksjon		Tidlig mai	
- Økonomi		Tidlig mai	
- Konklusjon		Tidlig mai	
Prosjektadministrasjon		Tidlig mai	
- Organisering		Tidlig mai	
- Gjennomføring		Tidlig mai	
- Økonomi		Tidlig mai	
- Risikovurdering og avvik		Tidlig mai	
- Prosjektevaluering		Tidlig mai	
Bachelorbeskrivelse		Tidlig mai	
Forord		Tidlig mai	
Sammendrag		Tidlig mai	
Referanseliste		Tidlig mai	
Vedleggsliste		Tidlig mai	
Fullført rapport	Milepæler	22.05.20	
Lage ferdig Plakat		27.05.20	
Lage ferdig pressemelding		15.05.20	
Lage ferdig Presentasjon	Milepæler	01.06.20	

Timeforbruk

Dato	Arbeider	Arbart	Timer
14.01.2020	2 - George		1,00
		Uke 03:	1,00
20.01.2020	1 - Kjartan Øen	Fullføre prosjektbeskrivelse	3,00
20.01.2020	2 - George	Møte	3,00
20.01.2020	2 - George		3,00
21.01.2020	1 - Kjartan Øen	Etablere samarbeid med produsenter	3,00
22.01.2020	1 - Kjartan Øen	Møte	1,00
24.01.2020	1 - Kjartan Øen	Etablere samarbeid med produsenter	3,00
		Uke 04:	16,00
28.01.2020	1 - Kjartan Øen	Etablere samarbeid med produsenter	2,00
30.01.2020	1 - Kjartan Øen	Forprosjektrapport	7,50
		Uke 05:	9,50
04.02.2020	1 - Kjartan Øen	Forprosjektrapport	7,50
		Uke 06:	7,50
14.02.2020	1 - Kjartan Øen	Etablere samarbeid med produsenter	6,50
		Uke 07:	6,50
19.02.2020	1 - Kjartan Øen	Forprosjektrapport	5,50
20.02.2020	1 - Kjartan Øen	Forprosjektrapport	6,50
21.02.2020	1 - Kjartan Øen	Forprosjektrapport	7,50
		Uke 08:	19,50
25.02.2020	1 - Kjartan Øen		1,00
26.02.2020	1 - Kjartan Øen		1,00
27.02.2020	1 - Kjartan Øen	Informasjonsinnhenting	4,50
28.02.2020	1 - Kjartan Øen	Planlegging av produisering og testing	5,50
29.02.2020	1 - Kjartan Øen	Planlegging av produisering og testing	5,00
		Uke 09:	17,00
02.03.2020	1 - Kjartan Øen	Informasjonsinnhenting	6,00
03.03.2020	1 - Kjartan Øen	Informasjonsinnhenting	6,00
04.03.2020	1 - Kjartan Øen	Informasjonsinnhenting	6,00
		Uke 10:	18,00
09.03.2020	1 - Kjartan Øen	Informasjonsinnhenting	6,00
10.03.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	7,00
11.03.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	7,00

Dato	Arbeider	Arbart	Timer
12.03.2020	1 - Kjartan Øen	Informasjonsinnhenting	6,00
13.03.2020	1 - Kjartan Øen	Nettside	2,50
14.03.2020	1 - Kjartan Øen	Rapportskriving	7,00
Uke 11:			35,50
16.03.2020	1 - Kjartan Øen	Rapportskriving	6,00
17.03.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	8,00
18.03.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,00
19.03.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	6,00
20.03.2020	1 - Kjartan Øen	Nettside	2,00
Uke 12:			29,00
23.03.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	4,50
23.03.2020	1 - Kjartan Øen	Rapportskriving	4,00
24.03.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	5,00
24.03.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	5,00
25.03.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,50
26.03.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,50
27.03.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	10,00
28.03.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,50
29.03.2020	1 - Kjartan Øen		7,50
Uke 13:			58,50
30.03.2020	1 - Kjartan Øen	Informasjonsinnhenting	5,50
31.03.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	6,00
01.04.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	10,00
02.04.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	7,50
03.04.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	7,50
04.04.2020	1 - Kjartan Øen	Nettside	4,00
05.04.2020	1 - Kjartan Øen	Rapportskriving	4,50
Uke 14:			45,00
06.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	9,50
07.04.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	7,50
07.04.2020	1 - Kjartan Øen		4,00
08.04.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	8,50
08.04.2020	2 - George		12,50
09.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,50
10.04.2020	1 - Kjartan Øen		6,50
10.04.2020	2 - George		13,50
11.04.2020	1 - Kjartan Øen		7,50
11.04.2020	2 - George		12,50
12.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,50
12.04.2020	2 - George		15,00
Uke 15:			112,00
13.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,50
13.04.2020	2 - George		11,50
14.04.2020	1 - Kjartan Øen		7,50
14.04.2020	2 - George		11,50
15.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,50
15.04.2020	2 - George		12,50
16.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,50
16.04.2020	2 - George		12,50
17.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,50
17.04.2020	2 - George		12,50
19.04.2020	2 - George		12,50

Dato	Arbeider	Arbart	Timer
			Uke 16: 110,50
20.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	6,00
20.04.2020	2 - George		17,00
21.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	5,50
22.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	6,00
22.04.2020	2 - George		13,50
23.04.2020	1 - Kjartan Øen		6,00
24.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	6,00
24.04.2020	2 - George		14,50
25.04.2020	2 - George		13,50
26.04.2020	2 - George		14,00
			Uke 17: 102,00
27.04.2020	1 - Kjartan Øen		7,50
27.04.2020	2 - George		11,50
28.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	8,00
28.04.2020	2 - George		13,50
29.04.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	5,00
29.04.2020	2 - George		12,50
30.04.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	7,00
30.04.2020	2 - George		12,50
01.05.2020	1 - Kjartan Øen		7,00
01.05.2020	2 - George		14,00
02.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,50
02.05.2020	2 - George		13,50
03.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,00
03.05.2020	2 - George		13,50
			Uke 18: 140,00
04.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	8,00
04.05.2020	2 - George		14,50
05.05.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	6,00
06.05.2020	1 - Kjartan Øen	Førde Sementvare	6,00
06.05.2020	2 - George		14,50
07.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	8,00
07.05.2020	2 - George		11,50
08.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	8,00
			Uke 19: 76,50
11.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,00
11.05.2020	2 - George		12,50
12.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,00
13.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,00
13.05.2020	2 - George		11,50
14.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	9,00
14.05.2020	2 - George		12,50
15.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,00
16.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,00
16.05.2020	2 - George		12,50
17.05.2020	2 - George		13,50
			Uke 20: 106,50
18.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	8,00
19.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	7,00
19.05.2020	2 - George		16,00
20.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	8,00
			Uke 21: 82,50
20.05.2020	2 - George		10,50
21.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	10,00
21.05.2020	2 - George		10,50
22.05.2020	1 - Kjartan Øen	Skrive rapport	5,00
22.05.2020	2 - George		7,50
			Uke 21: 82,50
			Prosjekt 110 - Bachelor: 993,00

Prosjektbeskrivelse H02-300-1

Prosjekt: Fra gruveavfall til produkt for byggenæringen
Dato, Signatur: 20/01/2020, <i>Kjartan Øen, George Sudi Isimwe.</i>
Bakgrunn: Lokalt har det vært mye engasjement angående det velkjente Engebøprosjektet i Naustdal kommune. Mye av diskusjonene omhandler gruveavfallet som skal bli dumpet i Førdefjorden. Vi ønsker å utføre dette prosjektet slik at vi kan utforske hvordan gruveavfallet kan brukes i produktproduksjon, og hvordan egenskapene til produktet påvirkes av det.
Hovedmål for prosjektet: Lage produkt av gruveavfall for byggenæringen. Effekt mål: Tilegne kunnskap om produktproduksjon og produkttesting Resultatmål: Produsere et produkt med restavfallet fra Engebø og en sluttrapport som viser fremgangsmåten og produkttestingen.
Delmål: <ul style="list-style-type: none">• Levere prosjektbeskriving før 27/01• Tilegne gruveavfall fra en gruvebedrift eller lignende• Levere forprosjektrapport før 22/02• Statusmøte med veileder mot slutten av hver måned• Møte mellom gruppedeltakere annenhver uke• Midtveispresentasjon 03/04• Pressemelding 15/05• Innlevering av sluttrapport 25/05• Plakat klar og hengt opp 27/05• Prosjektpresentasjon i starten av juni
Rammer: Tidsavgrenset til 500 timer per student, totalt 1000 timer. Prosjektet er lagt til våren 2020 med prosjektstart 13/01/2020. Midtveispresentasjon i april, rapportinnlevering i mai og sluttpresentasjon i mai er frister som må holdes.
Faser/oppgaver (omfang og avgrensing): Prosjektet vil bestå av å produsere produkter ved hjelp av gruveavfall, som kan utnyttes av byggenæringen, og samtidig lære hvordan et produkt kan produseres og testes. Vi har valgt å avgrense produktområdet til betong og keramikk. Dette er gjort for å ha et oppnåelig mål og samtidig et ambisiøst prosjekt.
Organisering: Høgskulen på Vestlandet er arbeidsgiver for dette prosjektet. Studentene kommer til å jobbe sammen og hver for seg i arbeidsperioden. Arbeidsgruppen består av: 2 studenter, vi har valgt å ha rullerende prosjektleder gjennom prosjektet. <ul style="list-style-type: none">• Student 1: Veke 3-13• Student 2: Veke 14-22
Gjennomføring/fremdriftsplan: En framdriftsplan er utarbeidd ved hjelp av Gantt diagram og excel som tar for seg arbeidsoppgaver og milepæler som vi vil nå. Timeregistrering av arbeidet vil bli gjort ved hjelp av Proresult. Proresult blir også brukt til å sette opp en timeplan for daglig arbeid.
Kostnader/budsjett: Kostnader knytt til prosjektet vil bli ut i frå

- Arbeidsinnsats
- tilegning av material
- Transportkostnader til eventuelle bedriftsbesøk,
- Produktundersøkinger i laboratorium
- Produseringskostnader,
- Direkte utlegg.

Risikoanalyse og kvalitetssikring:

Gjennom prosjektet vil vi jobbe med å hente inn informasjon, skaffe testprodukt og teste produktet i et laboratorium. Måten vi planlegger å gjøre det på vil være en viktig del av arbeidet. Ved å lage en oversiktlig og progressiv plan som også legger opp til samarbeid, kommunikasjon og gode rutiner, så kan vi øke sannsynligheten for et vellykket resultat.

Risikovurdering: Det er utarbeidd en risikoanalyse for prosjektet.

Nr.	Hendelse	Sannsyn	Konsekvens	Risiko	Tiltak
1.	Overskriding av framdriftsplan	3	3	9	
2.	Tap av viktige data	1	5	5	
3.	Kommunikasjonssvikt	2	4	8	
4.	Indre konflikter	3	4	12	A, C
5.	undervurdering av arbeidsmengde	3	4	12	B, D
6.	Vanskelig å samle arbeidsgruppe	2	2	4	
7.	Ingen samlingsplass	1	2	2	
8.	Sentrale bedrifter blir gløymd	2	4	8	
9.	Manglende tilbakemelding av bedrifter	3	3	9	
10.	Dårlige spørsmål ved informasjonshenting	2	3	6	

	Tiltak
A.	Prosjekt møter
B.	Avgrensing av oppgåve
C.	Sikre god informasjonsflyt
D.	Revidere arbeid

Innkallinger

Til: George Bogingo
Fra: Kjartan Øen
Kopi: Svein-Rune Kleppe
Dato: 18.02.20

Møteinnkalling til møte nr 01

Dato og klokkeslett: 27.02.20 – 14:00

Gruppe: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Sted: Campus Førde - Sivle

Sakliste

1. Status og framdrift
2. Ressurssituasjon og økonomi
3. Risikovurdering
4. Avvik og endringer
5. Oppsummering
6. Neste møte

Vedlegg: Ingen vedlegg

Til: George Bogingo
Fra: Kjartan Øen
Kopi: Svein-Rune Kleppe
Dato: 23.03.20

Møteinnkalling til møte nr 02

Dato og klokkeslett: 25.03.20 – 20:00

Gruppe: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Sted: Zoom

Sakliste

1. Status og framdrift
2. Ressurssituasjon og økonomi
3. Risikovurdering
4. Avvik og endringer
5. Oppsummering
6. Neste møte

Vedlegg: Ingen vedlegg

Til: Kjartan Øen
Fra: George Bogingo
Kopi: Svein-Rune Kleppe
Dato: 27.04.20

Møteinnkalling til møte nr 03

Dato og klokkeslett: 29.04.20 – 14:00

Gruppe: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Sted: Zoom

Sakliste

1. Status og framdrift
2. Ressurssituasjon og økonomi
3. Risikovurdering
4. Avvik og endringer
5. Oppsummering
6. Neste møte

Vedlegg: Ingen vedlegg

Til: George Bogingo
Fra: Kjartan Øen
Kopi: Svein-Rune Kleppe
Dato: 08.05.20

Møteinnkalling til møte nr 04

Dato og klokkeslett: 11.05.20 – 13:00

Gruppe: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Sted: Zoom

Sakliste

1. Status og framdrift
2. Ressurssituasjon og økonomi
3. Risikovurdering
4. Avvik og endringer
5. Oppsummering
6. Neste møte

Vedlegg: Ingen vedlegg

Statusrapporter

Statusrapport nr 01.

Dato: 27.02.20 – 14:00

Prosjektnavn: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Planlegging og utføring	Vi snakket om planleggingen og fremdriftsplanene til prosjektet der det ble gått inn på at vi gjekk over til plan «B». Det ble også snakket om forprosjektrapporten, nettsiden og litt om struktur angående hovedrapporten.
Avvikshåndtering	Det eneste avviket vi har hatt så langt er at vi har måtte gått over til plan «B», men dette har lite betydning for framdriften.
Kritiske suksessfaktorer	Det er kritisk at produksjonen kommer raskt i gang på grunn av de 28 dagene betongen skal herde. Dette er en ventetid som det ikke går an å ta igjen ved skippertak så derfor var det viktig å være tidlig i gang.
Plan for neste periode	Plan for neste periode er å komme i gang med produksjonsfasen. Kjartan blir fortsatt prosjektleder for neste periode.

Statusrapport nr 02.

Dato: 25.03.20 – 20:00

Prosjektnavn: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Planlegging og utføring	Vi snakket om framdriften i sammenheng med Corona utbruddet og at vi ligger en uke bak framdriftsplanen på grunn av karantenetiltak.
Avvikshåndtering	Det har ikke oppstått noen avvik så langt i prosjektet utenom en omstrukturering av arbeidsoppgaver på grunn av Corona og karantenetiltak.
Kritiske suksessfaktorer	Siden vi mistet denne uken var det kritisk at det ble gjort ekstra mye teoretisk rapport arbeid slik at det ikke gjensto for mye arbeid etter produksjonsfasen.
Plan for neste periode	Plan for neste periode er å skrive på rapporten imens betongprøvene herder. George blir prosjektleder i kommende periode.

Statusrapport nr 03.

Dato: 29.04.20 – 14:00

Prosjektnavn: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Planlegging og utføring	Vi snakket om fremdriften til prosjektet der arbeidsoppgavene lå godt an i forhold til fremdriftsplanen
Avvikshåndtering	Vi hadde ingen avvik som måtte håndteres denne perioden.
Kritiske suksessfaktorer	Den kritiske suksessfaktoren nå er å holde tempoet på rapportskrivningen oppe slik at vi ligger godt an i forhold til fremdriftsplanen og mot slutten av prosjektet.
Plan for neste periode	Plan for neste periode blir å tolke testresultatene og produsere gavebenken til Høgskulen. George blir fortsatt prosjektleder for neste periode.

Statusrapport nr 04.

Dato: 11.05.20 – 13:00

Prosjektnavn: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Planlegging og utføring	Det ble tatt en gjennomgang av rapporten sammen med veilederen der anbefalinger og vurderinger ble gjort ut ifra førsteinntrykket av rapporten. I forhold til fremdriftsplanen ligger vi godt an med arbeidsoppgavene.
Avvikshåndtering	Vi har hatt ingen avvik i denne perioden av prosjektet.
Kritiske suksessfaktorer	Det kritiske under prosjektet nå er å sørge for at alt som må komme med i rapporten blir tatt med.
Plan for neste periode	Planen for neste og samtidig siste uke er å fullføre rapporten fullstendig. Dette er siste statusrapport

Møtereferat.

Til: Svein-Rune Kleppe
Fra: Kjartan Øen
Kopi: George Bogingo
Dato: 14.02.20

Møtereferat nr: 01

Dato: Fredag 14.02.20

Prosjektnavn: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Saksliste	
1	Godkjenning av referat fra forrige møte Første møte
2	Status framdrift i forhold til plan Ligger bra an med arbeidsoppgavene i forhold til framdriftsplanen.
3	Ressurssituasjon, (timeforbruk) og økonomistatus Vi har hatt ingen økonomiske utgifter i prosjektet så langt.
4	Risikovurdering Vi ligger godt an i forhold til fremdriftsplanen og har utnyttet tiden godt.
5	avvik, endringer og avvikshåndtering Vi har blitt nødt til å gå vekk i fra hovedplanen og over til plan B på grunn av den nye informasjonen om fraksjonsstørrelsene til restmassen.
6	Plan for neste periode Få en struktur på rapportoppsettet og en fullført plan for betongblandinger.
7	Neste møte Neste møte blir fredag 18.03.20

Til: Svein-Rune Kleppe
Fra: Kjartan Øen
Kopi: George Bogingo
Dato: 18.03.20

Møtereferat nr: 02

Dato: Fredag 18.03.20

Prosjektnavn: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Saksliste	
1	Godkjenning av referat fra forrige møte Referat fra forrige møte: godkjent
2	Status framdrift i forhold til plan Planen for betongblandingene er fullført, og vi er godt i gang med sikteprosessen.
3	Ressurssituasjon, (timeforbruk) og økonomistatus Vi ligger godt an i forhold til timer som er brukt, og vi har hatt noen utgifter på utstyr som bøtter og vernebriller, men dette er utgifter som ikke er store.
4	Risikovurdering Det har akkurat blitt innført karantenetiltak i kommunen som gjør at vi ikke kan møte opp på Førde Sementvare før tiltaket er over. Dette er kritisk siden dette går ut over dyrebar tid som vi trenger for herding av betong.
5	avvik, endringer og avvikshåndtering På grunn av karantenetiltakene har det blitt en omstrukturering av arbeidsoppgaver slik at vi ligger foran med mer teoretisk arbeid slik at vi utnytter tiden i karatene så godt som mulig.
6	Plan for neste periode Vente til karantenetiltaket er over slik at vi kan gå i gang med produksjon og testing.
7	Neste møte Neste møte er 17.04.20

Til: Svein-Rune Kleppe
Fra: George Bogingo
Kopi: Kjartan Øen
Dato: 17.04.20

Møtereferat nr: 03

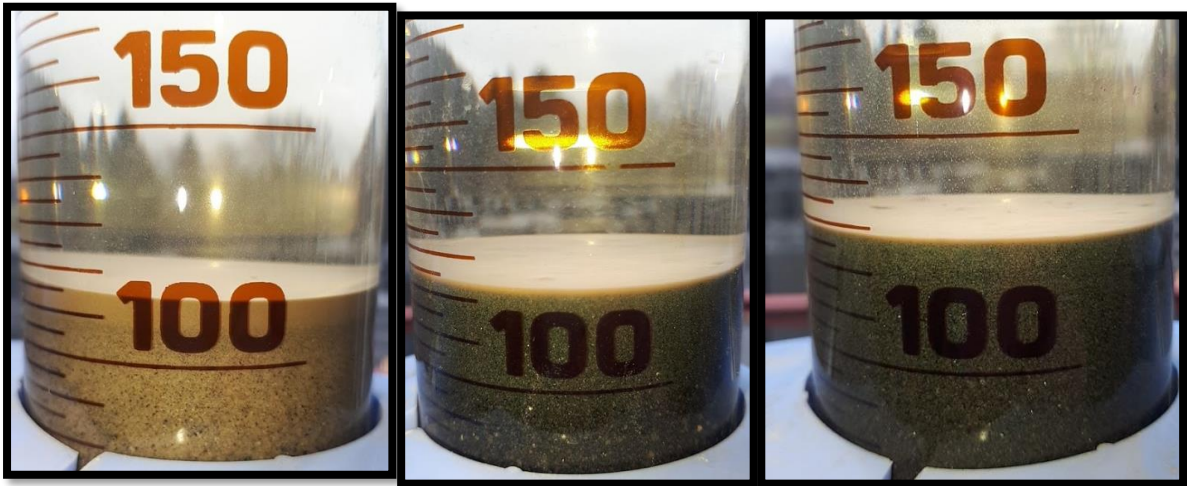
Dato: Fredag 17.04.20

Prosjektnavn: Gruveavfall, et produkt byggenæringen.

Saksliste	
1	Godkjenning av referat fra forrige møte Godkjent.
2	Status framdrift i forhold til plan Ligger godt med arbeidsoppgaver i forhold til fremdriftsplanen. Fremdriftsplanen var noe endret på grunn av karantene, men disse oppgavene har vi greid å jobbe effektivt med og karantenetiltaket ble opphevet etter en uke.
3	Ressurssituasjon, (timeforbruk) og økonomistatus I forhold til arbeidstimer ligger vi godt an. Vi har hatt noen økonomiske utgifter for sement.
4	Risikovurdering I forhold til framdriftsplanen så har vi fremdeles tid til å gjøre ferdig all testing og produksjon, og fremdeles ha tid til å fullføre rapporten.
5	avvik, endringer og avvikshåndtering Det har ikke oppstått noen avvik under prosjektet i under denne perioden.
6	Plan for neste periode Fullføre analysene av herdet betong og gjøre vurderinger av resultatene.
7	Neste møte Neste møte blir fredag 11.05.20 som også blir et statusmøte.

Beregninger

Vurdering av humus og beregning av slam:



Kontroll – K (sand):



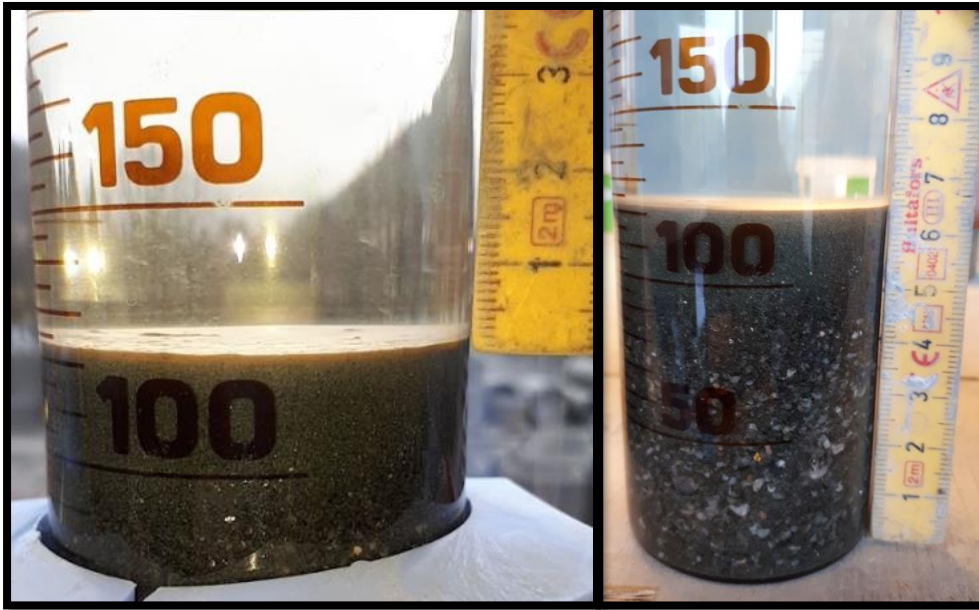
Slamsjiktet ble målt til 3 mm og sanden ble målt til 60 mm.

Beregning av slaminnhold:

$$\frac{\text{Høyde på slamlag [mm]}}{\text{Høyde på sandlaget [mm]}} \times 100 \% = \frac{3 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} \times 100 \% = 5,0 \text{ [\%]}$$

Prøven inneholder humus i så liten grad at det ikke vil ha nevneverdig effekt på betongen. Slaminnholdet på 5 % er på grensen av det som er ønskelig, men har sannsynligvis liten til ingen effekt på betongblandings vannbehov.

Erstatning med restmasse – R1:



Prøven inneholder ca 55,4 % restmasse i fraksjonene 0 - 0,5 mm og ca 44,6 % sand i fraksjonene 1 – 8 mm i samme fordeling som en kan se i tabell 9 for sand i punkt 5.2.2. Slamsjiktet ble målt til 1,5 mm og resten av tilslaget ble målt til 65 mm.

Beregning av slaminnhold:

$$\frac{\text{Høyde på slamlag [mm]}}{\text{Høyde på sandlaget [mm]}} \times 100 \% = \frac{1,5 \text{ mm}}{65 \text{ mm}} \times 100 \% = 2,3 \text{ [\%]}$$

Prøven inneholder humus i så liten grad at det ikke vil ha nevneverdig effekt på betongen. Slaminnholdet er på ca 2,3 % som er et gunstig innhold siden det ikke er for lite eller for mye slam. Slammet vil da hjelpe å fylle ut porene i betongblandingen og gjør betongen tettere og smidigere [14].

Optimalisering med fraksjonsprang – R2



Prøven inneholder ca 73,3 % restmasse i fraksjonene 0 - 0,5 mm og ca 26,7 % sand i fraksjonene 2 – 8 mm i samme fordeling som en kan se senere i tabell 20 i punkt 5.2.7 Slamsjiktet ble målt til 1 mm og resten av tilslaget ble målt til 67 mm.

Beregning av slaminnhold:

$$\frac{\text{Høyde på slamlag [mm]}}{\text{Høyde på sandlaget [mm]}} \times 100 \% = \frac{1 \text{ mm}}{67 \text{ mm}} \times 100 \% = 1,49 \% \approx 1,5 \%$$

Prøven inneholder humus i så liten grad at det ikke vil ha nevneverdig effekt på betongen. Slaminnholdet er på ca 1,5 % vil ikke ha noen effekt på betongen sitt vannbehov, og samtidig vil fylle ut porene i betongblandingen, men i en mindre grad enn prøve R1.

Prøve med kun restmasse

Prøven inneholder restmasse i fraksjonene 0 - 0,5 mm. Slamsjiktet ble målt til 1 mm og hele tilslaget ble målt til 78 mm.



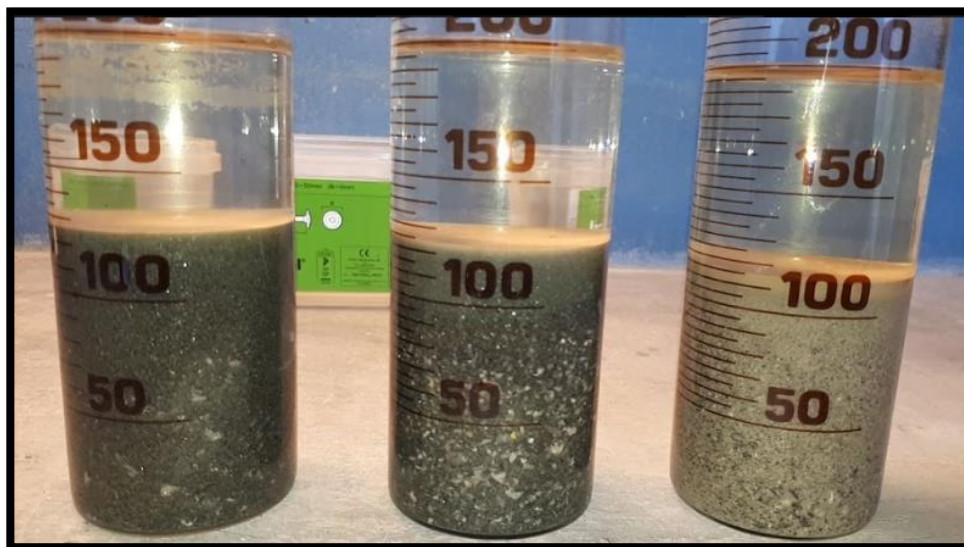
Beregning:

$$\frac{\text{Høyde på slamlag [mm]}}{\text{Høyde på sandlaget [mm]}} \times 100 \% = \frac{1 \text{ mm}}{78 \text{ mm}} \times 100 \% = 1,28 \% \approx 1,3 \%$$

Kommentar:

Prøven inneholder humus i så liten grad at det ikke vil ha nevneverdig effekt på betongen. Slaminholdet er på ca 1,3 % som er ca 74% mindre slam i forhold til kontrollprøven.

$$\frac{1,3 \%}{5 \%} \times 100 \% = 26 \% \rightarrow (100 - 26) \% = 74 \%$$



Prøving av vannabsorpsjon

Terning R1.6: $(2510,3 - 2400,0)g = 110,3 g$ masseøkning

$$\frac{110,3 g}{2400,0 g} \times 100\% = 4,59\% \approx 4,6\% \text{ Absorpsjon}$$

R2:

Terning R2.4: $(2539,8 - 2427,3)g = 112,5 g$ masseøkning

$$\frac{112,5 g}{2427,3 g} \times 100\% = 4,63\% \approx 4,6\% \text{ Absorpsjon}$$

Terning R2.5 $(2530,4 - 2417,6)g = 112,8 g$ masseøkning

$$\frac{112,8 g}{2417,6 g} \times 100\% = 4,66\% \approx 4,7\% \text{ Absorpsjon}$$

Avisartikler

NRK Nyheter Sport Kultur Humor Distrikt Mer Logg inn Søk

Vestland Snakk med oss Vestlandsrevyen P1 SF P1 H

Kan ha funne løysing på problemet med fjorddeponering

FØRDE (NRK): Gruveavfall som blir gjort om til betong kan vere løysinga på betent fjorddeponi-konflikt.



Emily Louisa Millan Eide
Journalist

Publisert 24. apr. kl. 06:02
Oppdatert 27. apr. kl. 13:03

FORSKAR PÅ BETONG: Studenten Kjartan Flekke Øen måler nøysamt opp eklogitt på laboratoriet ved Førde sementvare.
FOTO: EMILY LOUISA MILLAN EIDE / NRK

Link til artikkel:

<https://www.nrk.no/vestland/studentar-kan-ha-funne-loysing-pa-problemet-med-fjorddeponering-1.14990810>



Link til artikkel:

<https://www.firda.no/forde-student-fekk-lys-id-testar-ut-om-gruveavfall-kan-brukast-i-betong/s/5-15-987165?access=granted&access=granted>

(Krever abonnement)

Gruveavfall kan bli betong i stedet for å dumpes i sjøen



Link til artikkel:

<https://www.sva.no/2020/nyheter/gruveavfall-kan-bli-betong-i-stedet-for-a-dumpes-i-sjoen/>

(Krever abonnement)

Motivasjonstale

Mitt fulle navn er George Sudi Ishimwe og jeg er 25 år gammel.

Jeg har lenge spurt meg selv «hva er egentlig hensikten med en utdanning?». Særlig i vår digitaliserte verden der en kan finne alt en lur på med et tastetrykk. Hva er så hensikten med en utdanning utover håpet om en trygg jobb og god lønn?

Når jeg først flyttet til Førde for å studere visste jeg egentlig ikke hva jeg gikk inn for. Det var egentlig ikke noe jeg hadde drømt om, men heller noe jeg ble presset til av foreldre og venner. Presset om å ta en utdanning er ikke et ukjent fenomen i dagens samfunn. Alt jeg tenkte på og hadde gledet meg til, var å flytte ut, feste og drikke. Tenkte egentlig ikke på utdanningen og skole. Jeg hadde heller aldri vært spesielt interessert i kunnskap og jobb. Jeg trodde i tillegg at det som definerer en god student var toppkarakterer og for å oppnå dette, må man i utgangspunkt være smart.

Utdanning for meg startet med dårlig innstilling, litte innsatts, null motivasjon som igjen resulterte i å stryke 4 av 5 fag første året og i tillegg mistet rettighet på stipend.

Med foreldre som flyktet fra et land i krig, uro og korrupsjon, forlot alt de kjente, alt de hadde bygget, i håp om et bedre liv. Et liv de ofret alt for, slik at jeg kunne få det livet, og nå skulle jeg bare kaste det bort. Klar til å bruke den utslitte unnskyldningen «utdanning er ikke for alle».

Jeg takker mine foreldre for at de fortsatte å motivere den utakknemlige gutten og presset han til og prøve igjen og begynne på nytt med en ny innstilling.

Så spoler vi frem til per dags dato, Corona tiden, mai 2020 en tid ingen kommer til å glemme, som bringer oss tilbake til spørsmålet «hva er hensikten med en utdanning?»

Nå som jeg straks er i mål har jeg endelig forstått spørsmålet jeg stilte meg selv var feil. Det riktige spørsmålet er «hva er utdanning for meg?»

Utdanning for meg handler ikke om topp karakterer! og jeg forstår nå at det ikke er karakterene som definerer hvem du er, heller ikke hvor du har gått på skole, det handler heller ikke om hva som er viktigst for mine foreldre eller de rundt meg.

En utdanning for meg har vært en utvikling fra en gutt til en ung mann, en utdanning for meg handler om oppfatningen av hvordan vår verden og hvordan vårt samfunn henger sammen, følelsen av mestre, tanken om å lære for å lære andre, og ideen om å alltid strekke seg for å være et bedre menneske.

Byggingeniør linjen på HVL campus Førde har ikke bare lært meg om betongteknologi, BIM modeller, avansert matematikk, bygningskonstruksjoner, materiallære, plan- og bygningsloven, drift og vedlikehold, entrepriser og fysikk. Men noe langt viktigere!

«At alt kan læres med riktig innstilling» og det aller viktigste, motivasjon.

Jeg vil avslutte denne talen med å takke HVL for en fantastisk utdanning, en fin tid, gode lærere, fantastiske medstudenter og at dere har motivert meg til å tørre å stå på egne bein, og nå, ta steget videre.

Mitt navn er Kjartan Flekke Øen og jeg er 29 år.

Som en fagutdannet tømrer som jobber i et byggefirma jeg trives godt i, hadde jeg som ønske å øke kompetansen min og gjøre meg selv til en verdifull ressurs for firmaet.

Jeg hadde interesse for å ta ingeniørutdanning, men jeg var samtidig usikker på om jeg som bare er en tømrer uten realfagsutdanning kunne klare en slik utfordring.

Å ta ingeniørutdanning krever mye arbeid og pågangsmot, er kognitivt utfordrende og krever mye motivasjon.

Det er sikkert mange yrkesfaglige utdannede personer i samfunnet vårt som har hatt samme synspunkt som meg. Et ønske om å kunne få mer kompetanse, men å tenke at en ingeniørutdanning er kun for personer med akademisk talent.

Jeg fikk en stor overraskelse over hvor mye den yrkesfaglige utdanningen jeg har hatt sammen med fagbrev ville hjelpe meg i denne utdanningen. I flere av utfordringene følte jeg meg godt rustet, og kunne relatere mye av fagstoffet til min erfaring fra arbeidslivet.

Mye av motivasjonen for å mestre de ulike fagene kommer fra fagene selv. «Men hvordan kan det ha seg?» tenker nok flere når de leser dette og tenker tilbake på sin egen skolegang. Det er nemlig det som kommer sammen med alle utfordringene, Mestring.

Hver gang et vanskelig problem løses vil en føle mestring, og en vil ta på seg neste oppgave eller utfordring fordi en vet at den gode følelsen av å mestre noe vanskelig vil komme hver gang.

Jeg ønsker nå å inspirere andre som kunne tenke seg å ta en slik utdanning, spesielt de som tenkte det samme som meg. Og tar man meg seg den riktige innstillingen, og evnen til å ikke gi opp, vil man alltid komme lenger enn man tror.



Høgskulen på Vestlandet

Bacheloroppgåve

HO2-300

Predefinert informasjon

Startdato:	14-05-2020 15:00	Termin:	2020 VÅR
Sluttdato:	25-05-2020 14:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Bacheloroppgåve		
SIS-kode:	203 HO2-300 1 O 2020 VÅR		
Intern sensor:	Suein-Rune Kleppe		

Deltaker

Navn:	Kjartan Flekke Øen
Kandidatnr.:	329
HVL-id:	570898@hvl.no

Informasjon fra deltaker

Antall ord *:	25253	Inneholder besvarelsen konfidensielt materiale?:	Nei	Jeg bekrefter at jeg har registrert oppgavetittelen på norsk og engelsk i StudentWeb og vet at denne vil stå på vitnemålet mitt *:	Ja
Egenerklæring *:	Ja				

Gruppe

Gruppenavn:	Gruveaufall, et produkt for byggneringen.
Gruppenummer:	5
Andre medlemmer i gruppen:	George Sudi Ishimwe

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min *

Ja

Er bacheloroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? *

Nei

Er bacheloroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? *

Nei