



DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

BACHELOROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Byggingeniør med studieretning konstruksjonsteknikk	Vårsemesteret, 2021 Åpen / Konfidensiell
Forfatter: Eirik Århaug, Tollaak Johannes Dymbe, Espen Hamnes Paulsen	
Fagansvarlig: Kjell Tore Fosså Veileder: Kjell Tore Fosså	
Tittel på bacheloroppgaven: Glidestøping med miljøbetong Engelsk tittel: Slipforming of environmental-friendly concrete	
Studiepoeng: 20	
Emneord: Miljøbetong Tilsetningsmaterialer Pozzolane bindemidler Glidestøp Friksjon Poretrykk	Sidetall: 84 + vedlegg/annet: 97 Stavanger, 15. mai 2021

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet våren 2021 som avsluttende del av et treårig bachelorstudie i byggingeniør med studieretning konstruksjonsteknikk ved Universitet i Stavanger.

Vi ønsker å takke vår veileder Kjell Tore Fosså for faglig veiledning og hjelp til valg av tema for oppgaven. Hans innsikt og doktoravhandling om glidestøping har vært av stor nytte for oppgaven.

Vi vil også takke Jarle Berge for hans hjelp og veiledning under laboratoriearbeidene.

I tillegg ønsker vi å takke Tomas Lea i Sandnes & Jærbetong AS som har vært behjelpelige med å utarbeide EPDer for de betongreseptene vi har gjort forsøk med.

Sammendrag

Betong er et byggemateriale som er forbundet med betydelige klimagassutslipp. Opp mot 8 % av verdens CO₂-utslipp skyldes betongproduksjon. Økt fokus på bruk av miljøvennlige byggematerialer har ført til økt etterspørsel etter miljøvennlig betong – betong med lave CO₂-utslipp. I tradisjonell betong består bindemiddelet av portlandsement som gir store CO₂-utslipp ved produksjonen. Mange typer miljøbetong erstatter deler av portlandsementen med andre tilsetningsmaterialer som har pozzolane eller hydrauliske bindemiddelegenskaper. Eksempler på dette er industrielle biprodukter som flygeaske, silikastøv og slagg, da disse tilsetningsmaterialene medfører mindre klimagassutslipp enn portlandsement.

Glidestøp er produksjonsmetode for betongkonstruksjoner som har vært brukt i flere tiår, og som typisk benyttes for høye konstruksjoner med enklere geometri. Metoden er en kontinuerlig prosess der forskalingsformen blir løftet langs konstruksjonen av hydrauliske jekker med jevne tids mellomrom. Resultatet er en sammenhengende konstruksjon uten skjøter. Ved glidestøp er det friksjon mellom forskalingen og betongen, og for hvert løft blir betongen utsatt for en løftebelastning. Til å beskrive løftebelastningen på betongen kan den generelle friksjonslov og Terzaghis prinsipp benyttes. Her utgjør poretrykket i betongen en sentral parameter. Lave løftebelastninger er viktig for å redusere risikoen for overflateskader som videre kan føre til redusert bestandighet for konstruksjonen.

Denne oppgaven skal undersøke effekten av tilsetningsmaterialer i betong ved glidestøping. Oppgaven er delt i to hoveddeler: en litteraturdel og en praktisk forsøksdel.

Litteraturdelen er delt mellom miljøbetong og glidestøping. Litteraturdelen for miljøbetong vil særlig fokusere på bruken av tilsetningsmaterialer.

For forsøksdelen testes det seks forskjellige betongresepter med ulike andeler og typer tilsetningsmaterialer i det effektive bindemiddelet. Én betongresept med 6% silikastøv, tre med flygeaske (15 %, 35 % og 50 %), og to med slagg (30 % og 70 %).

Det ble utarbeidet EPDer for de testede betongreseptene. Disse viste at ved høyere andel tilsetningsmaterialer, jo lavere ble CO₂-utslippene ved produksjonen av betongen. Særlig resepten med 70 % slagg hadde lavt CO₂-utslipp.

For å teste tilsetningsmaterialenes effekt ved glidestøping benyttes Universitet i Stavangers gliderigg. Glideriggen registrerer relevante data ved vertikal glidestøping. Resultatdataene plottes i grafer og resultatene av forsøkene drøftes avslutningsvis i oppgaven.

Resultatene tyder på at økt andel av tilsetningsmaterialer fører til redusert temperaturutvikling og en langsommere hydratiseringsprosess. Dette fører til lengre avbindingstid, som forutsetter saktere glidehastigheter.

De fleste reseptene hadde sammenlignbar maksimal løftebelastning, men reseptene med 50 % flygeaske og 30 % slagg skilte seg ut med de laveste løftebelastningene.

Det ble ikke observert overflateskader på betongelementene til noen av de glidestøpte prøvene.

Abstract

Concrete is a building material which production contributes considerable greenhouse gas-emissions. As much as 8 % of the worlds CO₂-emissions can be contributed to concrete production. The recent focus on the use of environmental-friendly building materials has resulted in a increased demand for environmental-friendly concrete – concrete with low CO₂-emissions. In traditional concrete the binder consists of Portland cement, which production contributes to large CO₂-emissions. Many types of environmental-friendly concrete replace parts of the Portland cement with supplementary cementitious materials with pozzolanic or hydraulic properties. Examples of such additives are industrial biproducts such as fly ash, silica fume and slag, as such supplementary cementitious materials results in a lower CO₂-emissions than Portland cement.

Slip forming is a production method for concrete structures that has been practiced for several decades, and which is typically used for tall structures with less complex geometry. The method is a continuous process where the formwork is lifted by hydraulic jacks with even time spacings along the structure. The result is a contiguous structure without joints. During slip forming there is friction between the formwork and the concrete, and for each lift the concrete is subjected to a lifting stress. To describe the lifting stress subjected upon the concrete, the general friction law and Terzaghis principle can be applied. The pore pressure of the concrete is a major parameter. Low lifting stress is desirable to reduce the risk of surface damages to the concrete, which can in turn result in reduced durability of the structure.

This paper will examine the effect of supplementary cementitious materials in concrete used for slip forming. The paper is divided in two main sections: A literature review and an experimental section.

The focus of the literature review is two parted: environmental-friendly concrete and slip forming. The literature review examining environmental-friendly concrete will in particular focus on the use of additives.

For the laboratory experiments there will be tested six different concrete mixes with types and shares of supplementary cementitious materials. There were tested one sample with silica fume (6 %), three with fly ash (15 %, 35 % and 50 %) and two with slag (30 % and 70 %).

EPDs were made for each of the tested concrete mixes. The EPDs showed that higher shares of supplementary cementitious materials results in lower CO₂-emissions for the production of the concrete. The concrete mix containing 70 % slag had the lowest CO₂-emissions.

To test the effect of the supplementary cementitious materials during slip forming, the slip forming rig at the University of Stavanger was used. The slip forming rig collects relevant data during the vertical slip forming process. The data is plotted in graphs and the results is discussed in the latter part of the paper.

The results indicates that higher shares of supplementary cementitious materials contributes to lower temperatures in the concrete during the hydration process This does in turn result in longer setting times, which premise slower slip forming rates.

For most of the concrete mixes the registered max lifting stress were comparable, but the mixes containing 50 % fly ash and 30 % slag had the lowest max lifting stresses.

No surface damages were observed for any of the slip formed samples.

Innhold

Forord	iii
Sammendrag	iv
Abstract	v
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Mål for oppgaven	1
1.3 Oppgavens oppbygning og avgrensninger	2
2. Litteratur	3
2.1 Miljøbetong	3
2.1.1 Klima og miljø	3
2.1.2 Globalt oppvarmingspotensial (GWP) og CO ₂ -ekvivalenter	4
2.1.3 Miljødeklarasjoner (EPD)	4
2.1.4 Portlandsement	6
2.1.5 Betong og klima	9
2.1.6 Pozzolanreaksjoner	11
2.1.7 Tilsetningsmaterialer	11
2.1.8 Bruksbetingelser for tilsetningsmaterialer etter NS-EN 206+NA	21
2.1.9 Andre former for miljøbetong	26
2.2 Glidestøp	27
2.2.1 Innledning	27
2.2.2 Fordeler med glidestøp	28
2.2.3 Glideforskalingen	28
2.2.4 Utførelse av glidestøp	29
2.2.5 Friksjon	30
2.2.6 Poretrykk	32
2.2.7 Glidehastighet	35
2.2.8 Overflateskader ved glidestøp	36
3. Metoder	39
3.1 Synkutbredelsesmål	39
3.2 Luftinnhold	40
3.3 Densitet av fersk betong	41
3.4 Støping og herding av prøvelegemer	42
3.5 Trykkfasthet av prøvelegemer	43

4. Gliderigg	44
4.1 Beskrivelse av gliderigg	44
4.1.1 Betongbeholder	45
4.1.2 Glidepanel	46
4.1.3 Løftekraftsensor	46
4.1.4 Normalkraftsensor	47
4.1.5 Temperatursensor	48
4.1.6 Poretrykkssensor	48
4.2 Utførelse av glidestøp	49
5. Prøveprogram	50
5.1 Materialer	50
5.1.1 Sementer	50
5.1.2 Tilsetningsstoff	53
5.1.3 Tilsetningsmaterialer	54
5.1.4 Tilslag	55
5.2 Betongresepter	56
5.2.1 Betongreseptene	57
5.2.2 Klimagassutslipp for betongreseptene	58
5.3 Blanding av betong	59
6. Resultater og diskusjon	61
6.1 Resultater av betongtester	61
6.1.1 Synkutbredelsesmål	61
6.1.2 Luftinnhold	63
6.1.3 Densitet	63
6.1.4 Trykkfasthet	64
6.1.5 Temperatur	67
6.2 Glidestøp	68
6.2.1 Løftebelastning	68
6.2.2 Statisk løftebelastning	73
6.2.3 Poretrykk	75
6.2.4 Effektivtrykk	76
6.2.5 Statisk løftebelastning og effektivtrykk	76
6.2.6 Overflater	78
6.3 Feilkilder	81
7. Konklusjon	84

8. Litteraturliste.....	85
9. Vedlegg.....	90

Figurer

Figur 1: Glidestøp ved byggingen av nye Stavanger Universitetssykehus [1]	1
Figur 2: Tidligfase temperaturutvikling i betong [26]	8
Figur 3: Mikrografi av sement-, flygeaske-, slagg- og silikastøvpartikler [32].....	12
Figur 4: Tabell NA.9 i NS-EN 206:2013 – k-verdi ved innblanding av flygeaske, avhengig av sementtype og bestandighetsklasse.....	24
Figur 5: Tabell NA.9 – k-verdi ved innblanding av flygeaske, avhengig av sementtype og bestandighetsklasse	25
Figur 6: Tabell NA.10 – k-verdi ved innblanding av silikastøv avhengig av sementtype og bestandighetsklasse	25
Figur 7: Tabell NA.11 – k-verdi ved innblanding av slagg, avhengig av sementtype og bestandighetsklasse	25
Figur 8: Snitt av en glideforskaling	29
Figur 9: Glidestøping av en LNG-tank [45]	30
Figur 10: Terzaghis prinsipp [48]	32
Figur 11: Endring i betongens poretrykk [40]	34
Figur 12: Illustrasjon av synkutbredelsesmål	39
Figur 13 a/b: Luftprøvingsapparat og illustrasjon over luftprøvingsapparat	41
Figur 14: Støpte prøvelegemer for resept B.....	42
Figur 15: Gliderigg sett forfra.....	44
Figur 16: Illustrasjon av tverrsnitt av gliderigg fra siden	45
Figur 17: Betongbeholder	46
Figur 18: Løftekraftsensor	47
Figur 19 a/b: Plassering av normalkraftsensor på bakside av glidepanel. Normalkraftsensor sett fra siden.	47
Figur 20 a/b: Poretrykksmåler med påmontert nål. Holder for poretrykksmåler i betongbeholder.....	48
Figur 21: Graderingskurve for tilslaget benyttet i reseptene	56
Figur 22: Betongblander	60
Figur 23: Prøveterninger med mangelfull komprimering.....	62
Figur 24: Diagram over styrkeutviklingen til de testede betongreseptene	65
Figur 25: Diagram over f_{cm} av to prøvelegemer etter 28 døgn	66
Figur 26: Temperaturen til betongen plottet mot posisjonen til glidepanelet. I tillegg vises tiden etter tilsetning av vann (± 15 min)	67
Figur 27: Eksempel på hvordan løftebelastningen opptrer. Fra FA15.....	69
Figur 28: Løftebelastning for SF6.....	70
Figur 29: Løftebelastning og normaltrykk for FA15	70
Figur 30: Løftebelastning og normaltrykk for FA35	71
Figur 31: Løftebelastning og normaltrykk for FA50	71
Figur 32: Løftebelastning og normaltrykk for BS30	72
Figur 33: Løftebelastning og normaltrykk for BS70	72
Figur 34: Netto statisk løftebelastning plottet mot posisjonen til glidepanelet	74
Figur 35: Maks statiske løftebelastning etter resept	74
Figur 36: Poretrykket i betongen plottet mot posisjonen til glidepanelet. I tillegg vises tiden etter tilsetning av vann (± 15 min).....	75

Figur 37: Effektivtrykket på glidepanelet plottet mot posisjonen til glidepanelet.....	76
Figur 38: Statisk løftebelastning og effektivtrykk for FA35 i posisjonsintervallet [10mm, 340mm]	77
Figur 39: Statisk løftebelastning og effektivtrykk for BS70 i posisjonsintervallet [10mm, 320mm]	77
Figur 40: Overflate av betongelement SF6	78
Figur 41: Overflate av betongelement FA15	79
Figur 42: Overflate av betongelement FA35	79
Figur 43: Overflate av betongelement FA50	80
Figur 44: Overflate av betongelement BS30	80
Figur 45: Overflate av betongelement BS70	81
Figur 46: Tilslagspartikler skilt mellom betongbeholder og glidepanel	82
Figur 47: Groing på glidepanel etter fullført glidestøp	83

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Denne oppgaven omhandler bruken av miljøbetong ved glidestøping.

Glidestøping er en konstruksjonsteknikk som tillater støping av større betongkonstruksjoner uten skjøter. Det er en teknikk som har vært praktisert i flere tiår. Glidestøping blir typisk brukt ved utføring av høye vertikale konstruksjoner, som offshoreinstallasjoner, siloer, brotårn og sjakter. Vertikal glidestøping gjennomføres normalt ved at forskalingsformen med jevne tidsmellomrom løftes av hydrauliske jekker opp langs konstruksjonen.

Miljøbetong er et begrep med et udefinert innhold. Generelt kan det antas at begrepet dekker en rekke former for betong som har miljøvennlig profil. For denne oppgaven vil det fokuseres på betong som inneholder andeler av tilsetningsmaterialer. Tilsetningsmaterialene erstatter deler av sementen i betongen og bidrar til lavere CO₂-avtrykk ved betongproduksjon.



Figur 1: Glidestøp ved byggingen av nye Stavanger Universitetssykehus [1]

1.2 Mål for oppgaven

Målet for denne oppgaven er å undersøke egnetheten av ulike tilsetningsmaterialer ved vertikal glidestøping, og i hvor stor grad tilsetningsmaterialene påvirker klimagassutslippet til betongen.

1.3 Oppgavens oppbygning og avgrensninger

Oppgaven tar sikte på å belyse egenskapene til miljøbetong ved glidestøping. Oppgaven er inndelt i en teoridel og en praktisk del. Teoridelen behandler miljøbetong og glidestøping separat.

Oppgaven er begrenset til å omhandle vertikal glidestøping, og forsøkene som er utført tar sikte på å belyse bruken av miljøbetong ved glidestøping av vertikale betongkonstruksjoner.

Som følge av stort påtrykk ved UiS' betonglaboratorium har mengden av praktiske forsøk måtte tilpasses kapasiteten som har vært til rådighet. For denne oppgaven er det gjort forsøk for seks forskjellige betongresepter, hvert forsøk utført én gang.

2. Litteratur

2.1 Miljøbetong

2.1.1 Klima og miljø

I de siste tiår har menneskeskapt klimaendringer vært svært fremtredende i den offentlige bevisstheten. I følge FN har temperaturene økt med 1,1°C siden starten av den industrielle revolusjonen, og trenden er økende. I perioden fra 1990 til 2016 økte klimagassutslippene med 62 %. Dersom utslippene av klimagasser fortsetter på samme vis som i dag, er det estimert at temperaturen kan øke til oppimot 5,9°C over preindustrielle nivåer, innen utgangen av inneværende århundre [2]. Slike temperaturendringer vil føre til alvorlige implikasjoner både for mennesker og økosystemet for øvrig.

Allerede nå ser man konsekvensene av klimaendringene. 2016-2020 er den varmeste femårsperioden som noensinne er registrert, og det forekommer stadig mer ekstremvær [3].

For å bøte på konsekvensene av klimagassutslipp er det igangsatte flere nasjonale og internasjonale tiltak for å redusere klimagassutslippene. Norge forpliktet seg i 2015 gjennom Parisavtalen [4] til å bidra til at temperaturendringen ikke overskrider 2°C, og helst ikke over 1,5°C, av preindustriell temperatur. Dette innebærer blant annet at Norge har forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene med 55 % innen 2030, sammenlignet med utslippsnivået i 1990 [5]. Norge har også en overordnet målsetning om å bli klimanøytralt innen 2050. Det innebærer et kutt i klimagassutslipp på opptil 90 % målt mot 1990-utslipp [6]. Tilsvarende forpliktelser om utslippskutt er inngått av de fleste land i verden.

Klimagassutslipp fra byggindustrien står for en betydelig andel av verdens klimagassutslipp. Byggindustrien står for 36 % av klimagassutslippet og 40 % av energiforbruket i EU [7] og 32 % av klimagassutslippene på verdensbasis [8]. Sementproduksjon står for 7-8 % av verdens klimagassutslipp [9].

Livssyklusanalyser (LCA) viser at en stadig mindre andel av et byggs miljøpåvirkning kan tilskrives byggingen og driftslivet til bygget [10]. Dette gjør at utslippene knyttet til byggematerialene utgjør et stadig større bidrag til byggets totale klimagassutslipp. Derfor er det aktuelt å undersøke hvilke tiltak som kan gjøres for å oppnå kutt.

For å nå klimamålsetningene vil det være av stor betydning å redusere klimagassutslippene fra byggindustrien og sementproduksjon.

2.1.2 Globalt oppvarmingspotensial (GWP) og CO₂-ekvivalenter

Globalt oppvarmingspotensial (*Global Warming Potential* - GWP) er et mål som er utviklet for å sammenligne ulike drivhusgassers påvirkning på oppvarmingen av jordens overflate.

Det finnes en rekke ulike klimagasser. Som for eksempel CO₂, CH₄, N₂O, mv [11]. For å sammenstille den totale klimagasspåvirkningen knyttet til produksjonen, er det derfor vanlig å regne om det globale oppvarmingspotensialet til de forskjellige klimagassene til CO₂-ekvivalenter (forkortet CO₂-ekv.).

En CO₂-ekvivalent tilsvarer det globale oppvarmingspotensialet til en kg CO₂ i over en gitt tidsperiode. Fastsettelsen av tidsperioden er av stor betydning, da ulike klimagasser har ulik levetid i atmosfæren [12]. Vanligvis oppgis GWP-verdier som oppvarmingspotensial til CO₂ over en hundreårsperiode (GWP₁₀₀), i henhold til retningslinjene i Kyotoprotokollen [13].

Klimagassers konsentrasjon i atmosfæren angis i ppm (*parts per million*). I 2019 var konsentrasjonen av CO₂-partikler i atmosfæren 410 ppm, sammenlignet med 280 ppm i preindustriell tid. Det er 35 % høyere CO₂-konsentrasjon enn for noen annen interglasial periode [11, 14].

2.1.3 Miljødeklarasjoner (EPD)

Behovet for objektiv informasjon om miljøprofilen til byggematerialer er viktig for å gi kunnskap som kan bidra til å redusere klimagassutslippene.

ISO (*International Organisation for Standardisation*) har utarbeidet en rekke standarder for utarbeidelsen av miljødeklarasjoner og miljøsertifiseringer, som for eksempel NS-EN-ISO 14040-14044 [15], NS-EN-ISO 14025 [16], ISO 21930 [17], mv.

Behovet for kunnskap om de materialene som benyttes i byggeprosessen har gjort at det er utviklet standardiserte dokumenter som objektivt oppsummerer miljøeffektene av produktet [15]. I tråd med gjeldende standarder skal ulike parametere for miljøeffektene oppgis. Disse tallene publiseres i materialenes miljødeklarasjon - EPD (*Environmental Product Declaration*).

NS-EN-ISO 14025 legger retningslinjene for utarbeidelsen av EPDer i Norge og NS-EN-ISO 21930 utdyper disse retningslinjene ved utformingen av EPDer for byggematerialer.

EPDer inneholder helhetlige vurderinger og livssyklus estimater (LCA) for et produkts miljøpåvirkning fra produksjon til utfasing. Vurderingene skal være objektive med forankring i vitenskapelige metoder. En EPD gjennomgår flere miljøparametere, deriblant produktets GWP-verdier. Andre miljøparametere er for eksempel: syreinnhold (AP-verdi, *Acidification potential of land and water*) og påvirkning på ozonlaget (ODP-verdi, *Depletion potential of the stratospheric ozone layer*).

Et viktig aspekt ved EPDer er at de gir grunnlag for å sammenligne miljøprofilen til produkter innenfor samme produktkategori. Produktkategoriregler (PCR) sikrer at produktene innenfor den samme produktkategorien er underlagt de samme retningslinjene [18] [19], noe som gjør sammenligninger lettere.

EPDer utarbeides enten ved bruk av EPD-kalkulator eller de kan utarbeides av uavhengige tredjeparter. I Norge kan EPDer publiseres offentlig i oversikten til EPD-Norge [20]. EPD-kalkulatorer foretar utregninger på bakgrunn av datamateriale fra publiserte EPDer og generaliserte data fra databaser.

FABEKO (Norsk Fabrikkbetongforening) er en forening for norske betongprodusenter. De har i samarbeid med Østfoldsforskning utviklet en EPD-kalkulator for ferdigbetong, som de fleste norske betongprodusenter har tilgang til [21].

For byggematerialer oppdel EPDen materialenes livsløp i fire hovedfaser. Oversikten gir innsikt i hvilken fase produktet medfører den største miljøpåvirkningen.:

- A: Produksjons- og konstruksjonsfasen
- B: Bruksfasen
- C: Livsløpets slutt
- D: Utenfor systemgrensene (eventuelle relevante verdier som ikke inngår i de andre tre hovedfasene)

Videre deler EPDen produksjons- og konstruksjonsfasen inn i fem underkategorier:

- A1: Utvinning av råmaterialer
- A2: Transport av råmaterialer
- A3: Tilvirkning av produktet
- A4: Transport av produktet til byggeplass
- A5: Konstruksjon

Her er det særlig verdiene knyttet til produksjonen av betong som er av interesse (A1-A3) [22].

I EPDer for sement er det A3 som utgjør det største bidraget til den samlede GWP-verdien, ettersom dette inkluderer den energikrevende produksjonsprosessen for sement.

For en EPD for betong er det A1 som er det største GWP-bidraget, da dette inkluderer klimagassutslippene ved produksjonen av materialene som tilsettes til betongen. Dersom en EPD omhandler importerte sementer vil A4-verdien til sementen være av større, sammenlignet med lokalt produserte sementer.

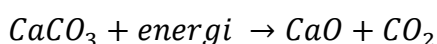
Ved utarbeidelsen av EPD for betong vil man gjerne tilstrebe å benytte materialer som utvinnes og tilvirkes lokalt, for på den måten å redusere klimagassutslipp i forbindelse med transporten av materialene, og dermed oppnå en lavere A2-verdi [23].

2.1.4 Portlandsement

Tradisjonell betong består av vann, sement og tilslag [24]. Tilslaget er sand- og steinmaterialer som brukes for å fylle ut betongen og bidrar til den mekaniske styrken til betongen. Sementen reagerer med vannet og utgjør bindemiddelet i betongen. Det finnes ulike typer sement, men den som har klart mest utbredelse er portlandsement.

Produksjon

Hovedråmaterialet i portlandsement er kalkstein. Kalksteinen utvinnes fra dagbrudd eller gruve. Dette kvernes sammen med mindre mengder bauksitt, gips, jernoksid og kvarts, mm. Deretter males dette ned til finstoff ved hjelp av rømmøller, som danner råmel. Etter nedmalingen går råmelet gjennom sykkloner som forvarmer råmelet til ca. 1000 °C. Råmelet brennes så i en roterovn på temperaturer opp mot ca. 1450 °C. Forbrenningsgassen har en temperatur på ca. 2000 °C. Hovedbestanddelen i kalkstein er CaCO₃, og i prosessen av nedmaling og oppvarming spaltes dette opp til CaO (kalk), og det utskilles CO₂. Denne prosessen kalles kalsinering [22].



CaO sintrer med de andre mineralene og det dannes klinker, som portlandsement i hovedsak består av [22][6]. Klinker har sfærisk form med diameter på ca. 10 mm. Klinker blir så malt ned og blandet i en sementmølle. Sementen kan blandes og males sammen med mindre andeler gips og eventuelt andre mineraler som skal til for å endre egenskapene til sementen. Sementen oppbevares så i siloer før de blir pakket og fraktet [25].

Største parten av utslippene forbundet med sementproduksjon er grunnet produksjonen av klinker. Produksjonen fører til store klimagassutslipp, både ved utskillingen av CO₂ fra CaCO₃, men også ved at det forbrukes store mengder fossile brensler for å varme opp sementovnen.

Portlandsement består i all hovedsak (opp mot 95 %) av fire hovedmineraler [24]. Disse mineralene og fordelingen av dem, er bestemmende for egenskapene til sementen. Under oppgis hovedmineralenes typiske fordeling som vektandel.

Tabell 1

Hovedminerale i klinker

Navn	Symbol	Kjemisk formel	Vektandel
Trikalsiumsilikat	C ₃ S	3CaO·SiO ₂	55-60 %
Dikalsiumsilikat	C ₂ S	2CaO·SiO ₂	14-20 %
Trilasiumaluminat	C ₃ A	3CaO·Al ₂ O ₃	5-10 %
Tetrakalsiumaluminatferritt	C ₄ AF	4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃	5-10 %

Finhet og tetthet til sement angis ved overflate i m² per kg sement, og måles for eksempel med standardisert metode gitt i NS-EN 196-6 med et Blaine-apparat. Ved hjelp av at luft blåses gjennom et rør med en viss mengde sement, finner man ut av densitet etter luftmotstanden som registreres [25]. Portlandsement har typisk finhet på 300-500 m²/kg [24].

I NS-EN 197-1 oppstilles det de krav, sammensetninger og samsvarskriterier som følger for de ordinære sementtypene. Det følger av denne standarden at det er en sementklassifisering for rene portlandsementer, dvs. sementer som inneholder hovedsakelig klinker.

- CEM I: 95 til 100 % klinkerinnhold

Egenskaper i fersk betong

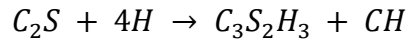
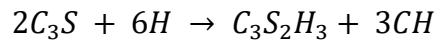
Sementpastaen er blandingen av vann og sement, som utgjør bindemiddelet i betongen [24]. Forholdet mellom vann og sement kalles for v/c-tallet. Dette forholdet har betydning for egenskapene til betongen, deriblant styrke og bestandighet til den herdede betongen, og konsistensen til den ferske betongen. Konsistensen er bestemmende for støpeligheten til betongen, og kan måles ved synkmål, synkutbredelsesmål, osv. [24]. Også tilsetningsstoffer, som superplastiserende stoffer kan påvirke betongens konsistens.

Hydratisering og styrkeutvikling

Portlandsement er et hydraulisk bindemiddel. Når sementen reagerer med vann gir det en eksotermisk reaksjon som gir et fast reaksjonsprodukt. Denne prosessen kalles hydratisering. Ettersom det er en eksotermisk reaksjon vil temperaturen i betongen stige under hydratiseringen [25].

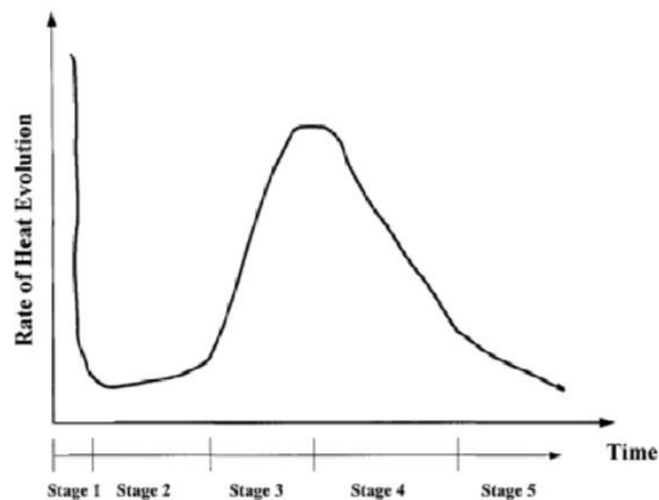
De fire klinkermineralene i tabellen over har ulike bidrag ved hydratiseringsprosessen. Mineralene hydratiserer og skaper forbindelser av kalsium, silisium og hydroksid. Slike forbindelser kalles C-S-H-forbindelser. Ca. 70 % av vekten til den ferdig hydratiserte sementpastaen består av C-S-H-gel, som er det som i all hovedsak gir betongen styrke og bestandighet [18]. Sementpastaen består også av kalsiumhydroksid (CH).

Reaksjonene mellom vann og trikalsiumsilikat og dikalsiumsilikat illustrere reaksjonene ved hydratiseringen som skaper C-S-H-forbindelsene og CH [26]:



Kjemisk sammensetning, malingsgrad og herdetemperatur er med på å bestemme hydratiseringshastigheten til sementen. Finere malingsgrad øker overflatearealet av sementen som reager med vann, og gjør at reaksjonshastigheten øker. Dette gjør også at styrken til betongen utvikles raskere. Høyere herdetemperatur gir også høyere tidlig styrkeoppbygging [24].

Under reaksjon med vann dannes det alkalihydroksider som gir betongen opptil 14 i pH-verdi. Kalsiumhydroksid bidrar til å gjøre betongblandingen svært basisk, og høy pH medvirker til at det skapes et beskyttende oksidlag som reduserer faren for korrosjon på armeringen. Under induksjonsperioden er det økning i Ca^{2+} -ioner og OH^- -ioner, som gjør at hydratiseringen bremses fram mot metning av kalsium. Etter noen timer akselereres hydratiseringen igjen og det oppnås et kjemisk nettverk som fører til størkningen av blandingen. Her blir bindemidlene stabile og betongen kan brukes, men er fortsatt ikke på sitt sterkeste. Etter at betongen er avbundet bør det foretas herdetiltak av betongen for å øke betongen styrke og bestandighet.



Figur 2: Tidligfase temperaturutvikling i betong [27]

Figuren over viser temperaturutviklingen i betong. Rett etter at vannet er tilsatt og kommer i kontakt med sementen vil temperaturen i betongen være høy, *stage 1*. Siden faller den og er lav gjennom *stage 2*.

Ved *stage 3* begynner hydratiseringsaktiviteten å akselerere, og det begynner å dannes C-S-H-gel. For portlandsement begynner denne prosessen vanligvis 2-5 timer etter at vannet er tilsatt i betongblandingen. Hydratiseringsperioden til portlandsement synker hvis

temperaturen stiger, men hvis den overstiger ca. 30 °C kan man se en motsatt effekt, ved lav temperatur er hydratiseringen tregere [28]. Temperaturen stiger gjennom hele *stage 3*.

Dette etterfølges av *stage 4*, hvor uhydratiserte sementpartiklene dekkes av et stadig tykkere lag av hydratiseringsprodukter. Dette gjør at stadig færre sementpartikler blir tilgjengelige for å reagere og danne C-S-H-gel. Følgelig avtar hydratiseringen og temperaturen i betongen synker. I løpet av *stage 3* og *4* størkner betongen og den blir fast.

Ved *stage 5* er sementpartiklene dekket av hydratiseringsprodukter og hydreringstakten avtar. Dette medfører at også temperaturen synker. Også etter *stage 5* hydratiserer betongen noe og bindemiddelstrukturen blir stadig tettere og sterkere. Gjennom *stage 5* synker temperaturen til omgivelsestemperaturen.

Bestandighet

NS-EN 206 stiller minstekrav til sementinnhold og makskrav for v/c- tallet til ulike bestandighetsklasser, avhengig av sementtype [25]. Viktige bestandighetsegenskaper for betong er motstand mot karbonatisering, armeringskorrosjon, alkalireaksjoner, sulfatangrep eller andre aggressive stoffer, utvasking, syreangrep, frostnedbryting og permeabilitet.

2.1.5 Betong og klima

Betong er med unntak av vann det mest brukte materialet i verden. Det er årlige betongforbruket tilsvarer 3 m³ betong per person på verdensbasis. Betong har en rekke egenskaper som gjør det et anvendelig materiale. Betong har høy styrke, god bestandighet, har god motstand mot vann og ild, kan støpes til ønsket form, er lett tilgjengelig og forholdsvis billig. Betongens egenskaper og anvendelighet gjør at det har mange bruksområder og vanskelig kan substitueres av andre materialer [29].

Sementen bidrar til ca. 90 % av det totale klimagassutslippet ved betongproduksjonen [30]. I Norge kan man anta at ett tonn tradisjonell portlandsement tilsvarer klimagassutslipp på 750 kg CO₂-ekvivalenter [22]. Den nest største utslippsposten er tilslaget, hvor utslippene i hovedsak kommer fra energiforbruk ved knusing og omdanning av berg til tilslag og transport. Tilslag av knust berg gir derfor høyere klimagassutslipp enn naturlig tilslag.

Det har vært fokus på å redusere klimagassutslippene knyttet til sement- og betongproduksjon i lengre tid. Siden 1980-tallet har betongindustrien hatt fokus på å redusere miljøavtrykket ved bruk av betong [22].

Miljøbetong er en samlebetegnelse for betonger der man har foretatt ulike tiltak for å senke betongens klimagassutslipp. Det finnes mange måter å oppnå lavere klimagassutslipp på, men en av de mest utbredte er bruken av tilsetningsmaterialer. Tilsetningsmaterialer har bindemiddelegenskaper tilsvarende de som sement har, og de har lavere klimagassutslipp forbundet ved produksjonen. Ved bruk av tilsetningsmaterialer i betong, vil sementandelen kunne reduseres og derfor også det totale klimagassutslippet til betongen [31].

2.1.5.1 Lavkarbonbetong

Stadig miljøfokus i byggeprosjekter gjør at det ofte stilles krav til miljøprofilen til betongen som benyttes. En måte å tallfeste dette på er ved bruk av lavkarbonbetong. Begrepet har ikke et entydig definert og kan tolkes ulikt. Norsk Betongforening har publisert et referansedokument for lavkarbonbetong [22].

Ifølge betongforeningens dokument omfatter lavkarbonbetong betong som det er foretatt klimagassreducerende tiltak og som tilfredsstiller kravene til predefinerte klassifiseringer.

Dersom en betong skal kunne klassifiseres som lavkarbonbetong fordres det at reglene i NS-EN 206+NA er etterlevd. I betongforeningens dokument defineres klassifiseringene av lavkarbonbetong [22]:

- **Lavkarbon B** – kan vanligvis oppnås med ordinære resepttekniske tiltak.
- **Lavkarbon A** – krever ofte bruk av spesielle resepttekniske tiltak.
- **Lavkarbon Pluss og Lavkarbon Ekstrem** – krever bruk av spesielle bindemiddelsammensetninger som ikke kan forventes å være allment tilgjengelige, ei heller godkjent for bruk i alle bestandighetsklasser.

Lavkarbonklassene setter krav til både betongens GWP-verdi og betongens fasthet [32]. Klimagassutslippet måles per m³ betong og dekker alle utslipp knyttet til produksjonen av betongen. Ved klassifisering av lavkarbonbetong tas det utgangspunkt i GWP-verdien i betongens EPD del A1-A3.

Tabell 2

Lavkarbonklasser med grenseverdier for klimagassutslipp [22]

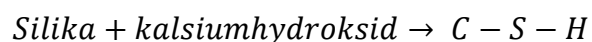
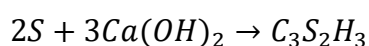
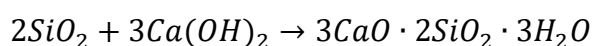
Fasthetsklasse og lavkarbonklasse	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]							
Bransjereferanse	240	260	280	330	360	370	380
Lavkarbon B	190	210	230	280	290	300	310
Lavkarbon A	170	180	200	210	220	230	240
Lavkarbon Pluss			150	160	170	180	190
Lavkarbon Ekstrem			110	120	130	140	150

Tallene for bransjereferansene, er basert på gjennomsnittsverdien av EPDer for vanlig betong fra forskjellige produsenter, uten krav til lavkarbonklassifisering.

Ved valg av hvilken lavkarbonklasse som skal benyttes for et gitt prosjekt, må det tas utgangspunkt i hvilke forutsetninger som foreligger for prosjektet. Det være seg: krav til eksponerings- bestandighet- og fasthetsklasse, tilgjengelighet på bindemidler, kvaliteten til lokalt produsert tilslag, transportavstander, kompetansen til betongleverandøren, osv. [22].

2.1.6 Pozzolanreaksjoner

Pozzolane tilsetningsmaterialer blir tilsatt portlandsement som et substitutt for en del av sementen. Pozzolaner er materialer som i kontakt med vann og kalsiumhydroksid skaper etter produkt med tilsvarende bindingsegenskaper som sement. Pozzolaner har ikke hydrauliske bindemiddelegenskaper i seg selv, men i kontakt med kalsiumhydroksid under hydratiseringsprosessen av portlandsement vil pozzolanene danne tilsvarende reaksjonsprodukter som sement. Renhet og partikkelstørrelse til pozzolanet vil påvirke reaksjonshastighet og graden av påvirkning. Dette kalles pozzolanreaksjoner [25].



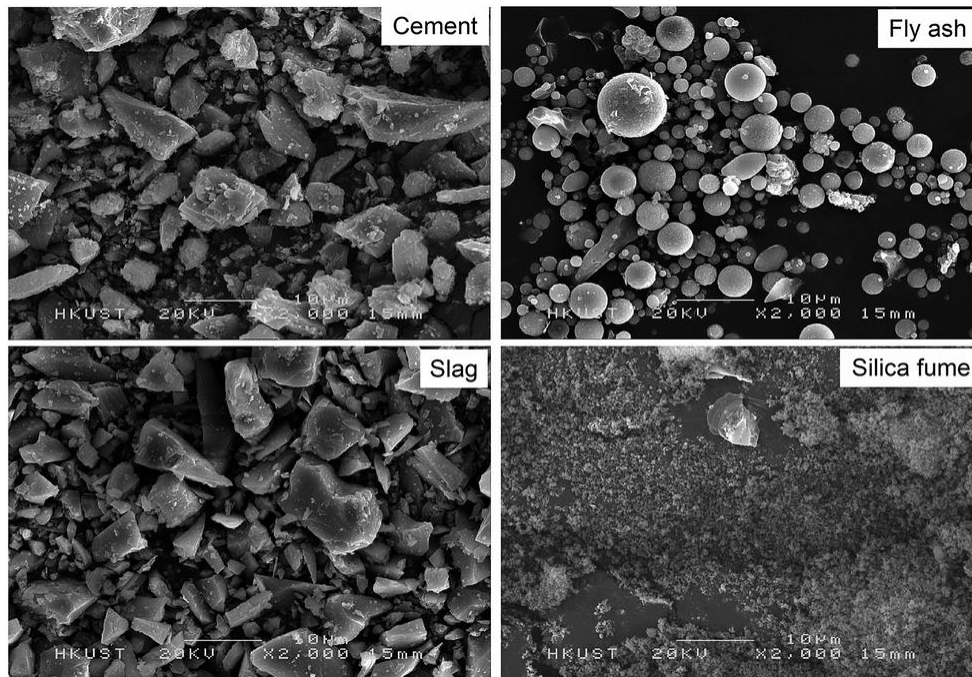
2.1.7 Tilsetningsmaterialer

Tilsetningsmaterialer er materialer som tilsettes betongen og som inngår i det effektive bindemiddelet.

NS-EN 206 5.1.6 inndeler tilsetningsmaterialer i to kategorier:

- Type I
 - Filler (partikler med diameter < 0,063 mm)
 - Pigmenter i samsvar med NS-EN 12878
- Type II
 - Flygeaske og silikastøv (pozzolane tilsetningsmaterialer)
 - Slagg (latent hydraulisk tilsetningsmaterialer)

Når type II-tilsetningsmaterialene reagerer med kalsiumhydroksid ($Ca(OH)_2$) fra reaksjonen av portlandsement og vann vil de virke som bindemiddel. Det fordrer derfor at en viss mengde portlandsement må være del av bindemiddelet [24].



Figur 3: Mikrografi av sement-, flyeaske-, slagg- og silikastøvparkler [33].

2.1.7.1 Flyeaske

Flyeaske (FA – *Fly Ash*) er det mest utbredte pozzolane tilsetningsmaterialet anvendt i betong. Det er et biprodukt fra eksosgassene til kull-drevne kraftverk. Kullkraftverk er en stor kilde til forurensning, men et stort flertall av verdens land er avhengige av kullkraft for å dekke sitt energibehov. Derfor er miljøutslippene og produksjonen per i dag en nødvendighet. Årlig produseres det ca. 500 millioner tonn flyeaske, der Kina, India og USA er blant de største produsentlandene [34]. Bruk av flyeaske som tilsetningsmateriale i betong innebærer en miljøgevinst ved at man reduserer klinkerandelen i betongen [35].

Stadig miljøfokus også innen energiforsyning, gjør at kullkraftverk står for en stadig mindre andel av energiproduksjonen. Det er derfor nærliggende å anta at det i fremtiden vil være lavere tilgjengelighet på flyeaske.

Ettersom flyeaske er et biprodukt, og ikke et produkt spesifisert og produsert for bruk i betong spesifikt, vil det være variasjoner mellom ulike produserte flyeaske. Flyeaskens egenskaper vil være avhengig av en rekke faktorer. Egenskapene til kullet som ble brent, topptemperatur og varmeutvikling, hvordan asken skilles fra eksosgassen, driftsbetingelsene ved kullverket, vil blant annet ha innvirkning på flyeaskens bestanddeler og egenskaper [36]. Kravene til flyeaskens egenskaper følger av NS-EN 450.

Flyeaske bestanddeler er typisk [36]:

- 45-55 % SiO_2
- 20-30 % Al_2O_3
- Mindre andeler av andre oksider og mineraler (som Fe_2O_3 , CaO , MgO , mm.)

Flygeaskepartiklene har sfærisk form og har høy finhet. Partiklenes diameter er typisk 1-100 μm . Per kg flygeaske er det en samlet overflate på ca. 250-600 m^2 . Den store overflaten gjør at flygeaskepartiklene lett kan reagere med kalsiumhydroksid. Samtidig som den sfæriske formen gjør partiklene tilgjengelige for vann [28].

Flygeasken kan også males ned før den brukes som tilsetningsmateriale i betong eller blandes inn i sement. Ved å male ned flygeasken vil man dog endre flygeaskepartiklenes sfæriske form [37].

Som oftest vil betonger med flygeaskeinnhold ha mørkere farge enn betonger med ren portlandsement. Flygeaske har en egenvekt på ca. 2300 kg/m^3 , sammenlignet med portlandsement med en egenvekt på ca. 3000 kg/m^3 . Vektforskjellen gjør at portland-flygeaskebetonger kan være lettere enn rene portlandbetonger, men ettersom bindemiddelandelen utgjør en liten del av betongens totale vekt, vil ikke dette utgjøre en stor differanse [28].

I NS-EN 197-1:2011 oppstilles det klassifiseringer av sementer som inneholder flygeaske. Klassifiseringene i standarden er blandingssementer som inneholder andeler av både portlandsement og flygeaske.

I standarden skilles det mellom kiselholdig og kalkholdig flygeaske. De har noe forskjellig kjemisk oppbygning, og det gir noe forskjellige egenskaper når de anvendes i betong. I Norge er det kiselholdig flygeaske som er mest anvendt [38].

Ifølge standarden er det fire hovedklassifiseringer av portland-pozzolan sementer med flygeaskeinnhold:

- CEM II/A-V: 6 til 20 % flygeaskeinnhold (kiselholdig)
- CEM II/B-V: 21 til 35 % flygeaskeinnhold (kiselholdig)
- CEM II/A-V: 6 til 20 % flygeaskeinnhold (kalkholdig)
- CEM II/B-V: 21 til 35 % flygeaskeinnhold (kalkholdig)

I tillegg til hovedklassifiseringene angir standarden også klassifiseringer av komposittsementer som kan inneholde flygeaske.

Flygeaske-portlandbetongens egenskaper er avhengig av karakteristikkene til typen portlandsement og flygeaske som benyttes.

Egenskaper i fersk betong

Tilsetning av flygeaske til betong gjør at vannbehovet til betongen reduseres, sammenlignet med rene portlandsementer, uten at det er på bekostning av støpeligheten eller komprimeringsgraden til den ferske betongen. Vanninnholdet kan reduseres med 5 til 15 %, der høyere v/c-tall gir høyere andel redusert vanninnhold. Flygeaskeinnhold over 20 % av det totale bindemiddelet vil ikke gi ytterligere redusert vanninnhold.

Superplastiserende stoff og flygeaske har en lignende virkemåte, med tanke på å redusere det nødvendige vanninnhold. Derfor vil ikke den vannreducerende effekten av flygeasken være

like stor ved bruk sammen med superplastiserende stoff [28].

Hydratisering og styrkeutvikling

Ved hydratisering av flygeasken produseres det C-S-H-produkter tilsvarende de som produseres fra portlandpartiklene, men flygeaskepartiklene reagerer tregere enn portlandpartiklene. Det kan skyldes at glassmateriale i flygeasken først brytes ned når porevannets pH-verdi overstiger 13,2. For å oppnå slike pH-verdier fordrer det at noe av portlandsementen reagerer først, for å igangsette flygeaskens reaksjon [28].

Ved høyere omgivelsestemperaturer (ca. 20°C og høyere) vil flygeaskens reaksjonshastighet akselerere. Dette vil også være tilfellet for portlandsementen, men endringen i akselerasjonstakten er tydelig mer markant for flygeasken. Det kan også være forskjeller i reaksjonshastigheten i større massive betongelement kontra mindre elementer [28].

Flygeaskens overflate har betydning for reaksjonshastigheten til hydratiseringen. Overflaten binder opp Ca^{2+} -partikler fra løsningen og gjør dem utilgjengelige for portlandpartiklene til å reagere med, og derfor blir produksjonen av C-S-H-produkter retardert. Denne effekten er mer fremtredende ved høyere andeler av flygeaske [39].

Flygeasken bidrar til å bedre mikrostrukturen til betongen. De små, sfæriske partiklene er egnet til å fylle hulrom mellom tilslaget og grovere partikler fra portlandsementen. Denne tettpakkingen vil bidra til økt styrke. Det er først og fremst de mindre flygeaskepartiklene som bidrar til tettpakkingen av betongen [40].

Flygeaskeinnhold på opptil 30 % vil gi økt styrkeutvikling til betongen. Ytterligere innhold av flygeaske vil ha en motsatt effekt på betongens styrke.

Bestandighet

Tettpakkingen av betongens mikrostruktur bidrar til å redusere mengden og diameteren av de større kapillærporene og redusere luftinnholdet i betongen. De gjenværende porene er egnet til å holde vann i betongen, noe som bidrar til hydratiseringen av betongen på lang sikt. Den tettpakkede betongen vil også gi økt resistans mot sprekke dannelse [28].

2.1.7.2 Silikastøv

Silikastøv (**SF** – *Silica Fume*) er et pozzolant tilsetningsmateriale. Det er et biprodukt ved produksjonen av metaller av silikon- og ferrosilikonlegeringer. Som råstoff benyttes kvarts og kull. Råstoffet produseres i en elektrisk smelteovn ("submerged arc furnace"). Her oksiderer - og deretter kondenserer SiO og danner SiO_2 -partikler ($\text{SiO}_2 = \textit{silika}$). Silikastøv har et typisk innhold av SiO_2 -innhold på 85-99 %, og mindre andeler av andre oksider og mineraler [40].

Når smelteovnen har tilstrekkelig høy temperatur vil bortimot alt karbonet forbrennes, noe som gir et tilnærmet karbonfritt silikastøv. Jo mindre karboninnholdet i silikastøvet er, desto lysere gråfarge har silikastøvet [28].

Andelen av silikon i de ferrosilikon-legeringene som produseres vil også være avgjørende for hvor stort silikainnhold som silikastøvet vil inneholde. Jo, høyere silikonandel, jo høyere blir silikainnholdet i silikastøvet.

I NS-EN 206 er det satt en grense på maksimalt 11 % tilsatt silikastøv for betonger. Dette setter derfor en begrensning for hvor stor reduksjon i miljøavtrykk man kan få, ved å bruke kun silikastøv som tilsetningsmateriale i betong. Men silikastøv forbindes gjerne med en høyere k-verdi, som vil gi en lavere mengde portlandsement i det effektive bindemiddelet, som gir en positiv miljøeffekt (mer om dette i 2.1.8).

SiO₂-partiklene er sfæriske og av svært høy finhet. Silikastøvetspartikler har en typisk diameter på 0,03-0,3 µm. Finheten av så små partikler kan ikke måles med Blaine-metoden. I stedet kan man måle finheten ved måling med nitrogenadsorpsjon. Slike målinger indikerer en finhet opptil 20 000 m²/kg. Noe som er mange ganger høyere finhet enn for andre tilsetningsmaterialer som flygeaske eller slagg. Silikastøvet høye finhet vil bidra til å øke reaksjonshastigheten med kalsiumhydroksidet fra hydreringen av portlandsementen [32].

Silikastøv har en egenvekt på 200-300 kg/m³ i udensifisert form. Dette er vesentlig lavere enn portlandsement, som har egenvekt på ca. 3000 kg/m³. Den lave egenvekten gjør at silikastøv er dyrere å håndtere enn andre tilsetningsmaterialer. For å gjøre bruken av silikastøv mer håndterlig og mindre kostbart, er det utviklet alternative former av silika, som pellets, med en egenvekt 500-700 kg/m³, og slurry med en egenvekt på 1300-1400 kg/m³. De forskjellige formene av silika kan ha noe forskjellige egenskaper når de anvendes i betong [28].

I de fleste betongmikser blir silikastøv tilsatt i betongblanderen. Det er også i NS-EN 197-1:2011 en portland-silikastøv sementklassifisering:

- CEM II/A-D: 6 til 10 % silikastøvinnhold

Det er også andre klassifiseringer av pozzolane komposittsementer som kan inneholde silikastøv.

Ved bruk av silikastøv i betong er det nødvendig å fordele silikastøvet jevnt i blandingen, det kan derfor være aktuelt å forlenge tiden i betongblanderen. Det synes særlig aktuelt ved bruk av silika i pelletsform. Også rekkefølgen av materialene som mates inn i blanderen kan ha påvirkning på hvor jevnt silikastøv fordeles i miksen.

For å få optimal dekning av silikapartikler er det ideelt å ha nok partikler til å dekke overflaten av tilslaget. Dette tilsvarer en andel av silikastøv på ca. 10 % av det effektive bindemiddelet [40].

Egenskaper i fersk betong

Den økte totale overflaten av partiklene i betongblandingen som silikastøv fører til, kan gi økt vannbehov for blandingen. For å ivareta lave v/c-tall samtidig som den ferske betongen har den ønskede støpeligheten, kan det derfor være aktuelt å benytte superplastiserende stoff i blandingen. Bruken av silikastøv vil også kunne øke effekten av det superplastiserende stoffet, noe som gir økt støpelighet [28].

Den ferske betongen er svært kohesiv grunnet den tette mikrostrukturen. Dette gjør at man kan trenge høyere synkmål for silika-portlandbetonger, enn for rene portlandbetonger for å oppnå den samme graden av kompresjon. Gjerne 25-50 mm høyere synkmål.

Ved lavt vanninnhold er det en risiko for at silika-portlandbetonger kan bli for seige og kohesive, det er derfor anbefalt med et minimums vanninnhold på 150 kg/m³ betong. Seige betongblandinger vil være vanskeligere å plassere korrekt og har vanskeligere for å oppnå tilstrekkelig komprimering [28].

Gitt den sammenhengende karakteren til den ferske silika-portlandbetongen er den godt egnet til pumping og glidestøping. Dette er forutsatt at betongen ikke er seig og at den har tilstrekkelig synkmål [34]. Den sammenhengende blandingen gjør silika-portlandbetonger er mindre utsatt for blødning.

At man har lavere v/c-tall gir økt styrke i den herdede betongen, i tillegg til den styrkeforbedringen som kan tilskrives silikastøvet isolert sett.

Den tette mikrostrukturen til silika-portlandbetonger kan medføre at betongen får et lavt luftinnhold. Luftinnholdet kan økes ved bruk av luftinnførende-tilsetningsstoffer (L-stoff). Grunnet den kohesive karakteren til den ferske silika-portlandbetongen vil man måtte bruke mer L-stoff for å oppnå tilsvarende resultater, sammenlignet med bruk i rene portlandbetonger [28].

Hydratisering og styrkeutvikling

Ved hydratisering av silika-portlandbetonger oppstår pozzolane reaksjoner mellom kalsiumhydroksidet fra hydratiseringen av portlandpartikler og silikastøvet. Silikastøvet løser seg opp i en mettet løsning av kalsiumhydroksid, det dannes så C-S-H på overflaten av silikapartiklene, etter at tilstrekkelige mengder av portlandsementpartiklene har hydratisert til å oppnå metning. Denne reaksjonen foregår med stor hastighet i de første dagene etter hydreringen, før hastigheten senere avtar. Den høye finheten til silikastøvet gir økt område for nukleeringen av kalsiumhydroksidet, dette akselerer utviklingen av tidlig styrke. Den tidlige reaksjonshastigheten kan ytterligere akselereres ved å tilsette en andel slagg i betongblandingen [28].

Denne reaksjonen gir også stor varmeutvikling i betongen, muligens større enn for ren rapid-portlandbetonger.

Den høye hastigheten til hydreringen kan tidlig føre til at vannet i betongen blir brukt opp, samtidig som den tette mikrostrukturen i silika-portlandbetonger ikke slipper inn like mye nytt vann i betongen. Dette fører til at styrkeutviklingen stopper tidligere enn for rene portlandbetonger.

Silika-portlandbetonger som herdes med vann gir bedre styrkeutvikling over tid, men den tidlige hydratiseringen fører til at det er mindre effekt på den senere styrkeutviklingen enn for rene portlandbetonger og betonger med andre typer sementer og tilsetningsmaterialer som bindemiddel. Men i de første ukene etter støpingen vil det gi god effekt [34].

Temperaturen ved herdingen vil også være av betydning for hastigheten til hydratiseringen. Lavere temperaturer vil gjøre hydratiseringshastigheten forholdsmessig tregere enn ved rene portlandbetonger. Tilsvarende vil også høye temperaturer føre til at silika-portlandbetonger får en forholdsvis større økende fartsendring i hydratiseringshastigheten. Silikastøvinnholdet gjør også at betongen i større grad er i stand til å motvirke eventuelle negative konsekvenser ved temperatursvingninger [28].

En del av styrkeutviklingen til silika-portlandbetonger må tilskrives den tette mikrostrukturen som silikastøvandelen bidrar til. Dette styrkebidraget vil være tilnærmet stabilt gjennom hele hydratiseringsperioden, til forskjell fra effekten som den pozzolane effekten av silikastøvet. Særlig innenfor de syv første dagene vil dette føre til en betydelig forskjell fra rene portlandbetonger. Dette skjer ved at den tette strukturen i større grad tillater tilslaget å bidra til stressoverføringer i betongen [34].

Bestandighet

Silikastøvet gjør at betongen får redusert porestørrelse. Denne effekten er særlig merkbar ved silikaandel opptil 10 %. En økning utover dette nivået vil ikke gi særlig mindre porestørrelse. Dette er fordi at 10 % silikastøv er tilstrekkelig for å dekke overflaten av tilslaget og mellomrommene mellom portlandpartiklene. Denne effekten vil også kunne observeres ved bruk av andre tilsetningsmaterialer, men grunnet silikastøvet høye finhet vil effekten være mest merkbar ved tilsetninger av silikastøv [34].

Den reduserte permeabiliteten til betonger med silikastøv gjør at herding med vann er desto viktigere. Redusert permeabilitet medfører også at betongen er bedre vern mot saltinntrengning [28].

Silika-portlandbetonger har lavere C/S-forhold av C-S-H-produktene, enn rene portlandbetonger. Dette gir betongen en økt evne til å oppta alkalie- og aluminiumioner, ol.

Betongen har også mindre andeler av kalsiumhydroksid og aluminimoksid. Dette fører til at betongen blir mer sulfatresistent, da sulfatet kan opptas av C-S-H-produktene.

Silikaet gjør at alkalieinnholdet i porevannet blir redusert, noe som gir lavere pH-verdier. Reduksjonen i porevannets pH-verdi vil være tiltagende ved økt andel av silikastøv i betongen.

Betonger med silikainnhold kan ha dårligere motstand mot skader som følge av frost og opptining. Særlig gjelder dette for silika-portlandbetonger som har anvendt L-stoff. Dette skyldes trolig at betongen får større hulrom, samtidig som betongens tette mikrostruktur gir liten mulighet for vannet i betongen å forflytte seg. Den fine porestrukturen kan også føre til at den kritisk metning av vann reduseres samtidig som at den vanskeliggjør inntrengningen av nytt vann, som er til fordel med tanke på frost- og opptiningsskader. Den tette porestrukturen kan gjøre betongen sårbar for nedkjøling da den gir lite tidsrom for vannet å forflytte seg i betongen. Forholdene rundt denne type skader i silika-portlandbetonger er komplekse, og det er derfor vanskelig å generalisere hvilken effekt silikastøvet vil ha [28].

Silikainnhold kan gjøre betongen utsatt for krymping i større grad enn rene portlandbetonger. Typisk vil det være en forholdsvis økning på ca. 15 % i krympingen. Dette kan føre til sprekkdannelse i betongen [34].

Blødning forekommer i fersk betong når deler av vanninnholdet og de finkornede partiklene går mot overflaten av betongen. Dette kan føre til sprekkdannelse i betongen. Silikastøv bidrar til å redusere blødning i den ferske betongen, som gjør det at det ikke dannes et svakt topplag i overflaten av betongen. Samtidig bidrar den tette mikrostrukturen til å danne bedre binding mellom sementlimet og det grove tilslaget. Dette gjør at betongens overflate er mindre sårbar for abrasjon og slitasje [28].

2.1.7.3 Slagg

Slagg (**BS** - *Blastfurnace Slag*) er et hydraulisk bindemiddel. Ved fremstilling av råjern i masovner skilles det ut slagg som biprodukt. For hvert tonn råjern som produseres gis det anslagsvis 300 kg slagg som biprodukt. Som et biprodukt av et nødvendig materiale, er det uunngåelig at slagg blir produsert. Slagget har få andre bruksområder, enn som tilsetningsmateriale i betong. Ved bruk av slagg i betong vil man kunne bespare klimautslipp fra den portlandsementen man ellers måtte produsert, samtidig som slagget ikke ender opp som avfall [28].

Slaggets bestanddeler vil typisk være [40]:

- CaO: 30-50 %
- SiO₂: 28-38 %
- Al₂O₃: 8-24 %
- MgO: 1-18 %

Andelene av slaggets bestanddeler kan variere. De overordnede kravene til slaggets karakteristikk følger av NS-EN 15167.

I likhet med portlandsement består slagget av kalsiumoksid, silika, aluminiumsoksid, og magnesiumsoksid i ulike mengdeforhold. Komposisjonen av det spesifikke slagget vil være avhengig av produksjonsprosessen. Også avkjølingen av slagget vil ha betydning for dets fysiske karakteristikk. For at slagg skal være egnet for bruk i betong bør det kjøles ned raskt med vann for å unngå krystallisering. Bruken av vann til å nedkjøle slagget gjør også at det får en kornet konsistens [28].

Slaggpartiklene har kantet form. Dette til forskjell fra flygeaskepartiklenes sfæriske form.

Slagg har som oftest en lysegrå farge, noe som gjør i at slaggbetonger gjerne får en lysere farge sammenlignet med rene portlandbetonger.

Slagget har en noe lavere egenvekt enn det tradisjonell portlandsement har. Portlandsement har typisk egenvekt på ca. 3000 kg/m³, og slagg har typisk egenvekt på ca. 2900 kg/m³ [28].

Slagg kan benyttes i betongens bindemiddel på flere måter. Enten alene, som råmateriale i tradisjonell klinkerproduksjon, eller innblandet med andre bindemidler. Den meste utbredte

bruken av slagg er i portland-slagg blandingssementer. Den vanligste måten å samblende portlandsement og slagg, er at slagget blir malt ned til passende finhet. Det finmalte slagget tørres så med portlandsementen.

Hvor stor andel av den ferdige sementblandingen som er slagg og hvor stor del som er portlandsement/klinker vil kunne tilpasses etter de behov sementprodusenten og –forbrukeren har. Andelen slagg er også avgjørende for hvordan sementen klassifiseres.

Til eksempel har det europeiske standardverket tre hovedklassifiseringer av slaggsement, avhengig av sementens slagginnehold (ref. NS-EN 197-1:2011, tabell 1):

- CEM III/A: 36 til 65 % slagginnehold
- CEM III/B: 66 til 80 % slagginnehold
- CEM III/C: 81 til 95 % slagginnehold

I tillegg til hovedklassifiseringene av slaggsementer, er det også to klassifiseringer av portland-slagg sementer:

- CEM II/A-S: 6 til 20 % slagginnehold
- CEM II/B-S: 21 til 35 % slagginnehold

Foruten disse klassifiseringene er det også andre klassifiseringer av komposittsementer som åpner for sementer med slagginnehold.

Man ser at CEM III/C åpner for sementer med opptil 95 % slagginnehold. Det vil tilsi en tilnærmet ren slaggsement, nesten uten tilslag av portlandsement. Samtidig kan portland-slagg sementer med slagginnehold ned mot 6 % klassifiseres som CEM II/A-S.

Egenskaper i fersk betong

Sammenlignet med portlandsement har ofte slagget høyere finhet. Normalt vil slagg ha en finhet i overkant av 350 m²/kg og ofte høyere. Etersom slagget har høyere finhet enn portlandsement, vil det kunne bidra til å øke hastigheten til reaksjonen i den tidlige fasen. De finkornede slaggparktlene bidrar til å gjøre den ferske betongen tettere, ettersom portland- og slaggparktlene blir spredt mer jevnt i sementpastaen. Den tette strukturen gjør at den ferske betongen får økt støpelighet og at blandingen er mer sammenhengende [28].

Slaggsementer er mer sensitive til endringer i vanninnholdet enn rene portlandsementer. Man vil ofte kunne benytte et lavere vanninnhold, men oppnå tilsvarende støpelighet for den ferske betongen.

Den tette mikrostrukturen i slaggsementer hindrer vannet og finkornede partikler å gå mot overflaten. Slaggbetonger er derfor mer bestandige overfor blødning, sammenlignet med rene portlandsementer [41].

Slaggsementer har saktere varmeutvikling og lavere toppetemperatur enn portlandsementer. Det kan også gjøre at avbindingstiden til betonger med slagginnehold er tregere, sammenlignet med rene portlandbetonger. Avbindingstiden kan typisk øke med 30-60 minutter, eller mer, avhengig av andelen slagginnehold [28].

Hydratisering og styrkeutvikling

Når slaggbetong tilsettes vann er det hovedsakelig bestanddelene fra portlandsementen som hydratiserer først, men samtidig spalter slagget av mindre mengder kalsium- og aluminiumioner. For at hydratisering av slagget skal aktiveres, må først portlandpartiklene reagere og spalte av hydroksylioner. Disse hydroksylionene bidrar til at den glassmaterialet i slagget brytes ned og gjør slaggbetongen tilgjengelige for samme type reaksjoner med alkalihydroksider som forekommer for pozzolane blandingssementer. Slagget reagerer så med alkalihydroksid. Dette reagerer videre med kalsiumhydroksid som er avspaltet fra portlandbestanddelene. Av dette formes C-S-H-forbindelser [34].

Reaksjonsproduktene til slagget binder opp eventuelle alkalier som måtte finnes i tilslaget og portlandsementen. Dette gjør at alkaliene ikke er tilgjengelig for reaksjoner med silikainnholdet i betongen [42]. Samlet gir dette en redusert fare for alkali-silika reaksjoner. Alkali-silika reaksjoner er uønsket da de kan føre til sprekker og skader i betongen. Det gir også en større frihet til å benytte portlandsement og tilslag med høyere alkalieinnhold.

Samtidig som konsentrasjonen av alkalihydroksid-løsningen øker, øker også temperaturen i betongen.

Hydratiseringen av slagget vil også være avhengig av slaggets kjemiske oppbygging og andelen av glassmaterialet i slagget. Dette er faktorer som vil kunne variere mellom ulike typer slaggbetong.

Det totale alkalieinnholdet i sementen vil som sagt også være avhengig av egenskapene til portlandsementen som benyttes i blandingssementen. Finkornede portlandsementer med høyere innslag av alkalier og C₃A synes å være gunstige for styrkeutviklingen til slaggbetongen [28].

Ovenfor fremheves det finkornede slaggets innvirkning på den ferske betongens støpelighet. Den tette mikrostrukturen vil også bidra til betongens økte styrke.

Det bør fremheves at styrkeutviklingen i slaggbetonger skiller seg fra styrkeutviklingen til portlandbetonger. Slaggbetonger har langsommere styrkeutvikling, og slagginneholdet vil ha påvirkning på dette. Ved et slagginnehold på ca. 50 % av bindemiddelet rapporteres det gjerne om god styrkeutvikling på mellomlang sikt. På lang sikt kan betonger med 50-75 % slagginnehold gi best styrkeutvikling. Til tross for at slaggbetongen ofte har svakere tidlig styrkeutvikling enn portlandbetonger, er ofte langtidsstyrken bedre i slaggbetonger [28].

Ettersom slaggbetonger ofte har langsommere hydratiseringstid, vil betongens styrkeutvikling ha god effekt av langvarig herding med vann. Særlig gjelder dette for betonger med høyt slagginnehold som skal herde ved lave temperaturer.

Slagginneholdet synes ikke å påvirke forholdet mellom betongens kompresjonsstyrke mot andre styrkemålinger, som bøyestyrke og elastisitetsmodulus [34].

Bestandighet

Betongens tette mikrostruktur er også bidragende til at permeabiliteten reduseres betraktelig sammenlignet med portlandsementer. Permeabiliteten kan reduseres med en faktor på opptil 100. Det gjør betongen mer bestandig. Lav permeabilitet gir mindre kapillærårer i betongen og reduserer saltinntrengning [28].

2.1.8 Bruksbetingelser for tilsetningsmaterialer etter NS-EN 206+NA

2.1.8.1 Bestandighetsklasse og masseforhold

En betongs bestandighetsklasse bestemmes av masseforholdet, hvilken sementtype som benyttes og luftinnhold.

Hvilken bestandighetsklasse som er passende for en betongkonstruksjon kan bestemmes på bakgrunn av den eksponeringsklasse som kreves for konstruksjonen, jf. Tabell NA.15. Eksponeringsklassen bestemmes utfra den miljøpåkjenning konstruksjonen må tåle, jf. NA. Tabell NA.1.

M90 er den laveste bestandighetsklassen og M40/MF40 er den strengeste.

I NS-EN 206 Tabell NA.12 er det en oversikt over største tillatte masseforhold for de respektive bestandighetsklassene.

Egenskap	Bestandighetsklasse					
	M90	M60	M45	MF45 a,b,c	M40 ^d	MF40 a,b,c,d
Minste luftinnhold i fersk betong				4 %		4 %
Minste effektive bindemiddelmengde (kg/m ³)	150	200	225	225	225	225
Sementtype	Største masseforhold ^{f, g, h}					
CEM I	0,90	0,60	0,45	0,45	0,40	0,40
CEM II/A-S, 6-20 % slagg	0,90	0,55	0,45	0,45	0,40	0,40
CEM II/B-S, 21-35 % slagg	0,90	0,55	0,45	-	0,40	-
CEM II/A-D, 6-10 % silikastøv	0,90	0,60	0,45	0,45	0,40	0,40
CEM II/A-V, 6-20 % flygeaske	0,90	0,55	0,45	0,45	0,40	0,40
CEM II/B-V, 21-35 % flygeaske	0,90	0,50	0,45	-	0,40	-
CEM II/A-L, 6-20 % kalksteinfiller L	0,90	0,50	- i	-	- i	-
CEM II/A-LL, 6-20 % kalksteinfiller LL	0,90	0,50	- i	-	- i	-
CEM II/A-M, 12-20 % diverse	0,90	- j, k	- j, k	- k	- j, k	- k
CEM II/B-M, 21-35 % diverse	0,90	- j, k	- j, k	- k	- j, k	- k
CEM III/A, 36-65 % slagg	0,90	0,50	0,45	-	0,40	-
CEM III/B, 66-80 % slagg	0,90	0,45	0,45	-	0,40	-

a For bestandighetsklasse MF40 og MF45 skal det anvendes frostsikkert tilslag (se NA.5.1.3).
b Standarden gir ikke regler for produksjon av frostsikker betong uten bruk av luftinnførende tilsetningsstoffer.
c Standarden gir ikke anvendelsesregler for bestandighetsklassene MF45 og MF40 om den samlede mengden flygeaske og slagg (V + S) er større enn 20 vektprosent i forhold til bindemiddelmengde. Tilfredsstillende frostbestandighet kan likevel dokumenteres iht. NA.5.3.2(902) for sement eller bindemiddelkombinasjoner der samlet innhold (i sement + tilsatt) er over 20 %.
d Bindemidlet skal minst inneholde 6 % silikastøv eller samlet minst 14 % flygeaske, silikastøv og slagg (V + D + S) i bestandighetsklassene MF40 og M40.
e (Ikke i bruk)
f Ved bruk av tilsetningsmaterialer gjelder grenseverdien for største masseforhold for den sementtypen som tilsetningsmaterialene tilsettes til.
g Der flere sementtyper som det er gitt anvendelsesregler for blandes, kan største tillatte masseforhold fastsettes som et vektet middel av kravene til de enkelte sementtypene.
h "-" i tabellen betyr at Norsk Standard ikke gir anvendelsesregler for denne kombinasjonen av sementtype og bestandighetsklasse. Det henvises også til NA.5.3.2(902).
i CEM II/A-L og CEM II/A-LL kan anvendes etter reglene for CEM I forutsatt at mengden kalksteinfiller L og LL ut over 5 % ikke tas med i beregningen av masseforholdet.
j CEM II/A-M og CEM II/B-M kan benyttes med grenseverdier som for CEM I, CEM II/A-V og CEM II/A-S, dersom det ved beregning av masseforhold ses bort fra andelen materiale (hovedkomponenter) som bringer sementen over grenseverdiene for hhv. CEM I, CEM II/A-V og CEM II/A-S.
k Det tillates kun sementer som ikke inneholder andre hovedkomponenter enn klinker (K), flygeaske (V), slagg (S) og kalksteinfiller (L og LL).

Figur 4: Tabell NA.12 – Grenseverdier for luftinnhold, minste effektive bindemiddelmengde og største masseforhold for betong etter nasjonalt tillegg til NS-EN 206

Masseforholdet kan beregnes med følgende formel:

$$\text{masseforhold} = \frac{vann}{(\text{sement} + \sum k \cdot \text{tilsetningsmaterialer})} = \frac{v}{c + \sum k \cdot p}$$

Tabell NA.12 gir også anføring på størrelsen av det minimale tillatte effektive bindemiddelet. Det effektive bindemiddelet er summen av tilsetningsmaterialer og sement.

For betonger som skal tilfredsstillere kravene til de frostbestandighetsklassene (MF40/45) kreves det i tillegg et minst luftinnhold på minst 4 % i den ferske betongen.

2.1.8.1 Tilsetningsmaterialer og k-verdimetoden.

Formelen for utregning av masseforhold ovenfor benytter en verdi k. Man kaller utregning av masseforhold med k-verdi for k-verdimetoden.

K-verdien gir uttrykk for hvor mange deler av sementen som kan erstattes med tilsetningsmaterialer, samtidig som masseforholdet og egenskapene til betongen er forholdsvis like. Ved k-verdier over 1,0 anses tilsetningsmaterialet å være gunstigere enn sement, ved k-verdier under 1,0 anses tilsetningsmaterialet å være mindre gunstig enn sement.

INS-EN 206 5.2.5.2 og NA5.2.5.2.2-4 fremgår reglene for bruk av k-verdi ved utregning av masseforholdet for betonger med innhold av tilsetningsmaterialer i bindemiddelet, og grenseverdiene for tillatt innhold av tilsetningsmaterialer.

I tabell NA.12 note d, er det oppsatt et krav til at betonger med bestandighetsklasse M40/MF40 skal minimum inneholde 6 % silikastøv, eller 14 % flygeaske, silikastøv og slagg kombinert, av det totale bindemiddelet.

Det er også grenseverdier for den øvre grensen av tilsetningsmaterialer. I NA.5.2.5.2.2.4 er det oppsatt krav til at følgende forholdstall er oppfylt:

$$\frac{(\text{Tilsatt flygeaske} + \text{flygeaske i sementen})}{\text{Bindemiddel}} \leq 0,35$$

$$\frac{(\text{Tilsatt silikastøv} + \text{silikastøv i sementen})}{\text{Bindemiddel}} \leq 0,11$$

$$\frac{(\text{Tilsatt slagg} + \text{slag i sementen})}{\text{Bindemiddel}} \leq 0,80$$

$$\frac{(\text{Tilsatt slagg} + \text{flygeaske og slagg i sementen})}{\text{Bindemiddel}} \leq 0,60$$

I tillegg stiller 5.2.5.2.2 krav til et forholdstall mellom flygeaske og sement på maksimalt 0,33 ved bruk av CEM I-sement og 0,25 ved bruk av CEM II/A-sement.

Av NA.5.2.5.2.4 fremkommer det at dersom betongen skal være av frostsikker bestandighetsklasse (MF40/45), og forholdstallet overstiger 0,20, så må det dokumenteres at betongen er frostsikker.

Av forholdstallene ovenfor kan man se at slagg er det tilsetningsmaterialet som tillattes tilsatt i størst mengde, og det har derfor stort potensiale til å erstatte klinkerandelen i bindemiddelet.

Man kan også tilsette kombinasjoner av tilsetningsmaterialene, og på den måten oppnå enda mindre andeler av portlandsement. Til eksempel tillater standarden en tilsetningsmaterialandel på opptil 46 % ved tilsetninger av flygeaske og silikastøv (35 % flygeaske og 11 % silikastøv), eller opptil 91 % ved innhold av slagg og silikastøv (80 % slagg + 11 % silikastøv). En bør da være oppmerksom på at slike kombinasjoner av tilsetningsmaterialer kan være lite gunstige for betongens egenskaper [22].

Forholdstallene vil også kunne være i konflikt med det tillatte innholdet av tilsetningsmaterialer i sementene, i forhold til NS-EN 197-1:2011. Dette må tas i betraktning ved valg av sement. For eksempel betyr dette at NS-EN 206 ikke åpner for bruk av sementklassifisering CEM III/C, med slagginnhold over 80 %.

Det kan tilsettes tilsetningsmaterial utover grensene ovenfor, men da skal denne mengden regnes som filler, og tillegges k-verdi lik null.

Flygeaske

NS-EN 206 tar utgangspunkt i de krav som gjelder etter NS-EN 450 for bruk av flygeaske, men med tilleggskrav.

I Tabell NA.9 er det oppstilt hvilke k-verdier som skal benyttes ved innblanding av flygeaske, bestemt ut fra hvilken sementtype og bestandighetsklasse betongen skal ha, jf. NA.5.2.5.2.2

Sementtype	Bestandighetsklasse ^{a, b, c}					
	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
CEM I						
CEM II/A-V, CEM II/A-S ^d , CEM II/A-L ^d , CEM II/A-LL ^d CEM II/A-D ^d , CEM II/A-M ^{e, d}	1,0	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7
CEM II/B-V, CEM II/B-S ^d , CEM II/B-M ^{e, d}				-	-	-
Øvrige sementer	-	-	-	-	-	-

a Innblanding av flygeaske kan medregnes ved beregning av masseforhold og minste effektive bindemiddelmengde i henhold til kravene i tabell NA.12.
b "-" i tabellen betyr at Norsk Standard ikke gir regler for dette i denne kombinasjonen av sementtype og bestandighetsklasse. Det henvises også til NA.5.3.2(902).
c Verdien gjelder for sement med en styrkeklasse på minst 42,5. For lavere styrkeklasser reduseres verdien med 0,1.
d For andre bestandighetsklasser enn M90 benyttes k-verdien for mengden tilsatt flygeaske inntil andel Portlandsementklinker (K) er redusert til 50 % av bindemiddelmengden.
e Regelen omfatter sementtypene CEM II/A-M og CEM II/B-M som kun er basert på hovedkomponentene klinker (K), flygeaske (V), slagg (S) og kalksteinfiller (L og LL).

Figur 5: Tabell NA.9 i NS-EN 206:2013 – k-verdi ved innblanding av flygeaske, avhengig av sementtype og bestandighetsklasse

Silikastøv

NS-EN 206 tar utgangspunkt i de krav som gjelder etter NS-EN 13263 for bruk av silikastøv, men med tilleggskrav.

I Tabell NA.10 er det oppstilt hvilke k-verdier som skal benyttes ved innblanding av silikastøv, bestemt ut fra hvilken sementtype og bestandighetsklasse betongen skal ha, jf. NA.5.2.5.2.3.

Sementtype	Bestandighetsklasse ^{a, b}					
	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
Sementer som det er gitt regler for i NA.5.3.2, tabell NA.12	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Øvrige sementer	-	-	-	-	-	-
a Innblanding av silikastøv kan medregnes ved beregning av masseforhold og minste effektive bindemiddelmengde i henhold til kravene i tabell NA.12. b "-" i tabellen betyr at Norsk Standard ikke gir regler for dette i denne kombinasjonen av sementtype og bestandighetsklasse. Det henvises også til NA.5.3.2(902).						

Figur 6: Tabell NA.10 – k-verdi ved innblanding av silikastøv avhengig av sementtype og bestandighetsklasse

K-verdiene for silikastøv er høye, sammenlignet med k-verdiene for flygeaske og slagg. Dette skyldes det høye SiO₂-innholdet og den store overflaten av silikastøvet.

Slagg

NS-EN 206 tar utgangspunkt i de krav som gjelder etter NS-EN 15167 for bruk av silikastøv, men med tilleggskrav.

I Tabell NA.11 er det oppstilt hvilke k-verdier som skal benyttes ved innblanding av slagg, bestemt ut fra hvilken sementtype og bestandighetsklasse betongen skal ha, jf. NA.5.2.5.2.4.

Sementtype	Bestandighetsklasse ^{a, b, c, d}					
	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
CEM I						
CEM II/A-V, CEM II/A-S, CEM II/A-L ^e , CEM II/A-LL ^e , CEM II/A-D ^e , CEM II/A-M ^{e, f}	1,0	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8
CEM II/B-V, CEM II/B-S, CEM II/B-M ^{e, f}						
CEM III/A, CEM III/B				-		-
Øvrige sementer	-	-	-		-	
a Innblanding av slagg kan medregnes ved beregning av masseforhold og minste effektive bindemiddelmengde i henhold til kravene i tabell NA.12. b "-" i tabellen betyr at Norsk Standard ikke gir regler for dette i denne kombinasjonen av sementtype og bestandighetsklasse. Det henvises også til NA.5.3.2(902). c Verdiene gjelder for sement med en styrkeklasse på minst CEM 42,5. For lavere styrkeklasser reduseres verdiene med 0,1. d Angitt k-verdi brukes for hele den tilsatte mengden slagg (ut over eventuelt innhold i sementen) inntil beregningsmessig grense for totalt slagginnhold er nådd, se under. e k-verdien kan brukes for en mengde tilsatt slagg inntil andel Portlandsementklinker (K) er redusert til 40 % av bindemiddelmengden. f Regelen omfatter sementtypene CEM II/A-M og CEM II/B-M som kun er basert på hovedkomponentene klinker (K), flygeaske (V), slagg (S) og kalksteinfiller (L og LL).						

Figur 7: Tabell NA.11 – k-verdi ved innblanding av slagg, avhengig av sementtype og bestandighetsklasse

2.1.8.3 Utvidede bruksbetingelser etter NS-EN 206

NS-EN 206 åpner for at bindemiddelkombinasjoner som ikke tillates etter standarden likevel kan få brukstillatelse etter NS-EN 206. For lavkarbonbetongklassene forutsettes det at kravene i NS-EN 206+NA er oppfylt [22]. For betonger som ikke følger de retningslinjene som NS-EN 206 angir, kan det være aktuelt å få utvidet brukstillatelse, men det fordrer at kravene i NA.5.3.2 er oppfylt.

Dette kan være formålstjenlig blant annet ved bruk av betonger med høyere andel av tilsetningsmaterialer eller med alternative k-verdier enn det retningslinjene i standarden tillater. I NA.5.3.2(902) forutsettes det at vilkårene for de utvidede bruksbetingelsene er dokumentert. Det oppstilles også en del absolutte krav utover de anbefalte grenseverdiene i NA.5.3.2. Blant annet kan det ikke gis utvidet brukstillatelse for k-verdier over 1,0 ved tilsetning av flygeaske eller slagg, og det kan heller ikke benyttes masseforhold for betonger som overstiger maksimumsnivået etter Tabell NA.12, mv.

NS-EN 206 er ikke bindende, og byggherre har mulighet til å fravike standarden slik han måtte ønske, men man bør da være innforstått med det ansvar et slik fravik vil medføre. Betong som avviker fra standarden bør utprøves og dokumenteres for å sikre egenskapene som konstruksjonen forutsetter [22].

2.1.9 Andre former for miljøbetong

Oppgaven har fokusert på bruken av tilsetningsmaterialer for å redusere klimagassutslippene forbundet ved betongbruk. Under presenteres andre former for miljøvennlig betongbruk. Listen under er ikke uttømmende, men gir oversikt over noen av de aktuelle miljøtiltakene for betong.

Alternative brensel ved klinkerproduksjon.

På verdensbasis står kull for 70 % av energikildene ved sementproduksjon. Alternative energikilder som for eksempel biomasse eller annet avfall kan brukes som substitutter for kull [43].

Karbonfangst og CO₂-lagring

Ved å fange CO₂ før det når atmosfæren, så vil ikke det oppfangede karbonet bidra til jordoppvarmingen. Norcem har i samarbeid med regjeringen og flere oljeleteselskap inngått et samarbeid for å undersøke muligheten for lagring av CO₂ i utrangerte borebrønner i Nordsjøen. Dersom prosjektet realiseres, vil CO₂ fra Norcems sementproduksjon bli lagret i brønnene. For sementens del vil dette medføre lavere GWP-verdier [44].

Lokalt produserte og kortreiste materialer

Foruten for miljøaspektene ved produksjonen av materialene som inngår i betongen, så medfører også transporten av materialene klimagassutslipp. Ved å velge materialer som er lokalt produsert og utvunnet vil man redusere miljøavtrykket forbundet med transporten av disse [23].

Gjenbruk av betongelementer

Betongelementer som stadig har nytteverdi kan gjenbrukes i nye konstruksjoner. Dette gjør at man ikke produserer ny betong, og unngår følgelig de medfølgende klimagassutslippene.

Miljøsertifisering

Miljøsertifisering gjennom BREEAM (*British Research Establishment Environmental Assessment Method*) er poengbasert, og gir poeng for miljøtiltak i 10 ulike kategorier. Hvilket nivå et bygg oppnår avhenger av hvor stor andel poeng som oppnås. Utarbeiding av EPD, gjennomføring av ECOprodukt-vurdering, eller redusere klimagassutslipp fra betongproduksjonen er alle metoder som blir belønnet med poeng [22].

Omforming av betongstruktur

Omforming av betongstruktur kan gjøres ved å bruke buede forskalinger og likevel beholde styrken man ønsker i en betong. Bruk av slike geometriske former kan redusere den nødvendige betongmengden med opptil 40 % [43].

Resirkulert betong som tilslag i ny betong

Knust betong kan brukes som tilslag i ny betong. Den knuste betongen er mer tilgjengelig for karbonatisering, i tillegg unngås utslipp og miljøpåvirkning tilknyttet utvinning av nytt tilslag (både naturlig og knust). Det er spørsmålsteget ved bestandighetsegenskapene til betong med resirkulert tilslag.

2.2 Glidestøp

2.2.1 Innledning

Glidestøp er produksjonsmetode for betongkonstruksjoner som har vært brukt i flere tiår, og som typisk benyttes for høye konstruksjoner med enklere geometri. Metoden er en kontinuerlig prosess og resultatet er en sammenhengende betongkonstruksjon uten skjøter. Glidestøp kan foregå vertikalt og horisontalt. Vertikal glidestøp benyttes typisk i forbindelse med betongkonstruksjoner som brutårn, siloer, tårn, industripiper og trappe-/heissjakter [45]. Horisontal glidestøp kan benyttes i forbindelse med tunneler, vannveier og veirekkverk. Videre i oppgaven er temaet *vertikal glidestøp*.

Ved vertikal glidestøp benyttes det normalt en 1,1-1,2 meter høy forskalingsform [45]. I forskalingen støpes betongen. Ved jevne tids mellomrom blir forskalingen løftet av hydrauliske jekker og glir oppover. Glidehastigheten til forskalingen er tilpasset betongens avbindingstid og ved nedre kant av forskalingen slipper ferdig avbundet betong. Forskalingsformen er omsluttet av en arbeidsplattform hvor støpingen av betongen og installeringen av armeringen foregår fra. Under arbeidsplattformen er det et hengende stillas for inspeksjon og eventuelle etterarbeider. Glidestøp foregår vanligvis døgnkontinuerlig og ved glidestøping av høye konstruksjoner kan den foregå over flere uker. Planlegging og organisering av arbeidet er sentralt for å oppnå en vellykket glidestøping og et godt støperesultat.

2.2.2 Fordeler med glidestøp

Et alternativ til glidestøp er støping i fast forskalingsform. Støping i fast forskaling innebærer at forskalingen står i ro i tiden mellom betongen fylles til den er avbundet, og er i starten av herdefasen. Deretter demonteres forskalingen og flyttes. Støping av betongkonstruksjoner med fast forskaling skjer i etapper. En fast forskaling kan være selvklatrende, som vil si at forskalingen har et eget løftesystem for vertikal løfting og uten bruk av kran. Selvklatrende forskalinger benyttes i forbindelse med høye betongkonstruksjoner. Her listes noen av fordelene og ulempene som er med glidestøpmetoden.

Fordeler med glidestøp er [46]:

- Ingen horisontale støpeskjøter
- Støping i tynne betonglag og med lav stigehastighet gir gunstige forhold for vibrering av betongen.
- Ingen armeringsstoler eller distansere i betongens overdekning
- Ingen formstag, og dermed ingen gjennomgående staghull
- Rask framdrift uavhengig av værforhold
- God visuell kontroll med plassering og vibrering av betongen i formen

Ulemper er [46]:

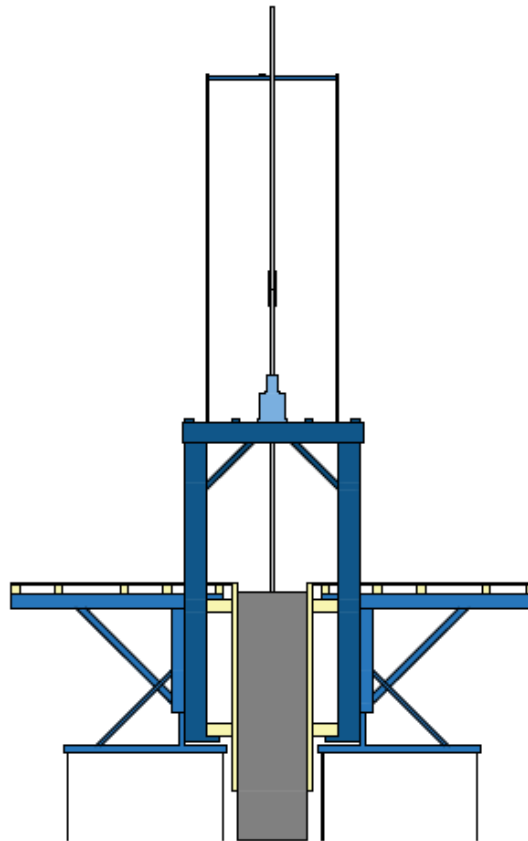
- Betongen i overdekningen blir utsatt for krefter i forbindelse med løfting som kan gi overflateskader
- Groing på forskalingen gir vertikale striper/sår
- Vibrering av armeringen kan forårsake hulrom langs armeringen som gir dårligere heftforhold
- Tidspress for installering av armeringen
- Krever døgnkontinuerlig kontroll og oppfølging

2.2.3 Glideforskalingen

Ved utføring av glidestøp benyttes en glideforskaling. Her beskrives oppbyggingen av en vanlig glideforskaling. Glideformen er formen som omslutter betongen. Den bygges i tre/finer eller av stålsetter, og er normalt 1,1-1,2 meter høy. På overflaten mot betongen kan formen ha formhud. Som formhud foreligger det gode erfaringer med glatte stålplater. Glideformen konstrueres normalt med positivt *slipp*. Det vil si at glideformen har mindre bredde øverst enn nederst, med en forskjell på rundt 5 mm. Glideformen er festet til løfteåkene. På baksiden av glideformen er arbeidsplattformen og under arbeidsplattformen er det et hengende stillas. Arbeidsplattformen og det hengende stillaset er også festet til løfteåkene [45].

Løfteåkene er stålkonstruksjoner som står på tvers av formen og går ned på hver side av formen. Normal avstand mellom løfteåkene er 1,5-2,0 meter. Løfteåkene holdes oppe av jekkene i løftesystemet, og det er en jekk på hver løfteåk. Jekkene er hydrauliske klatrejekker og virker etter strand jack-prinsippet. Jekkene klatrer normalt på runde stålstenger eller stålrør, som blir kalt for klatrestål. I tillegg til jekkene omfatter løftesystemet tilhørende hydraulikkaggregat og et styringssystem [45].

Figur 8 viser beskrevet oppbygging.



Figur 8: Snitt av en glideforskaling

2.2.4 Utførelse av glidestøp

Det kreves nøye planlegging i forkant av et glidestøparbeid. Viktige punkter i planleggingen er:

- Produksjon og distribusjon av betong
- Utforming av glideforskalingen
- Glidediagram: oversikt over ulike glidehastigheter og avbindingstider

- Armeringslister og glidelister: oversikter over armering, innstøpingsgods og utsparinger
- Herdetiltak
- Tiltak i forbindelse med vær- og temperaturforhold

Betongen støpes i jevnt fordelte lag over hele forskalingsformen. Lagene er normalt 10-25 cm tykke [45] og betongen fylles i formen ved bruk av tobbe, pumpe slang eller trillebåre. Figur 9 viser et glidestøp arbeid i forbindelse med oppføringen av en LNG-tank nær Porsgrunn.



Figur 9: Glidestøping av en LNG-tank [45]

2.2.5 Friksjon

Ved glidestøping glir forskalingen (glidepanelet) langs den støpte betongen med jevne tids mellomrom. Mellom glidepanelet og betongen er det friksjon og dette er derfor sentralt ved studier av glidestøpmetoden.

Friksjonen har betydning for den nødvendige løftkraften til jekkene og for dimensjonering og utforming av glideriggens konstruksjon. Mest betydning i forbindelse med glidestøp er likevel sammenhengen mellom friksjon og overflateskader. For betongoverflater utsatt for økende friksjonsbelastning er det økende risiko for overflateskader [47].

Friksjon er en kraft som virker mellom to flater og hindrer dem i å bevege seg fritt relativt til hverandre [48]. Friksjonskraften virker i motsatt retning av bevegelsen. Den generelle friksjonslov angir at størrelsen på friksjonskraften R avhenger av friksjonskoeffisienten μ og normalkraften N , og er gitt ved formelen:

$$R = \mu N$$

Friksjonskoeffisienten er karakteristisk for de to overflatene som beveger seg relativt til hverandre. Koeffisienten er i tillegg forskjellig for overflater som er i ro (statisk), og overflater som er i bevegelse og glir (kinetisk) relativt til hverandre. Statisk friksjonskoeffisient er større enn glidende friksjonskoeffisient, og ofte det dobbelte [48]. Det vil si at for to overflater som i utgangspunktet er i ro skal begynne å gli relativt til hverandre, er den nødvendige kraften for å få dem til å gli større enn kraften som er nødvendig for å opprettholde glidingen - gitt konstant normalkraft.

Statisk friksjonskraft: $R_s = \mu_s N$

Glidende friksjonskraft: $R_k = \mu_k N$

hvor: $\mu_s > \mu_k$

Forskjellen mellom statisk og glidende friksjonskoeffisient skyldes kohesjon. Dette er en molekylær attraksjonskraft som oppstår i kontaktflatene mellom like eller ulike stoffer.

Den generelle friksjonsloven gjelder for tørr friksjon, men forsøksprogram med glidestøp har vist at den også kan benyttes for fersk betong [47]. Den kan benyttes hvis en erstatter normaltrykket med effektivt poretrykk. Betong kan betraktes i to adskilte faser: faste partikler og vann. Vann har ikke skjærstyrke, og den ferske betongens skjærstyrke er basert på skjærstyrken mellom de faste partiklene [47]. Det er derfor kun de faste partiklene (kornskjelettet) som vil bidra til friksjon mot glidepanelet. Trykket mellom de faste partiklene kalles effektivt poretrykk. Det trykket som de faste partiklene avgir mot glidepanelet er også det effektive poretrykket. Basert på Terzaghis prinsipp er sammenhengen mellom effektivt poretrykk og normaltrykk gitt ved formelen:

$$\sigma' = \sigma - u \frac{A - A_c}{A}$$

σ' er effektivt poretrykk

σ er normaltrykket

u er poretrykket (vannfasen)

A_c er arealet der de faste partiklene er i kontakt

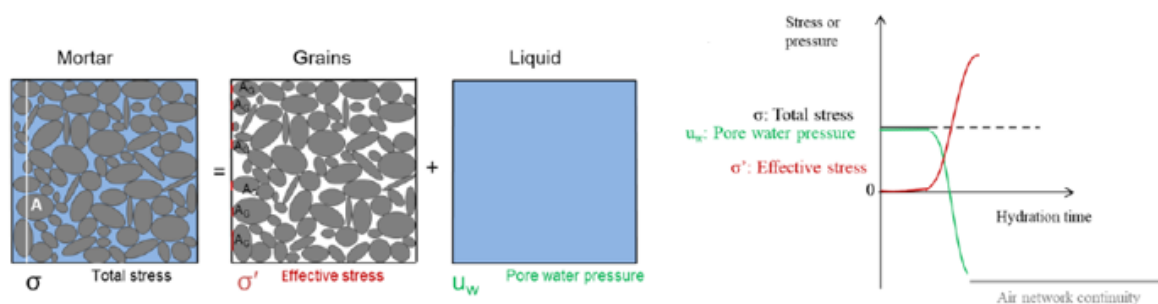
A er totalt areal

Normalt er $A \gg A_c$

Og formelen kan forenkles til: $\sigma' = \sigma - u$

Normaltrykket på glidepanelet er lik støptrykket. Dette avhenger av densiteten til betongen, betongens mobilitet og hvordan vibreringen er utført. I tillegg avhenger det av avstanden til herdefronten (kontaktsonen). Utgangspunktet for beregninger av støptrykket er det hydrostatiske trykket fra betongen [47].

Ved glidestøp er endringene i normaltrykket små, sammenlignet med endringene i poretrykket. Derfor er det først og fremst endringer poretrykket som forårsaker endringer i effektivt poretrykk.



Figur 10: Terzaghis prinsipp [49]

2.2.6 Poretrykk

2.2.6.1 Generelt

Betong består av porer, som er små hulrom eller passasjer i betongen. Disse porene kan være tomme, inneholde luft eller væske. Det er fire ulike typer porer i betong: kontraksjonsporer, kapillærporer, gelporer og luftporer. Med poretrykk menes det i denne sammenheng, trykket til vannet i kapillærporene.

Dannelsen av kontraksjonsporene er et resultat av hydratasjonen av sementen i betongen. Hydratasjon er den kjemiske reaksjonen mellom sement og vann og som produserer C-S-H (kalsiumsilikathydrat) og C-H (kalsiumhydrat). Produktene som blir produsert av denne reaksjonen har et mindre volum enn de inngående reaktantene, som er sement og vann. I henhold til Powers modell er denne volumreduksjonen 25,6 % av volumet av den reagerte vannmengden [50]. Dette reduserte volumet kalles for kjemisk svinn. Volumreduksjonen fører til at det blir dannet tomme porer i betongen, og dette er kontraksjonsporene.

Hydratasjonen skjer over lang tid og vannet som ikke enda har reagert med sement (fritt vann), danner kapillærporene. Ved hydratasjonen blir det produsert C-S-H i form av nåleformede krystaller og dette danner et fint nettverk. Mellom C-S-H krystallene er det hulrom og dette utgjør kontraksjonsporene og kapillærporene. De smaleste passasjene i C-S-H-nettverket kalles gelporer. Gelporene har vann som er fysisk bundet til overflaten og som ikke er tilgjengelig for hydratasjon. Luftporer er porer som blir dannet naturlig ved at luft blir

pisket inn i betongen under blanding og utgjør typisk ca. 2 % av det totale betongvolumet. Dette volumet kan økes ved bruk av luftinnførende tilsetningsstoff [50].

2.2.6.2 Endring i poretrykk

Betongens utvikling etter blanding kan deles inn i tre faser: flytende fase, semiflytende fase og herdefase. Flytende fase starter etter blanding. I denne fasen er støpeligheten god og det er i denne fasen at betongen støpes i formen. Setninger og bløding finner sted, og hydratasjonen er lav. Fasen slutter når setninger og hydratasjon har ført til partikkelkontakt og til dannelsen av et selv bærende kornskjelett. Deretter starter semiflytende fase. I denne fasen er hydratasjonen fortsatt lav, men hydratasjonen fører nå til dannelsen av indre tomme porer (kontraksjonsporer). Semiflytende fase slutter ved avbinding av betongen. Avbinding karakteriseres med en markant økning i temperatur og hydratasjon. Etter avbinding er herdefasen [47].

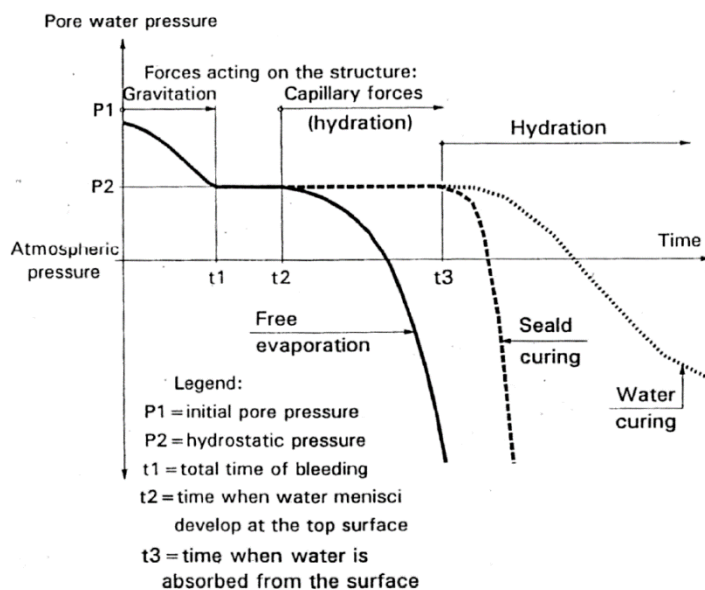
Poretrykket i betongen er ikke konstant. Fra og med betongen blir støpt og videre gjennom flytende fase, gjennom semiflytende fase og utover i herdefasen, er poretrykket i endring. Denne endringen forårsakes av to hovedprosesser: *setninger og bløding, hydratasjon og kjemisk svinn*.

Setninger og bløding

I den første tiden etter betongen er støpt er disse prosessene hovedårsaken til endringene i poretrykk. Setninger (plastiske setninger) er en prosess som omhandler at partikler i betongen synker nedover grunnet gravitasjon, til de får kontakt med andre partikler og danner et kornskjelett. Når dette skjer, vil vekten av partiklene ikke lenger bli båret av vannfasen. Dette fører til et redusert trykk for vannfasen. Samtidig med setninger oppstår det bløding, også kalt vannseperasjon, i betongen. Dette er en prosess hvor deler av vanninnholdet i betongen strømmer oppover mot betongoverflaten. Dette vannet samler seg i lommer under grove tilslagspartikler eller armeringsjern, eller når fram til overflaten og legger seg som en vannfilm her [50]. Figur 11 illustrerer endringen i poretrykk som følge av setninger og bløding med et fall fra start (t_0) til t_1 . I tiden etterpå, fra t_1 til t_2 , er det liten endring i poretrykk. Dette skyldes reduserte setninger, grunnet størstedelen har allerede funnet sted, og en redusert blødingrate som følge av at overflaten er blitt dekket av en vannfilm. Etter hvert vil poretrykket igjen bli redusert. Dette skyldes at fordampingsraten av vannet på overflaten etter hvert overstiger blødingraten. Dette fører til at vannivået synker ned mellom partiklene og kapillære menisker oppstår. Også hydratasjonen bidrar til at vannivået synker ned mellom partiklene, ved at hydratasjonen nå fører til dannelsen av indre tomme porer og et indre undertrykk. Med dannelsen av kapillære menisker ved overflaten skapes det et undertrykk i porevannet og et redusert poretrykk. Dette vises på figur 11 i tiden etter t_2 . Undertrykket fra de kapillære meniskene ved overflaten fører også til dannelsen av overflateriss som blir kalt for plastiske svinnriss [47] [51].

Hydratasjon og kjemisk svinn

Etter hvert som betongen binder av og hydratasjonen øker, vil poretrykket bli redusert som følge av dannelsen av kontraksjonsporner (kjemisk svinn). Dette ved at det indre faste volumet blir redusert, samtidig som det ytre volumet forblir tilnærmet konstant. Samtidig fører økt hydratasjonsgrad til en finere porestruktur som gir økte indre kapillæreffekter. Hydratasjonen fører til at kapillærporene blir delvis vannfylte, og i overgangen mellom vann og luft dannes det kapillære menisker. Gelporene bidrar også til dette ved å drenere vann fra kapillærporene og binde dette til overflaten sin (fysisk bundet vann). Med dannelsen av kapillære menisker skapes det et undertrykk i porevannet og et redusert poretrykk. Reduksjonen i poretrykk som følge av hydratasjon og kjemisk svinn vises på figur 11 i tiden etter t_3 . Med økende hydratasjonsgrad blir etter hvert poretrykket negativt, det vil si et trykk som er lavere enn det atmosfæriske trykk. Etter en periode med økende negativt poretrykk nås målingenes laveste poretrykk (*break-through pressure*). Dette omtales også som minimumsporetrykket. Deretter oppleves det at poretrykket øker og til slutt stabiliseres det. Dette representerer når hydratasjonen har ført til at vannet i kapillærporene i betongen (vannfasen) ikke lenger danner et sammenhengende nettverk [47].



Figur 11: Endring i betongens poretrykk [47]

Autogent svinn

Som følge av reduksjonen i poretrykk, som kapillæreffektene og kjemisk svinn forårsaker, blir det økte strekkspenninger i det omliggende materialet. Resultatet av dette er en kontraksjon og en ytre volumreduksjon av betongen, som blir kalt for autogent svinn. Sammenlignet med den indre volumreduksjonen som følge av kjemisk svinn, er den ytre

volumreduksjonen mindre. Til eksempel er reduksjonen i volum for M40-betong, 2 % indre og 0,06-0,09 % ytre [50].

Påvirkende forhold

Kapillæreffekten og dannelsen av vannmenisker kan beskrives med Young Laplace-ligningen. Denne angir at trykkendringen er omvendt proporsjonal med poreradius. Det vil si at en finere porestruktur vil gi økt endring (reduksjon) av trykket i vannet (poretrykk).

Forhold som påvirker kapillæreffektene, er konsentrasjonen og størrelsene til partiklene i betongen. Høy partikkelkonsentrasjon og finere partikkelstørrelser gir økte kapillæreffekter [52]. Dette kan finne sted i betong med lave masseforhold, økte mengder finstoff, finmalt sement og tilsetning av silika.

Tilsetning av pozzolaner har betydning for graden av kjemisk svinn. Det antas at reaksjonen med pozzolaner fører til dobbelt så stort kjemisk svinn som med vanlig portlandsement [50]. Som tidligere beskrevet fører kjemisk svinn - dannelsen av kontraksjonsporene til et redusert poretrykk. Et forhold som reduserer virkningen av dette på poretrykket, er luftinnholdet i betongen. Luftinnholdet vil fungere som en buffer og med økende luftinnhold vil virkningen av kjemisk svinn på poretrykket bli redusert [52].

2.2.7 Glidehastighet

Forskalingens glidehastighet er middelhastigheten som forskalingen forflytter seg med. Normal glidehastighet er 2-4 meter per dag, men det er også mulig å gli raskere [45]. Lavere glidehastighet enn 2 m/dag er mer utsatt for groing [45]. Den eksakte glidehastigheten planlegges på forhånd på grunnlag av flere faktorer. Disse kan være: produksjonskapasitet til betong, utstøpingskapasitet, tilsetningsmaterialer, mengdene av armering, innstøpingsgods, utsparinger og geometriske endringer. I tillegg har avbindingstiden til betongen betydning for glidehastigheten. Ved behov kan avbindingstiden modifiseres ved å tilsette størkningsretarderende eller størkningsakselererende tilsetningsstoffer i betongblandingen. Til å beregne glidehastigheten kan følgende formel [53] benyttes:

$$V_s = \frac{h_1 - h_2}{t_s - t_t}$$

h_1 er avstanden øvre forskalingskant – herdefront

h_2 er avstanden øvre forskalingskant - den fylte betongen (fribord)

t_s er betongens avbindingstid

t_t er tiden mellom betongen ble produsert og til den ble fylt i formen.

Løftefrekvensen er hvor ofte et løft skal skje. Løftehøyden er hvor høyt forskalingen løftes

for hvert løft. Normalt er løftehøyden mellom 15 mm og 30 mm [45]. Forholdet mellom glidehastighet, løftehøyde og løftefrekvens er:

$$V_s = H_l \cdot f_l$$

H_l er løftehøyden

f_l er løftefrekvens

2.2.8 Overflateskader ved glidestøp

Ved glidestøp kan det oppstå skader på betongoverflaten. Hvis ikke skadene blir utbedret kan de svekke betongkonstruksjonens bestandighet. Med dette menes betongkonstruksjonens evner til brukbarhet, styrke og stabilitet gjennom dens dimensjonerte bruksperiode [50]. Overflateskadene kan svekke bestandigheten ved å direkte redusere overdekningen til armeringen, eller ved å forringe overdekningens bestandighetsegenskaper.

Forringete bestandighetsegenskaper i overdekningen kan skyldes løfteriss, men kan også skyldes en mer porøs betong som følge av dårlig komprimering eller mangelfulle herdetiltak [45].

Med redusert tykkelse eller betongkvalitet i overdekningen, reduseres motstanden mot armeringskorrosjon. Dette skyldes en kortere initieringsperiode for karbonatisering- og kloridinntrengnings-prosessene. Når korrosjon av armeringen finner sted, vil den omliggende betongen sprekke opp og skalle av. I tillegg blir styrken til selve armeringen redusert. Ved dimensjonering av betongkonstruksjoner for bestandighet, fastsettes en eksponeringsklasse etter hvilke typer miljøpåvirkninger som konstruksjonen blir utsatt for. Eksponeringsklassene er definert i NS-EN 206:2013+A1+NA og består av 20 ulike klasser:

- X0: Ingen risiko for korrosjon eller nedbrytning.
- XC1-XC4: Armert betong som utsettes for karbonatisering.
- XD1-XD3: Armert betong som utsettes for klorider som ikke er fra sjøvann.
- XS1-XS3: Armert betong som utsettes for klorider fra sjøvann.
- XF1-XF4: Betong som utsettes for frysing/tining i fuktig tilstand.
- XA1-XA3: Betong utsatt for kjemiske angrep fra naturlig jord og grunnvann

Med utgangspunkt i eksponeringsklassen er det minimumskrav til betongens bestandighetsklasse (M/MF-klasse), og til minimum overdekning til armeringen ($C_{min.dur}$). Et tiltak for å minimere risikoen for at eventuelle overflateskader ved glidestøp skal svekke bestandigheten, er å ytterligere øke overdekningen til armeringen.

Andre forebyggende tiltak er å forenkle konstruksjonens geometri og detaljer, og å ha krav til at den utførende har teoretiske kunnskaper og praktiske erfaringer med glidestøp [45].

For overflateskader som har oppstått, kan eventuelle utbedringer av disse gjøres underveis fra hengestillaset. Noen av overflateskadene kan utbedres med reparasjonsmørtel. Et annet utbedringstiltak er *filsing*, som gir betongoverflaten et glatt og pusset utseende. Dette tiltaket utføres i hovedsak av estetiske hensyn. Alle eventuelle utbedringer av overflateskader krever tid og ekstra arbeidsressurser, og det er derfor viktig å få redusert omfanget av at de først oppstår. Dette er mulig ved korrekt utførelse og god planlegging [45].

Videre beskrives de vanligste overflateskadene ved glidestøping [47] [45]:

Løfteriss

Dette er riss på tvers av glideretningen. Løfteriss oppstår ved løfting ved at friksjonen blir større enn betongens kapasitet. Årsaker til dette er for lav løftfrekvens, skjevløfting, eller negativt slipp på formen. For lav løftfrekvensen fører til at det oppstår sterkere bindinger mellom betongen, som øker friksjonen ved løfting. Løfteriss oppstår ikke i den plastiske betongen, det vil si kun nedenfor herdefronten. For å redusere løfteriss er det derfor også viktig at herdefronten ligger lavt i formen.

Groing

Dette omhandler dannelsen av klumper av sementlim som fester seg til glidepanelet. Prosessen begynner i det små med dannelsen av små tynne lag av sementlim. Etter hvert som glidestøpingen pågår, gror eller vokser lagene til små klumper. Disse klumpene forårsaker vertikale striper/sår i overflaten til betongen. Groing er relatert til hvilken type formhud som benyttes, værforholdene, betongresept, og mengden og plasseringen av innstøpingsgodset. Værforhold hvor det er økende tendens til groing er direkte sol og omgivelsestemperaturer over 20°C. Med økende groing vil også friksjonen øke.

Et tiltak for å redusere groing er regelmessig rengjøring av glidepanelet (øvre del). Glidepanelets nedre del kan rengjøres der det er utsparinger. Ved glidestøping av høye konstruksjoner bør det benyttes en forskaling med utskiftbare glidepaneler av hensynet til groing. For å redusere groing i øvre del er det viktig at formen er til enhver tid tilnærmet full, samt at det støpes i jevnt fordelte lag slik at fribordets høyde holdes konstant.

Utglijding

Utglijding og dannelsen av valker oppstår når betongen mister støtten av glidepanelet og samtidig ikke har tilstrekkelig styrke. Ved utglijding glir betong nedover og fester seg på utsiden av den eldre betongen. Utglijding kan oppstå ved skjevløfting av forskalingen, ved at herdefronten er for lavt i formen eller at slippet på formen er for stor.

Delaminering

Dette omhandler at tynne lag med betong i overdekningen blir utskilt og slipper løs. Delaminering kan være i form av vertikale riss parallelt med armeringen, eller i form av enkelte områder med redusert overdekning.

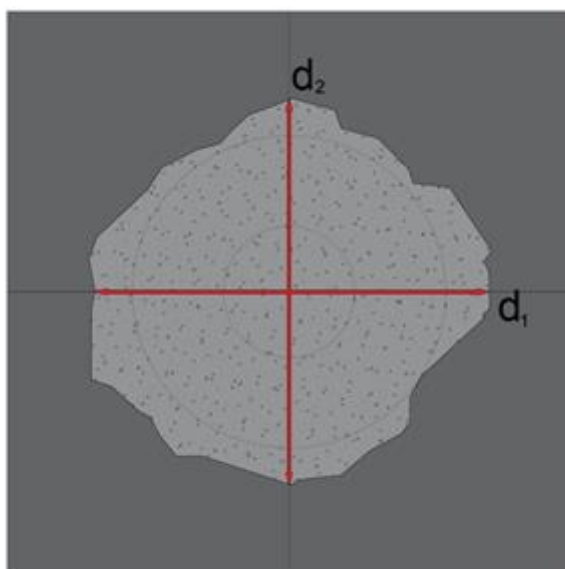
3. Metoder

3.1 Synkutbredelsesmål

Måling av synkutbredelse (*Slump-flow*) gjøres etter metoden foreskrevet i NS-EN 12350-2:2019 og vurderes etter synkutbredelsesklassene opptegnet i NS-EN 206:2013. Disse målene brukes til å vurdere konsistensen til betongen.

Det benyttes en synkkjegle og et flatt underlag, disse fuktes før kjeglen plasseres på underlaget og fylles med betong. Ved testing av selvkomprimerende betong er det ikke nødvendig å komprimere betongen i kjeglen, da komprimering vil kunne føre til separasjon i betongen. Når kjeglen er fylt helt opp og avrettet i toppen, løftes den i en jevn, vertikal bevegelse. Løftet skal ta ca. to til fem sekunder. Totalt skal tiden før kjeglen fylles med betong til den løftes ikke overstige 150 sekunder.

Etter at kjeglen er løftet, måles diameteren til den utbredte betongen. d_1 er den største diameteren av den utbredte betongen, målt til nærmeste 10 mm. d_2 er diameteren som er målt vinkelrett på d_1 , målt til nærmeste 10 mm.



Figur 12: Illustrasjon av synkutbredelsesmål

Gitt at differansen mellom d_1 og d_2 ikke overskrider 50 mm kan synkutbredelsen (SF) angis som:

$$SF = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Betongens synkutbredelsesklasse kan bestemmes ut fra tabellen under.

Tabell 3

Synkutbredelsesklasser (Tabell 6 i NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2020)

Klasse	Synkutbredelse prøvd etter NS-EN 12350-8 mm
SF1	550 til 650
SF2	660 til 750
SF3	760 til 850

For at en betong skal regnes som selvkomprimerende (SKB) må den tilfredsstillende krav som følger av NS-EN 206:2013+A1+NA G.1 (2). Dersom en fersk betong testet etter synkutbredelsesmål skal anses som selvkomprimerende må den tilfredsstillende krav til en av synkutbredelsesklassene. Betonger som har synkutbredelsesmål større enn 850 mm også kan benyttes som selvkomprimerende betong. Slik bruk fordrer varsomhet og en anbefalt tilslagsdiameter på maksimalt 12 mm, i henhold til SKB-veilederen som NS-EN 206 henviser til [54].

3.2 Luftinnhold

Luftinnholdet av betongblandingene måles ved bruk av trykkmålemetoden beskrevet i NS-EN 12350-7: 2019 pkt. 6.

Det brukes en åtte liter luftprøvningsbeholder. Denne beholderen renses og fuktes før den fylles med betong. Ved bruk av selvkomprimerende betong, er det ikke nødvendig å komprimere betongen i beholderen. Beholderen fylles til toppen og rettes av. Kanten av beholderen renses grundig. Overdelstykket settes på beholderen og hovedluftventilen lukkes. Ventilene A og B åpnes (se figur 13b). Det brukes en sprøyte til å presse vann inn den ene av ventilene A og B, til det presses vann ut av den andre ventilen. Avtappingsventilen på luftkammeret stenges og pumpen brukes til å pumpe luft inn i luftkammeret, slik at viseren på trykkmåleren treffer linjen for starttrykk (*initial pressure*). Apparatet får så hvile til luften tilpasses romtemperaturen. Man pumper så luft inn eller ut av beholderen til viseren på trykkmåleren igjen viser starttrykk. Ventilene A og B stenges og hovedluftventilen åpnes. Verdien som nå kan leses av trykkmåleren er luftinnholdet i betongprøven gitt i prosent ± 0.1 %. Denne verdien betegnes A_I .

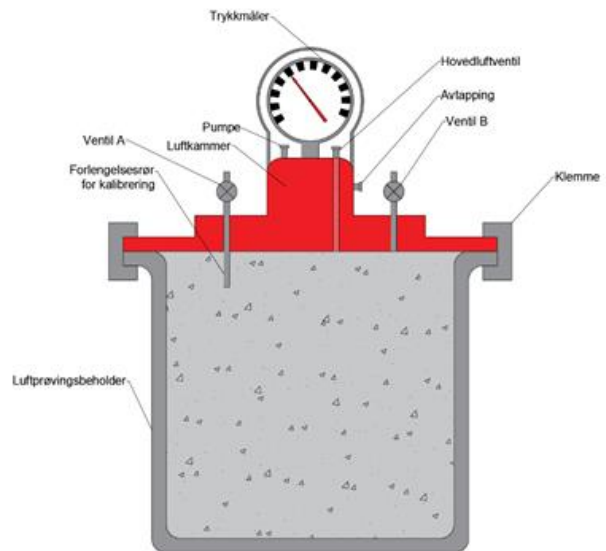
Ventilene A og B åpnes, og overdelstykket fjernes.

Luftinnholdet i betongprøven angis mer nøyaktig som:

$$A_C = A_I - G$$

Der G er korreksjonsfaktoren til tilslaget. Det forutsettes at $G = 0$. Dvs. at:

$$A_C = A_I$$



Figur 13 a/b: Luftprøvingsapparat og illustrasjon over luftprøvingsapparat

3.3 Densitet av fersk betong

Måling av densiteten til fersk betong gjøres i samsvar med metoden foreskrevet i NS-EN 12350-6:2019.

Som densitetsbeholder benyttes den samme beholderen som ble brukt til måling av luftinnhold. Beholderen rengjøres og tørkes. Vekten av den tomme beholderen (m_1) måles til nærmeste 0,01 kg.

Volumet av beholderen bestemmes ved å fylle beholderen med vann og måle vekten av den vannfylte beholderen til nærmeste 0,01 kg. Vektdifferansen mellom den vannfylte beholderen og den tomme beholderen bestemmes. Denne vektdifferansen [kg] divideres med 998 kg/m^3 for å finne beholderens volum [m^3]. Beholderen som ble benyttet hadde et volum på åtte liter, dvs. $0,008 \text{ m}^3$.

Beholderen ble deretter fylt med betong. Ettersom det benyttes selvkomprimerende betong er det ikke behov for å komprimere betongen, beholderen fylles i et enkelt lag betong. Toppen av beholderen rettes av med et avrettingsbrett og utsiden av beholderen rengjøres. Vekten av

den fylte beholderen (m_2) måles til nærmeste 0,01 kg.

Densiteten av den ferske betongen angis som:

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

der

D er densiteten av den ferske betongen [kg/m^3]

m_1 er densitetsbeholderens masse [kg]

m_2 er densitetsbeholderens masse [kg]

V er densitetsbeholderens volum [m^3]

3.4 Støping og herding av prøvelegemer

Betongprøvene tas i samsvar med metoden foreskrevet i NS-EN 12350-1. Støpningen gjøres i samsvar med NS-EN 12390-2:2019.

Prøvelegemer støpes som terninger med dimensjoner: 100mm×100mm×100mm.

Før formene fylles med betong sprayeres de med slippmiddel for å forhindre at de herdede prøvelegemene festes til formene. Ved bruk av selvkomprimerende betong, er det ikke behov for å komprimere betongen i formene.



Figur 14: Støpte prøvelegemer for resept B

Når formene er fullt opp avrettes de med flattjern. Prøvelegemene lagres på en temperatur på ca. 20 °C i ca. 24 timer. Prøvelegemene fjernes så fra formene. Hvert prøvelegeme merkes og

nummeres med fettstift. Prøvelegemene legges for å herde i vannbad med temperatur ca. 20°C. Ved klassifisering av betongenes styrke benyttes den målte trykkfastheten etter 28 døgn [55].

3.5 Trykkfasthet av prøvelegemer

Prøvelegemenes trykkfasthet testes i samsvar med metoden foreskrevet i NS-EN 12390-3. For hver betongblanding testes to prøvelegemer.

Forut for at testen utføres rengjøres trykkprøvingsmaskinen og alle eventuelle partikler eller annet fjernes fra overflatene til maskinen. Prøvelegemene plasseres på trykkprøvingsmaskinen slik at de utsettes for trykk på den flate oversiden som var mot forskalingsformen under støpingen.

Prøvelegemene utsettes for en økende kraftbelastning inntil de gir etter. Trykkmålingsmaskinen måler kraften ved bruddtidspunktet. Trykkbelastningen som prøvelegemene ble utsatt for ved bruddet kan angis som:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

der

f_c er den kompressive styrken [MPa]

F er bruddkraften

A_c er overflatearealet av prøvelegemene, $A_c = 10000 \text{ mm}^2$ for alle prøvelegemene.

Ettersom det kun testes to prøveelementer for hver herdelengde av hver betongresept, velges det å ikke oppgi standardavvik og variasjonskoeffisient i resultatoversikten.

4. Gliderigg

4.1 Beskrivelse av gliderigg

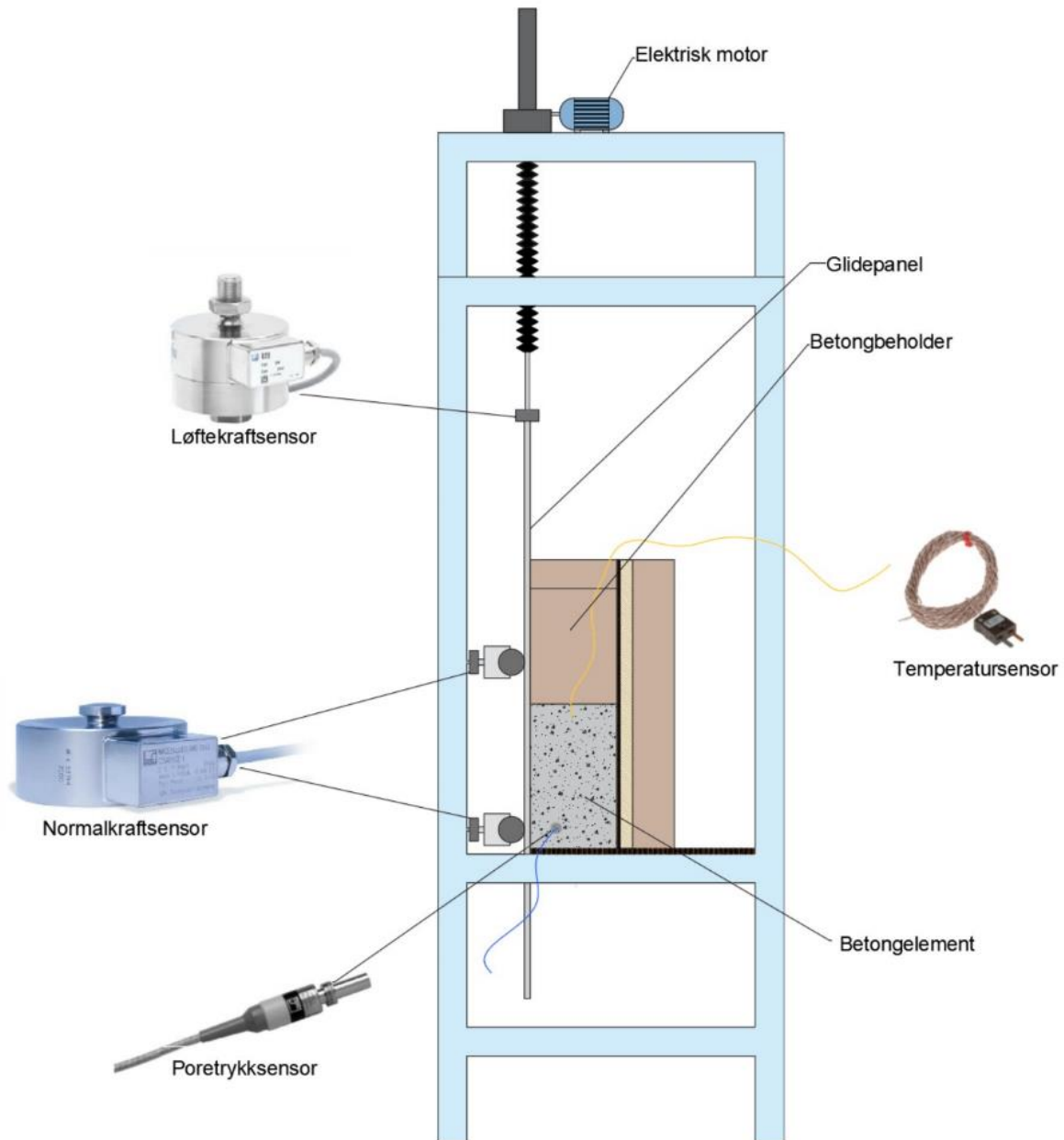
Glideriggen ved UiS er konstruert i stål av RHS-elementer med dimensjon 100mm×100mm. Høyden av rammen til glideriggen er 3000 mm.



Figur 15: Gliderigg sett forfra

Glideriggen benyttes til å glidestøpe vertikalt. Riggen foretar målinger av parametere som har relevans for friksjonen som glidestøpingen medfører. Målingene vil kunne tolkes i lys av eventuelle skader som det støpte betongelementet måtte ha i overflaten. Det er hovedsakelig, porevanntrykk, løftekraft og -frekvens, normalkraft mot glidepanelet, glidepanelets posisjon, og temperaturutvikling i betongelementet som måles. Glideriggen registrerer data med frekvens 10Hz.

Glideriggen er egnet til å simulere tilsvarende forhold som er aktuelle ved glidestøping.



Figur 16: Illustrasjon av tverrsnitt av gliderigg fra siden

4.1.1 Betongbeholder

Betongbeholderen er plassert inne i glideriggen og er laget av kryssfinerplater med filmbelagt overflate mot innsiden av beholderen. Målene til beholderen er 600 mm bred, 300 mm dyp og ca. 900 mm høy. Det gir en maksimumkapasitet på ca. 160 liter. Ved glidestøping sperres frontåpningen til betongbeholdere med en forskalingslem som er 600 mm bred og 1000 mm høy.



Figur 17: Betongbeholder

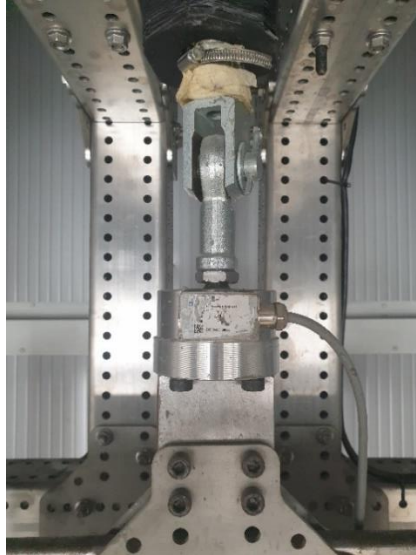
4.1.2 Glidepanel

Glidepanelet består av en 22 mm tykk kryssfinerplate, kledd med 0,9 mm tykke stålplater på begge sidene. Glidepanelet er 2000 mm langt og 600 mm bredt.

På toppen av glideriggen er det montert en elektrisk motor som presist løfter glidepanelet, til ønsket høyde og frekvens. For disse forsøkene ble glidepanelet først løftet 12 mm og deretter senket ned 2 mm, hvert 12,5 minutt. Det gir løftehastighet 48 mm per time. Totalt kan glidepanelet løftes 1000 mm, men som følge av nødvendige marginer løftes det ikke høyere enn 930 mm [56].

4.1.3 Løftekraftsensor

Mellom staget som løftes av den elektriske motoren og glidepanelet er det montert en kraftsensor som registrer løftekraften som utøves på glidepanelet. Sensoren er av typen HMB U2B. Sensoren kan registrere krefter inntil 20 kN.

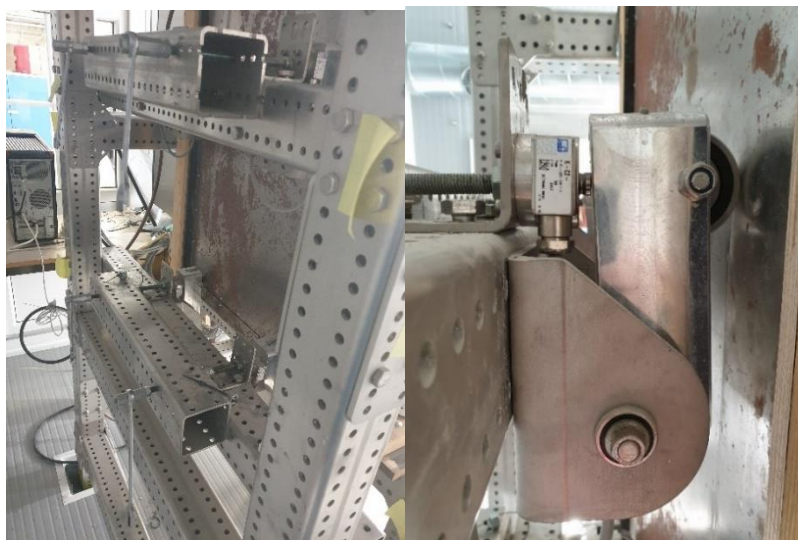


Figur 18: Løftekraftsensor

4.1.4 Normalkraftsensor

På baksiden av glidepanelet er det plassert fire normalkraftsenser som måler den kraften som betongen yter horisontalt mot glidepanelet. Sensorene er plassert parvis i to høyder. De nederste sensorene er plassert 70 mm fra bunnen av betongbeholderen. De øverste sensorene er plassert 650 mm over bunnen av betongbeholderen. Sensorene er plassert symmetrisk i forhold til glidepanelet med en senteravstand på 400 mm.

Sensorene er av typen HBM C2, som er utstyrt med ruller som bidrar til å fordele trykket fra glidepanelet. Sensorene registrer krefter opptil 5 kN.



Figur 19 a/b: Plassering av normalkraftsensor på bakside av glidepanel. Normalkraftsensor sett fra siden.

Sensorenes trykk på glidepanelet kan justeres med bolter fra baksiden av glideriggen. Dette gjøres jevnlig i de første timene etter at glideriggen er startet, slik at de har jevnt trykk frem til betongen begynner å binde av.

4.1.5 Temperatursensor

Temperaturutvikling ble registrert ved bruk av ett termoelement av typen Type T Thermocouple (kobber/konstantan). Sensoren er egnet for målinger i intervallet -200°C til 350°C . Det benyttes en måler som plasseres omtrent i senter av toppen til betongelementet. Sensoren føres ca. 100 mm ned i den ferske betongen.

4.1.6 Poretrykkssensor

Portvanntrykket måles gjennom hele glidestøpperperioden. Poretrykkmåleren som benyttes kan registrere poretrykk opp til 10 bar.



Figur 20 a/b: Poretrykksmåler med påmontert nål. Holder for poretrykksmåler i betongbeholder.

Poretrykksensoren er av typen HBM P8AP. Den har en 100 mm langt stål rør med en indre diameter på 3 mm. Det er montert en nål på enden av sensoren. Nederst på nålen er det et kammer som fylles med vann. Det skal ikke være luft i kammeret eller nålen, da dette vil påvirke poretrykkmålingene.

Nålen stikkes inn i siden av nedre del av betongbeholderen. Den plasseres omtrent 90 mm fra glidepanelet i en høyde 200 mm over bunnen av betongbeholderen. Tilstrekkelig avstand mellom glidepanelet og poretrykkssensoren er nødvendig for at målingene ikke skal påvirkes av poretrykksendringer som følge av glidepanelets bevegelser. For at sensoren skal fungere som tilsiktet er det en forutsetning at den er fri for all luft. Den fylles med vann før den plasseres i måleposisjonen.

4.2 Utførelse av glidestøp

Før glidestøptesten foretas, renses alle overflatene på innsiden av betongbeholderen og glidepanelet grundig. Innsiden av betongbeholderen smøres med forskalingsolje, slik at betongelementet lettere kan tas ut av glideriggen etter ferdig utført test. Glippene mellom glidepanelet og betongbeholderen tettes med forskalingsteip. Frontåpningen på betongbeholderen forsegles med forskalingslemmen. Målesensorene nullstilles, og riggen begynner å registrere data.

Betongen tilsettes betongbeholderen med en stor balje. For alle testforsøkene tilsettes betongen med tre baljer betong, tilsvarende ca. 90-100 l fersk betong. Det tar ca. 30 min fra vannet tilsettes i betongblanderen til betongen støpes ut i glideriggen. Det foretas ingen form for kompresjon for testforsøkene (med unntak av resept SF6, på grunn av den seige og kohesive karakteren til den ferske betongen).

En temperatursensor føres inn i toppen av den ferske betongen. Det stappes en bolt i senter av den ferske betongen. Boltene brukes til å heise det herdede betongelementet etter fullført glidestøpstest.

Det ventes omtrent 1-1,5 timer fra den ferske betongen er støpt ut i glideriggen til løfteprogrammet til glidepanelet startes. Løfteprogrammet og målingene forsetter i ca. ett døgn.

I timene frem til betongen begynner å binde av foretas det jevnlig justeringer av normalkraftsensorene på baksiden av glidepanelet, for å holde normalkraftmålingene jevne.

Dagen etter glidestøpstesten, stoppes glideriggen og dataene fra testen lagres. Det herdede betongelementet løftes ut av glideriggen med gaffeltrøkk. Overflaten til betongelementet inspiseres for eventuelle skader og sår i overflaten.

5. Prøveprogram

5.1 Materialer

5.1.1 Sementer

Norcem Anleggssement

Norcem Anleggssement (CEM I 52,5 N) benyttes som sement i referanseblandingen. Dette er en sement utviklet for bruk i anleggskonstruksjoner. Denne sementen er tilpasset norske forhold og bestandighetsklasse M45/MF45 eller strengere. Sementen kan anvendes for alle bestandighets-, eksponerings- og fasthetsklasser. Sementen produseres i Norge.

Sementens klinkerinhold er ca. 96 %.

Tabell 4

Deklarerte data for Norcem Anleggssement

Innhold	Deklarerte data
Sulfat (SO ₃)	≤ 4,0 %
Klorid (Cl ⁻)	≤ 0,085 %
Vannløselig krom (Cr ⁶⁺)	≤ 2,0 ppm.
Alkalier (Na ₂ O _{ekv.})	0,6 %
Klinker	96,0 %
Sekundære bestanddeler	4,0 %
Egenskaper	
Finhet	415 m ² /kg (Blaine)
Densitet	3,14 kg/dm ³
Ekspansjon	1 mm
Begynnende størkning	120 min
Trykkfasthet	1 døgn 21 MPa
	2 døgn 33 MPa
	7 døgn 49 MPa
	28 døgn 63 MPa

*Data hentet fra EPD og produktblad

Ifølge EPDen til Norcem Anleggssement så har den en GWP-verdi for produksjonen av sementen (A1-A3) tilsvarende 726,0 kg CO₂-ekvivalenter per tonn sement.

Norcem Anlegg FA

Norcem Anlegg FA (CEM II/A-V 42,5 N) benyttes for tre av betongblandingene. Dette er til likhet med Norcem Anleggssement også en sement utviklet for bruk i anleggskonstruksjoner.

Denne sementen er tilpasset norske forhold og bestandighetsklasse M45/MF45 eller strengere, men kan anvendes for alle bestandighets-, eksponerings- og fasthetsklasser. Sementen har lav varmeutvikling. Den er særlig egnet for bruk i massive konstruksjoner og konstruksjoner med høy slutfasthet. Sementen produseres i Norge.

Til sammenligning med Anleggssementen har Anlegg FA et lavere klinkerinnehold (81,0 %) og et flygeaskeinnhold på 15,0 %. Flygeasken er klassifisert som kiselholdig.

Tabell 5

Deklarerte data for Norcem Anlegg FA

Innhold	Deklarerte data
Sulfat (SO ₃)	≤ 3,5 %
Klorid (Cl ⁻)	≤ 0,070 %
Vannløselig krom (Cr ⁶⁺)	≤ 2,0 ppm.
Alkalier (Na ₂ O _{ekv.})	0,5 %
Klinker	81,0 %
Flygeaske	15,0 %
Sekundære bestanddeler (Kalkmel)	4,0 %
Egenskaper	
Finhet	390 m ² /kg (Blaine)
Densitet	3,02 kg/dm ³
Ekspansjon	1 mm
Begynnende størkning	165 min.
	1 døgn 12 MPa
Trykkfasthet	2 døgn 21 MPa
	7 døgn 37 MPa
	28 døgn 53 MPa

*Data hentet fra EPD og produktblad

Ifølge EPDen til Norcem Anlegg FA har den en GWP-verdi for produksjonen av sementen (A1-A3) tilsvarende 607,0 kg CO₂-ekvivalenter per tonn sement.

Schwenk Miljøsement

Schwenk Miljøsement (CEM II/B-S 52,2 N) benyttes i én av betongreseptene. Miljøsementen er utviklet for profesjonell bruk i bygg, anlegg og industrielle installasjoner. Den kan også brukes til produksjon av betongelementer og betongprodukter. Sementen kan brukes i betong, mørtel, sparkel og puss. Sementen produseres i Tyskland.

Sementen har et klinkerinnehold på ca. 63,0 % og et slagginnehold på ca. 30 %.

Både Schwenk miljøsement og lavvarmesement ble tidligere distribuert av CEMEX i Norge. I 2019 ble CEMEX Norge oppkjøpt av Schwenk AS.

Tabell 6

Deklarerte data for Schwenk Miljøsement

Innhold	Deklarerte data
Sulfat (SO ₃)	≤ 3,1 %
Klorid (Cl ⁻)	≤ 0,070 %
Vannløselig krom (Cr ⁶⁺)	≤ 2,0 ppm.
Alkalier (Na ₂ O _{ekv.})	0,85 %
Klinker	63,0 %
Slagg	~ 30 %
Egenskaper	
Finhet	460 m ² /kg (Blaine)
Densitet	3,06 kg/dm ³
Ekspansjon	1 mm
Begynnende størkning	170 min.
	1 døgn 16 MPa
Trykkfasthet	2 døgn 28 MPa
	28 døgn 59 MPa

*Data hentet fra produktblad og EPD

Ifølge EPDen til Schwenk Miljøsement har den en GWP-verdi for produksjonen av sementen (A1-A3) tilsvarende 537,7 kg CO₂-ekvivalenter per tonn sement.

Schwenk Lavvarmesement

Schwenk Lavvarmesement (CEM III/B 42,5 L-LH/SR (na)) er en sement type som anvendes til bruk i betong, mørtel, sparkel og puss for profesjonelt bruk. Lavvarmesementens høye slagginnhold gjør at den får en lav topptemperatur og en saktere avbindingstid sammenlignet med sementer med høyere klinkerinnhold. Sementen produseres i Tyskland

Lavvarmesementen har et klinkerinnhold på ca. 30 % og et slagginnhold på ca. 70 %.

Tabell 7

Deklarerte data for Schwenk Lavvarmesement

Innhold	Deklarerte data
Sulfat (SO ₃)	≤ 2,1 %
Klorid (Cl ⁻)	≤ 0,050 %
Vannløselig krom (Cr ⁶⁺)	≤ 2,0 ppm.
Alkalier (Na ₂ O _{ekv.})	0,79 %
Klinker	27,7 %
Slagg	67,4 %
Egenskaper	
Finhet	470 m ² /kg (Blaine)
Densitet	2,98 kg/dm ³
Ekspansjon	0,3 mm
Begynnende størkning	230 min.
Trykkfasthet	2 døgn 28 MPa
	7 døgn 36 MPa
	28 døgn 58 MPa
	56 døgn 64 MPa

*Data hentet fra produktblad og EPD

Ifølge EPDen til Schwenk Lavvarmesement har den en GWP-verdi for produksjonen av sementen (A1-A3) tilsvarende 315,2 kg CO₂-ekvivalenter per tonn sement.

5.1.2 Tilsetningsstoff

Mapei Dynamon SX-N

Mapei Dynamon SX-N er et superplastiserende stoff (SP-stoff) som benyttes for å øke støpeligheten eller redusere vanninnholdet av en betong. Stoffet består av vannløselige akrylpolymerer som løser opp klaser av betong.

Det tilsettes som en andel mellom 0,4 til 2,0 % av volumet til bindemiddelet.

Tabell 8

Deklarerte data for Mapei Dynamon SX-N

Egenskaper	Deklarerte data
Tørrstoff innhold	17,0 ± 1,0 %
Densitet	1,05 ± 0,02 kg/dm ³
pH	6,5 ± 1,0
Klorinnhold	≤ 0,05 %
Alkalieinnhold (Na ₂ O _{ekv.})	≤ 2,0 %
Viskositet	≤ 30 mPa·s (lettflytende)

Ifølge EPDen til Mapei Dynamon SX-N har den en GWP-verdi for produksjonen (A1-A3) tilsvarende 1880 kg CO₂-ekvivalenter per tonn SP-stoff.

5.1.3 Tilsetningsmaterialer

Norcem Flygeaske

Norcem flygeaske kommer fra kullkraftverk i Tyrkia eller Polen. Flygeasken er i overensstemmelse med kravene til flygeaske-klasse A i NS-EN 450-1.

Tabell 9

Deklarerte data for Norcem flygeaske

Egenskap	Deklarert verdi
Glødetap [%]	≤ 5,0
Klorid [% Cl ⁻]	≤ 0,10
Sulfat [% SO ₃]	≤ 3,0
Fritt kalsiumdioksid [% fri CaO]	≤ 1,5
Reaktivt kalsiumdioksid [% reaktivt CaO]	≤ 10
Egenvekt [kg/m ³]	2300

Det er ikke publisert EPD for dette produktet. Ved utregning av EPDer for betong baseres tallene gjerne på estimater fra databaser. Størrelsen på estimatene vil være avhengig på om flygeasken tillegges klimagassutslippeffekt som avfallsprodukt, -i henhold til økonomisk verdi, eller i forhold til massen av flygeasken [57]. I tall fra Teknologisk Institut i Danmark vurderes ett tonn flygeaske tilsatt i betong å tilsvare 3,92 kg CO₂-ekv. [58]. Dette tilsvarer flygeaskens oppvarmingseffekt som avfallsprodukt.

Elkem Microsilica 940U (971)

Elkem Microsilica 940 U er et udensifisert silikastøv som produseres i samsvar med kravene i NS-EN 13263 og sertifisert etter ISO 9001.

Elkem har 13 fabrikker, de fleste i Norge, men også i Kina, Canada, Paraguay, Island, India, Storbritannia. Referansesilikastøvet av renhetsklassifisering 971 produseres ved Elkems fabrikkannlegg i Thamshavn i Orkland kommune.

Tabell 10

Deklarerte data for Elkem Microsilica 940

Egenskap		Deklarert verdi
SiO ₂	[%]	Minimum 90,0
H ₂ O (i forpakning)	[%]	Maksimum 1,00
Tap ved antenning	[%]	Maksimum 3,00
Grovparkler ≥ μm	[%]	Maksimum 1,50
Bulkdensitet (U)	[kg/m ³]	200-350

Det er ikke publisert EPD for dette produktet. Ved utregning av EPDer for betong benyttes estimerte verdier fra databaser som basis miljøprofilen for silikastøv. Hvilken GWP-verdi som estimeres for silikastøvet vil være avhengig av hvilke antakelser som tas. Dersom silikastøvet anses som et rent restprodukt fra industri kan GWP-verdien settes til anslagsvis 14 kg CO₂-ekv. per tonn silikastøv. Dersom det tillegges GWP-verdi med utgangspunkt i den økonomiske verdien estimeres GWP-verdien til 120 kg CO₂-ekv. per tonn silikastøv, og dersom silikastøvet GWP-verdi antas å tilsvare silikastøvet vekt (av den opprinnelige produksjonen av silikon- og ferrosilikonlegeringer) estimeres det 700 kg CO₂-ekv. per tonn [59].

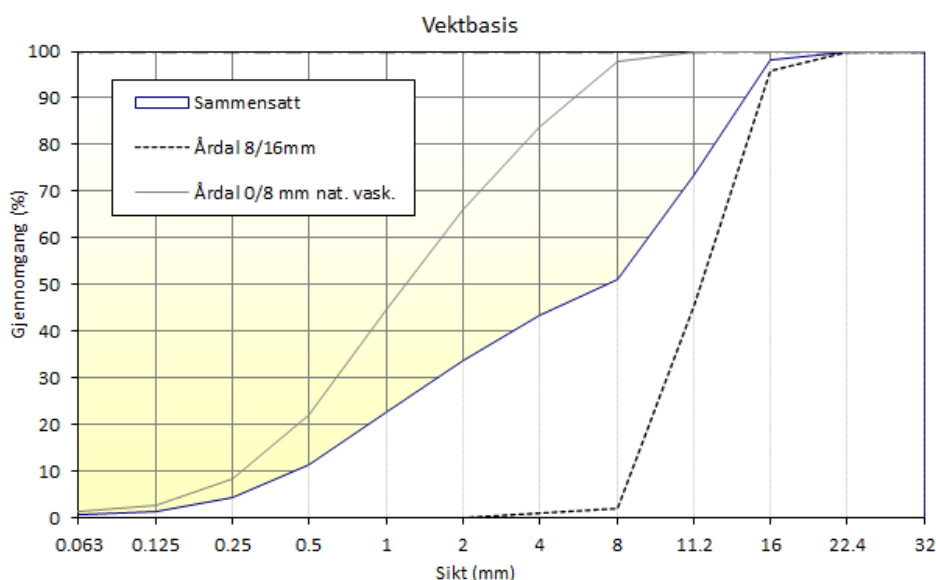
Som oftest vil silikastøv tilsatt i betong tilegnes oppvarmingseffekt som restprodukt. Basert på tallene over vil det si 14 kg CO₂-ekv. per tonn silikastøv.

5.1.4 Tilslag

Tilslaget er fellesbetegnelsen på sand og steinmaterialer som benyttes i betongen. Typisk utgjør tilslaget 65-75 % av det totale volumet av betongen. Tilslaget vil ha betydning for egenskapene til både den ferske og den herdede betongen.

For alle betongreseptene benyttes tilslag fra NorStone Årdal. Det sammensatte tilslaget består av 51 % sand (0-8 mm) og 49 % singel (8-16 mm). Tilslaget er naturlig, noe som gjør at den har en kantet form som er egnet til å gi betongen god heft. Graderingen, størrelsen og typen av tilslag vil også ha betydning for betongens egenskaper ved glidestøping [45]. Andelene av sand og singel er bestemt etter hulromsdiagramanalyse.

NorStone har ikke publisert noen EPD for tilslagsmaterialene. Ved utregning av EPD for betong, der EPD ikke publisert vil det gjerne benyttes estimerte verdier fra databaser ved utregning av betongens miljøprofil og GWP-verdi. EPDer publisert for tilsvarende tilslagsmaterialer har typisk GWP-verdi (A1-A3) 1,00-1,50 kg CO₂-ekv. per tonn tilslag [60]. Man kan anta en tilsvarende GWP-verdi for Årdal-tilslaget.



Figur 21: Graderingskurve for tilslaget benyttet i reseptene

5.2 Betongresepter

For forsøkene benyttes seks forskjellige betongresepter. Tre av reseptene inneholder ulike mengder av flygeaske. To av reseptene benytter slagsementer med ulike andeler slaginnhold. Én av reseptene er en referanseblanding av vanlig portlandtype.

Før oppveiningen av sandtilslaget ble det foretatt fuktmåling ved bruk av en Speedy fuktmåler [61]. Reseptene ble proporsjonert ved bruk av Skanskas excel-ark for betongproporsjonering.

Tabell 11

Forutsetningene for de testede betongreseptene

Forutsetninger for prøvereseptene	
Mengdeforholdstall	0,36
Matriksvolum	340 l/m ³
Luftinnhold	2 %
Dynamon SX-N	2 %
Blandevolum	110 l

* Andelen superplastiserende stoff ble for justert ved blandingen for å oppnå ønsket konsistens.

I NS-EN 206 Tabell NA.12 fremgår det at betonger med forholdstall under 0,40 tilfredsstillende kravet til bestandighetsklasse M40/MF40. Det stilles ikke krav til at betongen må være frostbestandig, det er derfor ikke grunn til å stille krav til 4 % luftinnhold. Det kan derfor konkluderes med at betongen er av bestandighetsklasse M40. M40 tilfredsstillende alle eksponeringsklasser, jf. Tabell NA.15.

I Tabell NA.12 er den minste tillatte effektive bindemiddelmengden 225 l/m³. Ettersom det for dette forsøket er ønskelig med selvkomprimerende betong, ble det brukt et høyere matriksvolum enn det minimumsnivået standarden tillater.

Ved bruk av tilsetningsstoffer i betong, må kravene i henhold til NS-EN 206 og NS-EN 934 overholdes. Det overordnede kravet er at den samlede mengden tilsetningsstoffer ikke overstiger 5 % av sementmengden i betongen. Dette kravet er oppfylt for alle reseptene.

Som referanseblanding brukes en betong med Norcem Anleggssement som bindemiddel. Resepten har et silikastøvinhold på 6 % av bindemiddelet, i henhold til kravet i NS-EN 206:2013 Tabell NA.12.

I henhold til Tabell NA.10 benyttes k-verdi 2,0 ved innblanding av silikastøv i betong av bestandighetsklasse M40.

I flygeaskebetongene benyttes Norcem Anlegg FA som sement. Ifølge produktbladet til sement har den et flygeaskeinnhold på 15 %. I én av blandingene benyttes kun Anlegg FA som bindemiddel. I de to andre blandingene tilsettes flygeaske slik at det totale flygeaskeinnholdet blir henholdsvis 35 og 50 %. NS-EN 206 NA.5.2.5.2.3 tillater en maksimal andel av flygeaske på 35 %. Resepten med 50 % flygeaske innhold i det effektive bindemiddelet er ikke innenfor grensene i NS-EN 206.

Betongresepten med 15 % flygeaskeinnhold har også referanseverdi, da NS-EN 206 Tabell NA.12 setter en nedre grense for 14 % flygeaskeinnhold.

I henhold til Tabell NA.9 benyttes k-verdi 0,7 ved innblanding av flygeaske i betong av bestandighetsklasse M40.

I slaggbetongene brukes Schwenk miljøsement med ca. 30 % slagginhold og Schwenk lavvarmesement med ca. 70 % slagginhold. Begge reseptene er innenfor den øvre grenseverdien på 80 % slagginhold, jf. NS-EN 206 NA.5.2.5.2.4.

5.2.1 Betongreseptene

Reseptene i tabellene under er navngitt for å reflektere type- og prosentandel av tilsetningsmaterialer i det effektive bindemiddelet (*SF* – silikastøv, *FA* – flygeaske, *BS* – slagg). Mengden av bestanddelene er oppgitt som kg/m³ betong. For de utførte forsøkene ble det benyttet blandevolum 110 l.

Tabell 12:**Betongresepter**

Bestanddel [kg/m ³]	SF6	FA15	FA35	FA50	BS30	BS70
NORCEM Anleggssement	345,85					
NORCEM Anlegg FA		478,27	364,11	270,26		
Schwenk Miljøsement					476,93	
Schwenk Lavvarmesement						476,76
Tilsatt flygeaske			111,85	189,37		
Tilsatt silikastøv	22,08					
Årdal 0-8 mm	908,61	910,83	897,66	911,68	906,37	910,83
Årdal 8-16 mm	856,03	853,87	866,64	880,18	866,64	853,87
Vann	116,58	142,04	155,63	141,72	159,33	141,52
Mapei Dynamon SX-N	7,082	6,736	4,573	3,336	3,336	5,673

Fuktigheten i sandtilslaget ved de faktiske forsøkene var ikke lik for alle forsøkene, men ble målt individuelt forut for hvert forsøk. Verdiene for sand- og vanninnholdet i tabellen over forutsetter 0 % fuktinnhold i tilslagsmaterialene.

5.2.2 Klimagassutslipp for betongreseptene.

I tabellen under fremgår GWP-verdier til de testede betongreseptene. Verdiene er hentet fra EPDer utarbeidet av Sandnes & Jærbetong ved hjelp av FABEKOs EPD-generator. GWP-verdiene dekker summen av A1-A3 i EPDene.

For miljøverdiene for delmaterialene i betongen tar EPD-generatoren utgangspunkt i publiserte EPDer. For de delmaterialene som ikke har publisert EPD, vil generatoren ta utgangspunkt i referanseverdier fra ulike databaser.

Verdiene for transport (A2) i EPDen tar utgangspunkt i at materialene er levert ved UiS. For produksjonsverdiene (A3) forutsettes et tilsvarende miljøavtrykk som ved Sandnes & Jærbetongs blandeverk i Sandnes.

Vann tilsatt i betong kan tillegges GWP-verdi, men denne vil variere på bakgrunn av lokasjonen til betongproduksjonen. Som oftest antas denne verdien å være tilnærmet null, særlig i regioner med rikelig vanntilførsel, som Norge [57].

Tabell 13:

GWP-verdier for betongresepter

Resept	GWP-verdi [CO₂-ekv.]	Klinkerandel av total betongvekt [%]
SF6	291,96	14,72
FA15	330,76	16,20
FA35	269,56	12,34
FA50	219,46	9,54
BS30	289,66	12,46
BS70	156,76	5,53

Forskjellene mellom de ulike reseptenes klimagassutslipp (GWP-verdi) er i stor grad sammenfallende med klinkerandelen i betongen.

De andre bestanddelene, samt transport og betongblanding har mindre betydning.

5.3 Blanding av betong

Betongen blandes i en stor betongblender. Først ble tilslaget, sementen og eventuelt flygeaske eller silikastøv tilsatt, og tørrblandet i ca. 2 minutter. Vannet blir så tilsatt og blandet inn i ca. 2-3 minutter. Det blir tilsatt Dynamon SX-N superplastiserende stoff. Utgangspunktet som var forutsatt for alle betongreseptene var 2 % innhold av superplastiserende stoff av det totale bindemiddelinnholdet. Dette ble i praksis redusert og tilsatt skjønnsmessig i en mengde som gav blandingene den ønskede konsistensen.

Etter blandingen av betongen foretas tester av de ferske betongenes synkutbredelsesmål, densitet og luftinnhold. Deretter støpes det prøvelegemer for testing av trykkfasthet. Det støpes 10 prøveelementer for hver av betongblandingene. For hver betongblanding er det to prøvelegemer som herdes i 1, 2, 7, 28 og 56 døgn.

Betongen blir så støpt ut i glideriggen.



Figur 22: Betongblander

Resept BS70 ble støpt 11. februar. Vannet ble tilsatt blandingen kl. 09:50 og betongen ble støpt ut i glideriggen ca. 10:20. Glideriggen startet løftingen ca. kl. 11:45.

Resept FA15 ble støpt 15. februar. Vannet ble tilsatt blandingen kl. 10:20 og betongen ble støpt ut i glideriggen ca. 10:50. Glideriggen startet løftingen ca. kl. 12:00. Blandingene hadde noe preg av å være segregert.

Resept FA35 ble støpt 22. februar. Vannet ble tilsatt blandingen 09:00 og betongen ble støpt ut i glideriggen ca. 09:30. Glideriggen startet løftingen ca. kl. 11:00. Blandingene var mer flytende enn tidligere blandinger, og det ble derfor i enighet med laboratorieveileder besluttet å ikke foreta mål av luftinnholdet i den ferske betongen.

Resept FA50 ble støpt 25. februar. Vannet ble tilsatt 08:30 og betongen ble støpt ut i glideriggen ca. 09:00. Glideriggen startet løftingen ca. kl. 10:30. Blandingene hadde lavere synutbredelsesmål enn tidligere testede betongresepter, trolig på grunn av redusert mengde superplastiserende stoff. Det superplastiserende stoffet ble tilsatt til blandingen hadde den passende konsistens.

Resept BS30 ble støpt 16. mars. Vannet ble tilsatt 08:55 og betongen ble støpt ut i glideriggen ca. 09:25. Glideriggen startet løftingen ca. kl. 10:15.

Resept SF6 ble støpt 17. mars. Vannet ble tilsatt 08:55 og betongen ble støpt ut i glideriggen ca. 09:25. Glideriggen startet løftingen ca. kl. 11:00. Blandingene bar preg av å være seig. Det ble tilsatt større mengder superplastiserende stoff sammenlignet med de andre blandinger. Seigheten skyldes trolig innholdet av silikastøv. Den seige oppførselen gjorde at betongen ble komprimert med en trelekte etter den ble støpt ut i glideriggen.

6. Resultater og diskusjon

6.1 Resultater av betongtester

6.1.1 Synkutbredelsesmål

Tabell 14

Utbredelsesmål

Resept	Utbredelsesmål [mm]
SF6	510
FA15	750
FA35	870
FA50	550
BS30	570
BS70	850

Synkutbredelsesmålene har stor variasjon. Tilleggs materiale som er tilsatt både i sementen og løst har karakteristikk som er egnet å påvirke konsistensen av betongen.

I litteraturedelen fremgår det at flygeaskeinnhold opptil 20 % har evne til å gi økt støpelighet, dette skyldes finheten og den sfæriske formen av flygeasken. For reseptene FA15 og FA35 synes dette å stemme bra. Disse to reseptene har også høyere tilsetning av superplastiserende stoff. Det høye flygeaskeinnholdet i FA50 har trolig mindre betydning for støpeligheten til den ferske betongen. Resept FA50 har også en lavere mengde superplastiserende stoff tilsatt. At FA50 har et mindre synkutbredelsesmål, enn de andre to flygeaskereseptene stemmer derfor overens med hva som kunne forventes.

BS70 har nesten den dobbelte mengden av superplastiserende stoff tilsatt, sammenlignet med BS30. At BS70 har større synkutbredelsesmål enn BS30 er i samsvar med det som kan forventes ved høyere innhold av slagg og superplastiserende stoff.

For at en betong skal klassifiseres som selvkomprimerende er det ifølge NS-EN 206:2013 krav til at den tilfredsstiller kravene til synkutbredelsesklassene (SF1-SF3), jf. 4.2.1. Det vil si et synkutbredelsesmål mellom 550mm og 850mm. I følge 8.2.3.3 Tabell 23 oppgis det er toleranse for synkutbredelsesklassene på ± 50 mm. Dette åpner for at alle betongene klassifiserer til en av synkutbredelsesklassene, og dermed kan karakteriseres som selvkomprimerende.

Det bør dog nevnes at synkutbredelsesklasse SF1 (550 til 650 mm) har et snevert anvendelsesområde ifølge SKB-veilederen. Betong av denne klassen er best egnet til mindre

konstruksjonsdeler, med lite eller ingen armering [54, p. 12], og muligens derfor mindre egnet for glidestøping (uten komprimering).

Det bør vises særlig varsomhet overfor resept FA35, som har synkutbredelsesmål over 850 mm og største tilslagsstørrelse 16 mm. Ifølge veilederen for selvkomprimerende betong, vil dette kunne føre til separasjon av betongen [54]. Dette samsvarer godt med erfaringen under blandingen av FA35, den ferske betongen bar noe preg av separasjon.

Varsomhet bør også utøves overfor resept SF6. SF6 har det laveste synkutbredelsesmålet av alle de testede betongene. I litteraturen er det fremhevet av betonger med silikastøvinnhold ofte har redusert støpelighet som følge av at den store overflaten til silikastøvet gir økt vannbehov. Dette er egnet til å gi den ferske betongen en seig karakter. Dette stemmer godt med erfaringene med resept SF6. Den seige karakteren og lave synkutbredelsesmålet kan tale for at denne resepten er dårlig egnet som selvkomprimerende betong, og det kan være aktuelt å foreta ekstra tiltak for å sikre tilstrekkelig komprimering. Resept SF6 har et vanninnhold i underkant av 150 liter per m³ betong. I henhold til litteraturen burde ikke vanninnholdet i betonger med silikastøvinnhold være under 150 liter. Av litteraturen fremgår også at det kan være aktuelt å forutsette høyere slumpmål for betonger med silikastøvinnhold. Enkelte av prøveterningene bar preg av manglende komprimering i hjørnene. Dette kan i sum peke mot at resept SF6 ikke er egnet som selvkomprimerende betong til bruk ved glidestøp. Som mottiltak for dette kan det være aktuelt å bruke et høyere masseforholdstall og vanninnhold.



Figur 23: Prøveterninger med mangelfull komprimering (SF6)

6.1.2 Luftinnhold

Tabell 15

Luftinnhold

Resept	Luftinnhold [%]
SF6	1,4
FA15	1,0
FA35	-
FA50	1,5
BS30	1,4
BS70	0,7

For alle de testede betongene ble det for reseptene forutsatt 2 % luftinnhold. Det ble ikke foretatt tiltak for å påvirke luftinnholdet spesifikt. Alle reseptene oppnådde lavere luftinnhold enn det som var forutsatt. For resept FA35 ble det ikke foretatt måling av luftinnhold, da konsistensen av betongen tilsa at slik måling ikke ville gi en reell verdi.

Lavt luftinnhold i betongen kan medføre at porevantrykket faller hurtigere [49]. Litteraturen kan tyde på at lavt luftinnhold korrelerer med lavere minimumsporetrykk [47]. Dette vil ha betydning for effektivtrykket og derfor også løftekraft og friksjon ved glidestøpning. Bruken av tilsetningsmaterialer kan føre til en tettere mikrostruktur i betongen, som gir mindre luftinnhold. Ettersom det ikke er foretatt gjentakende forsøk for reseptene med ulikt luftinnhold, har vi ikke hatt mulighet til å teste disse tesene. Ettersom alle reseptene har forholdsvis lavt luftinnhold, kan det antas at det gjør dem egnet til bruk ved glidestøp.

6.1.3 Densitet

Tabell 16

Densitet av fersk betong

Resept	Densitet [kg/m³]
SF6	2415
FA15	2418
FA35	2405
FA50	2360
BS30	2385
BS70	2385

Densiteten til alle de testede betongreseptene er forholdsvis like. Selv om tilsetningsmaterialene har noe ulike egenvekt, utgjør de en liten andel av de totale materialene som inngår i betongen. De vil derfor i liten grad redusere densiteten. For flygeaskereseptene kan man se at det er en sammenheng mellom flygeaskeinnhold og densitet, men densitetsforskjellene utgjør kun ca. 2 % forskjell mellom resepten med 15 % FA og resepten med 50 % FA.

6.1.4 Trykkfasthet

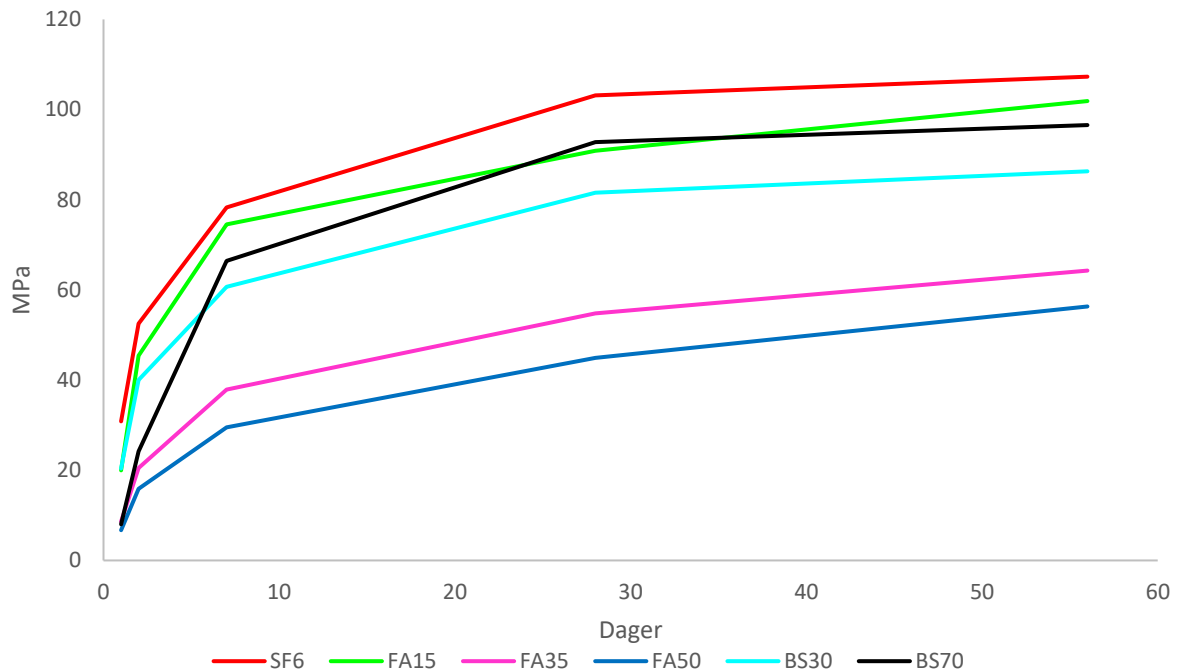
Tabell 17
Resultater av trykkfasthetstester

Tid (døgn)	SF6		FA15		FA35	
	<i>F</i> [kN]	<i>f_c</i> [MPa]	<i>F</i> [kN]	<i>f_c</i> [MPa]	<i>F</i> [kN]	<i>f_c</i> [MPa]
1	296,8	29,7	198,9	19,9	90,4	9,0
	320,3	32,0	200,8	20,1	82,1	8,2
	308,5	30,9	199,9	20,0	86,3	8,6
2	520,4	52,04	439,4	43,9	207,8	20,8
	530,5	53,1	468,7	46,9	202,5	20,3
	525,4	52,6	454,1	45,4	205,1	20,5
7	789,9	79,0	754,2	75,4	387,1	38,7
	776,3	77,6	737,1	73,7	370,8	37,1
	783,1	78,3	745,6	74,6	379,0	37,9
28	1024,8	102,5	903,8	90,4	552,6	55,3
	1037,7	103,8	913,8	91,4	542,7	54,3
	1031,3	103,1	908,8	90,9	547,7	54,8
56	1110,4	111,0	1033,2	103,3	672,6	67,3
	1035,6	103,6	1004,6	100,5	613,2	61,3
	1073,0	107,3	1018,9	101,9	642,9	64,3
Tid (døgn)	FA50		BS30		BS70	
	<i>F</i> [kN]	<i>f_c</i> [MPa]	<i>F</i> [kN]	<i>f_c</i> [MPa]	<i>F</i> [kN]	<i>f_c</i> [MPa]
1	66,6	6,7	210,9	21,1	82,0	8,2
	67,5	6,8	196,9	19,7	78,2	7,8
	67,1	6,7	203,9	20,4	80,1	8,0
2	145,8	14,6	397,9	39,8	242,5	24,3
	171,5	17,2	402,7	40,3	241,5	24,2
	158,7	15,9	400,3	40,0	242,0	24,2
7	292,1	29,2	606,0	60,6	661,0	66,1
	298,7	29,9	607,7	60,8	668,2	66,8
	295,4	29,5	606,8	60,7	664,6	66,5
28	453,9	45,4	810,8	81,1	903,2	90,3
	444,6	44,5	820,6	82,1	951,9	95,2
	449,3	44,9	815,7	81,6	927,6	92,8
56	558,8	55,9	852,4	85,2	945,9	94,6
	567,7	56,8	873,7	87,4	985,4	98,5
	563,2	56,3	863,1	86,3	965,7	96,6

De uthevede tallene i tabellen er gjennomsnittsverdiene av de to testede prøvelegemene.

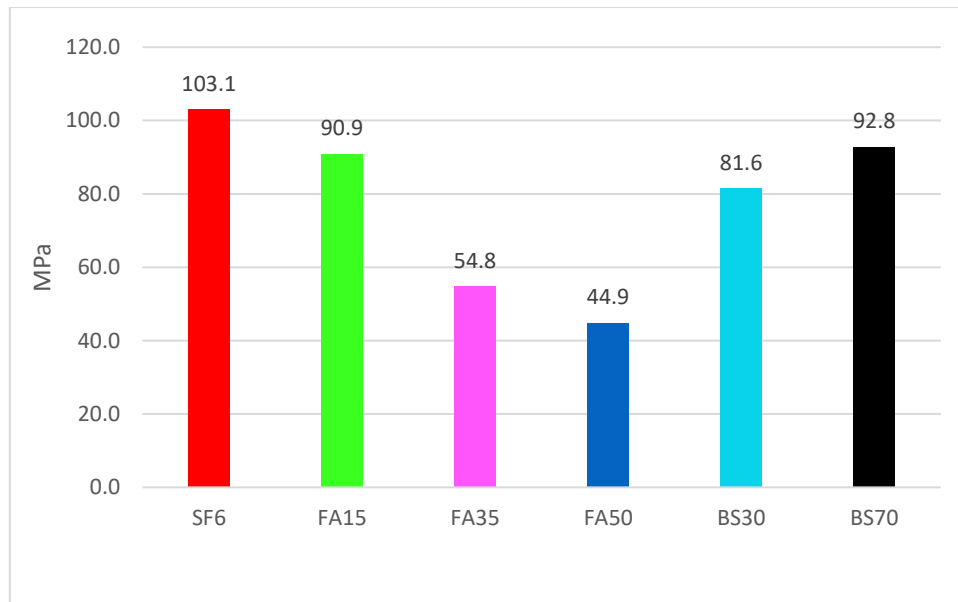
Resultatene av trykktestene viser et stort spenn i styrken til de testede betongene. Dette er forventet da litteraturen sier at tilsetning av tilsetningsmaterialer vil ha innvirkning på betongens styrke og styrkeutvikling.

Av litteraturen fremgår det at betonger med høy andel av tilsetningsmaterialer vil ha tregere utvikling av den tidlige fastheten. Av resultatene synes dette å stemme for reseptene FA35, FA50 og BS70. Disse betongene har markant lavere styrke ved målingene etter ett og to døgn sammenlignet med de andre reseptene. Dette er i samsvar med litteraturen.



Figur 24: Diagram over styrkeutviklingen til de testede betongreseptene

For reseptene med flygeaskeinnhold kan man se at resept FA15 har tilsvarende styrkeutvikling som SF6 og BS70. De andre flygeaskereseptene FA35 og FA50 med høyere flygeaskeinnhold har svakere styrkeutvikling. Ifølge litteraturen kan betong ha en positiv langtidsstyrkeeffekt av flygeaskeinnhold opptil 30 % av den effektive bindemiddelmengden. FA35 har tydelig dårligere styrkeutvikling sammenlignet med FA15. Det kan tenkes at ved styrketester gjort over lengre tidsrom enn det som foretas for denne oppgaven, ville vist en større styrkeutvikling for FA35. BS70 har høyere slagginnhold enn BS30, og det synes at styrkeutviklingen er bedre ved høyere slagginnhold.



Figur 25: Diagram over f_{cm} av to prøvelegemer etter 28 døgn

Ved fastsettelse av fasthetsklasse stilles det i NS-206 8.2.1.3.2 to krav ved fastsetting av fasthetsklasse [24]. Det første er at f_{cm} -verdien til prøvelegemene (ved to testede prøvelegemer) må være større enn f_{ck} -verdien til fasthetsklassen minus 1 ($f_{cm} \geq f_{ck} - 1,0$). Det andre kravet er at ingen av prøvelegemene kan ha lavere trykkfasthet enn 4 MPa under f_{ck} -verdien til fasthetsklassen.

NS-EN 206 Tabell NA.2 er det oversikt over trykkfasthetsklassene. For de betongreseptene som har f_{cm} -verdi høyere enn 80 MPa, så er kravet til trykkfasthetsklasse B65 (eller høyere) tilfredsstillt. Det vil si at alle reseptene, med unntak av FA35 og FA50 tilfredsstiller dette kravet. Reseptene FA35 og FA50 tilfredsstiller respektive kravene til trykkfasthetsklassene B45 og B35.

I tabell 2 (side 10) ovenfor ble tabellen over lavkarbonklassene presentert. På bakgrunn av denne tabellen og betongenes trykkfasthetsklassifisering og GWP-verdi kan man angi følgende lavkarbonklassifiseringer, som fremgår av tabellen under.

Tabell 18

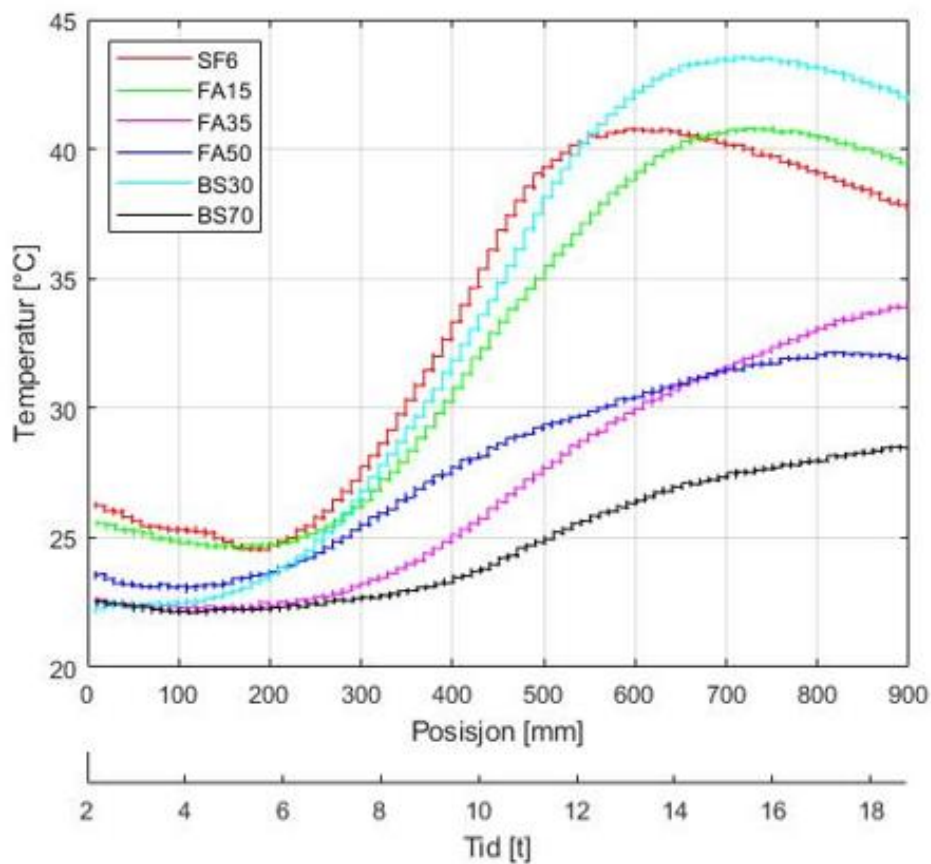
Trykkfastklasse og lavkarbonklasse til betongreseptene

Betongresept	GWP [CO ₂ -ekv.]	Trykkfasthetsklasse	Lavkarbonklasse
SF6	291,96	B85 (> B65)	B
FA15	330,76	B75 (> B65)	-
FA35	269,56	B45	B
FA50	219,46	B35	(B)
BS30	289,66	B65	B
BS70	156,76	B75 (> B65)	Pluss

Med unntak av resepten FA15, klassifiserer de resterende betongene til lavkarbonklassifisering. Det bør nevnes at siden resept FA50 ikke er i henhold til kravene til øvre grenseverdi av flygeaskeinnhold i NS-EN 206, så vil den ikke kunne klassifiseres som lavkarbonbetong.

Særlig BS70 skiller seg ut, da den oppfyller kravene til lavkarbonklasse Pluss.

6.1.5 Temperatur



Figur 26: Temperaturen til betongen plottet mot posisjonen til glidepanelet. I tillegg vises tiden etter tilsetning av vann (± 15 min)

Temperaturøkningen i betongen akselerer når hydratiseringsprosessen tiltar. Av figuren over kan man se at temperaturen starter å øke etter ca. fem-åtte timer for de testede reseptene. For reseptene med høyt innhold av slagg (BS70) og flygeaske (FA35 og FA50) og lavt klinkerinnhold er temperaturutviklingen lavere og de registrerte topptemperaturene til disse reseptene er forholdsvis 5-10°C lavere sammenlignet med de andre reseptene. Dette er i samsvar med litteraturen. FA35 har høyere akselerasjonstakt i temperaturutviklingen enn FA50 og BS70.

For de tre reseptene med treg temperaturutvikling og lav topptemperatur vil hydratiseringsprosessen foregå langsommere, noe som gir lengre avbindingstid og lavere tidlig styrkeutvikling. I resultatene for styrkeutvikling viser at dette stemmer. Disse reseptene har markant lavere styrke etter ett og to døgn. Lengre avbindingstid kan være problematisk ved glidestøping da det kan føre til lavere glidehastighet og lengre produksjonstid. Det kan også føre til løfteriss og skader i overflaten av betongen. Ved praktisk bruk av glidestøping kan dette i ytterste konsekvens medføre at herdefronten er for lav i forhold til formen, som kan føre til utglidning av betong. Dette er ikke aktuelt i dette laboratorieforsøket da glideriggen ikke eksponerer betongelementet og da heller ikke herdefronten.

Resept BS30 har lav innledende temperatur, men har tilsvarende topptemperatur som de andre betongene med høyt klinkerinnhold (SF6 og FA15). For slagg-portlandbetonger er det forventet at temperaturutviklingen og hydratiseringen starter senere, da hydratiseringen av slagget fordrer at en tilstrekkelig andel av portlandbestandelene hydratiserer først. Ettersom BS30 siden oppnår tilsvarende topptemperatur som de betongene med høyt klinkerinnhold kan det tyde på at når hydratiseringen først begynner, så foregår den med tilsvarende eller høyere hastighet som for reseptene med høyt klinkerinnhold. Det synes også å stemme overens med funnene til BS30 tidligfasthet.

Betongenes temperaturøkning sammenfaller med tidspunktet betongen begynner å binde av. Dette gjør også at friksjonen mellom glidepanelet og betongen øker. Det kan derfor observeres at temperaturøkningen sammenfaller med økningen i løftekraften som utøves på glidepanelet (se diagram nedenfor).

Bruken av SP-stoff kan påvirke avbindingstidspunktet siden det har en retarderende effekt. Det antas at dette har hatt lite betydning siden det ble benyttet i moderate mengder.

Den målte temperaturen i betongen vil også være avhengige av romtemperaturen rundt glideriggen. Ved høyere temperatur i omgivelsene, jo raskere vil hydratiseringsprosessen foregå. Temperaturen ved forsøkene er ikke kontrollert, men antas å være ca. 20°C. Glideriggen er plassert nært en port som åpnes sporadisk i løpet av dagen, dette vil kunne påvirke temperaturen noe og representerer en mulig feilkilde.

6.2 Glidestøp

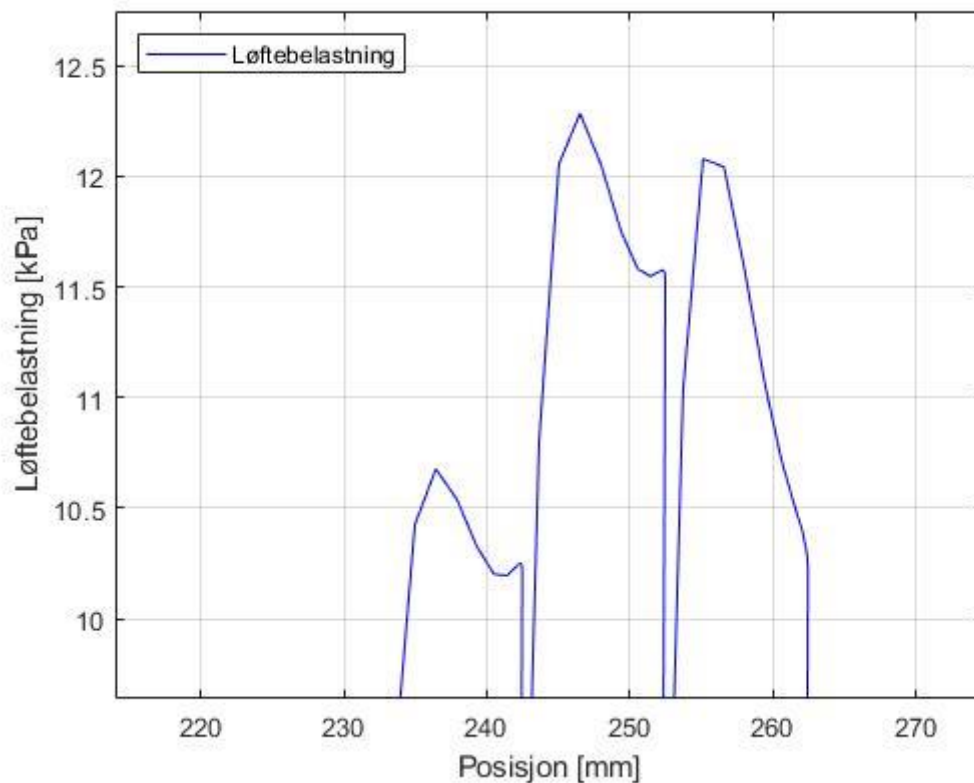
6.2.1 Løftebelastning

Netto løftebelastning og normaltrykk plottet mot posisjonen til glidepanelet. For alle reseptene ble glidepanelet ble startet 2 t ±15 min etter tilsetning av vann. Vekten av glidepanelet (150 N) er trukket i fra, og kontaktarealet er 0,3 m². Normaltrykk er ikke plottet for SF6 grunnet sensorfeil.

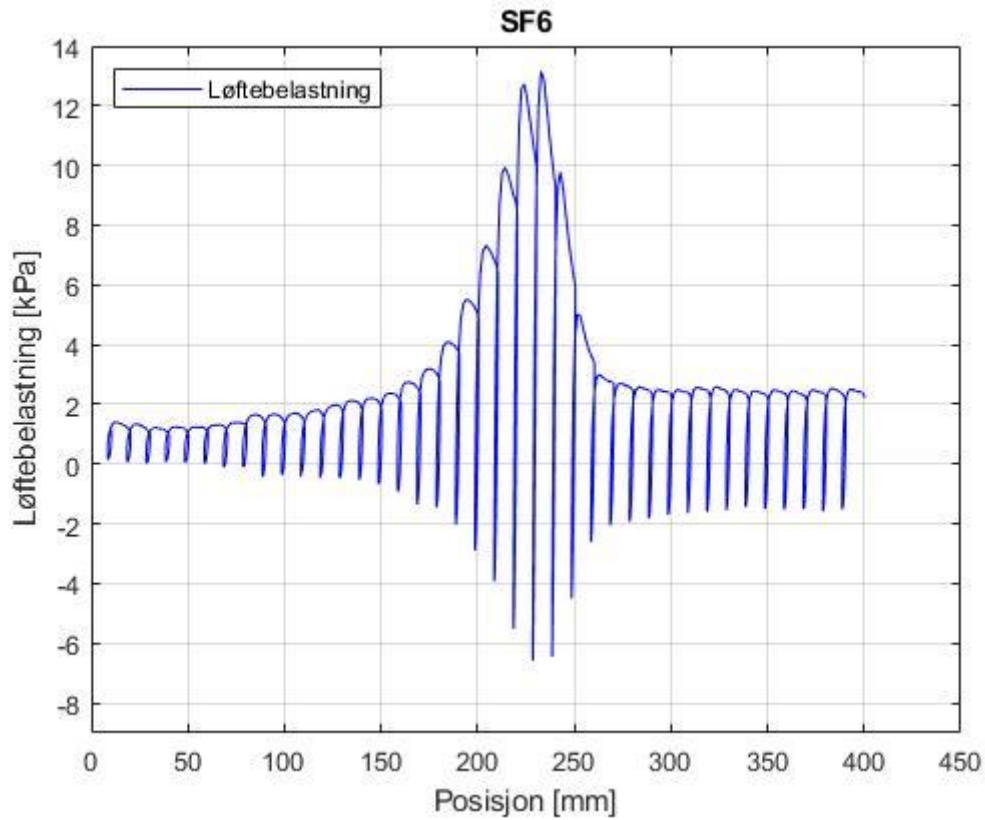
Resultatene viser at et tilnærmet stabilt normaltrykk for alle reseptene. Normaltrykkene er stabilt mellom 1,0 kPa og 1,3 kPa. Dette er som følge av at glidepanelet ble regelmessig justert under forsøkene.

Det er variasjon mellom de ulike reseptene når det gjelder størrelsen på løftebelastningene og etter hvilken tid og posisjon disse finner sted. Løftebelastningene opptrer sprangvis, og hvert sprang representerer ett løft. Høyeste verdi (topp) og laveste verdi (lokal bunn) for hvert sprang representerer henholdsvis statisk løftebelastning og kinetisk løftebelastning. Mot slutten av hvert sprang er det et kortvarig brått fall i løftebelastningen. Dette representerer at glidepanelet blir etter hvert løft senket (skjøvet) 2 mm tilbake for å simulere hvordan de hydrauliske klatrejekkene virker. I denne sammenheng er sistnevnte verdier ikke relevante.

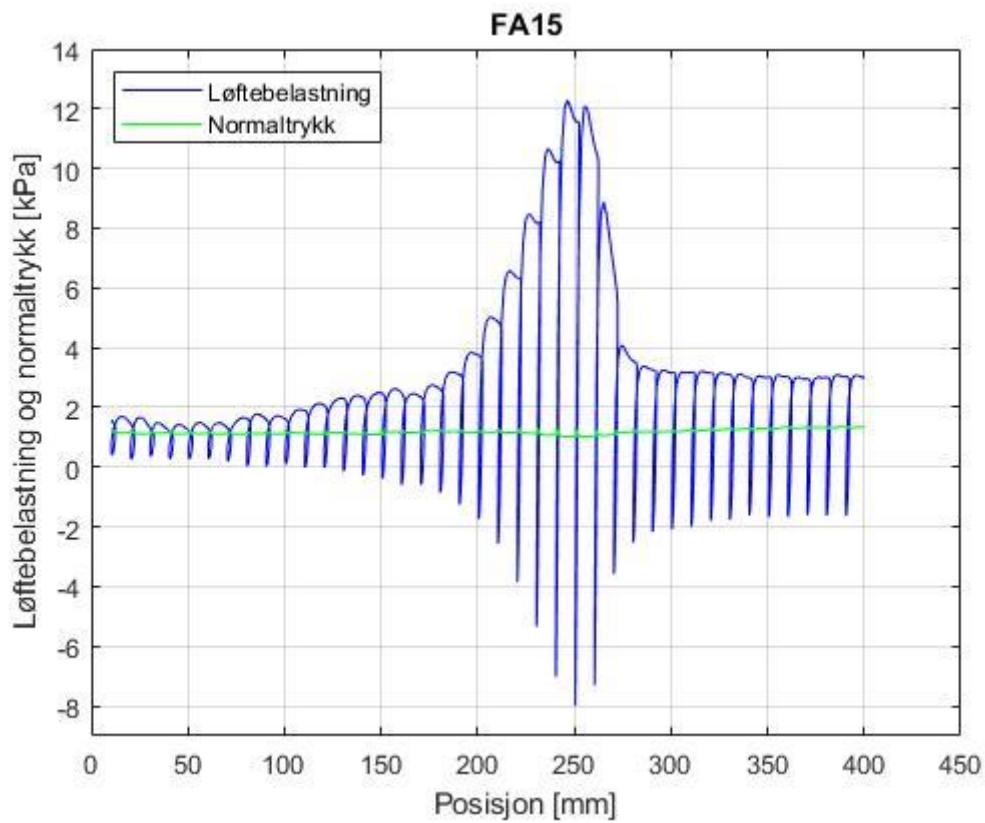
Den statiske løftebelastningen for reseptene sammenlignes i 6.2.2.



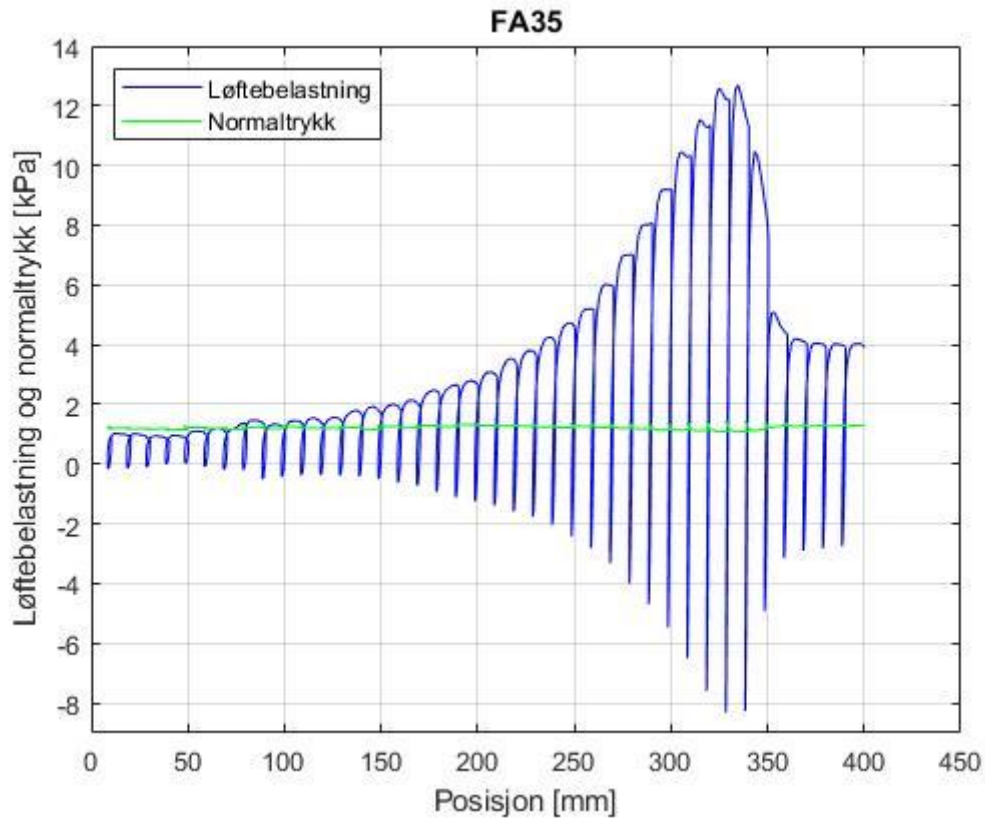
Figur 27: Eksempel på hvordan løftebelastningen opptrer. Fra FA15.



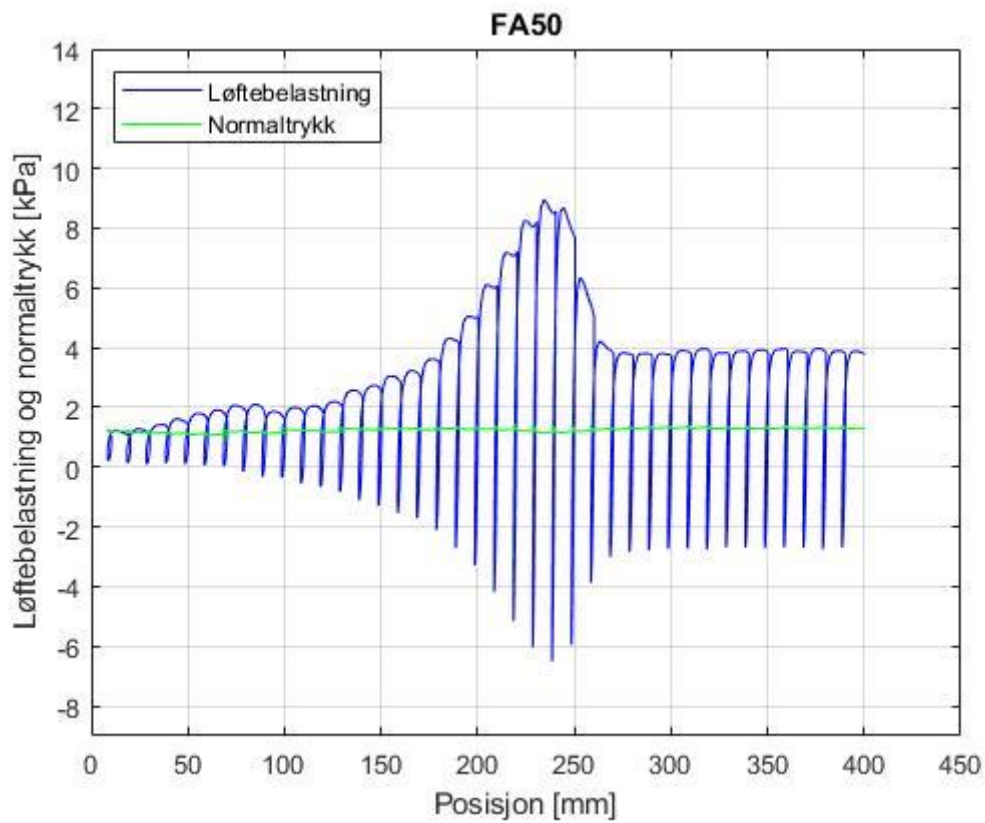
Figur 28: Løftebelastning for SF6



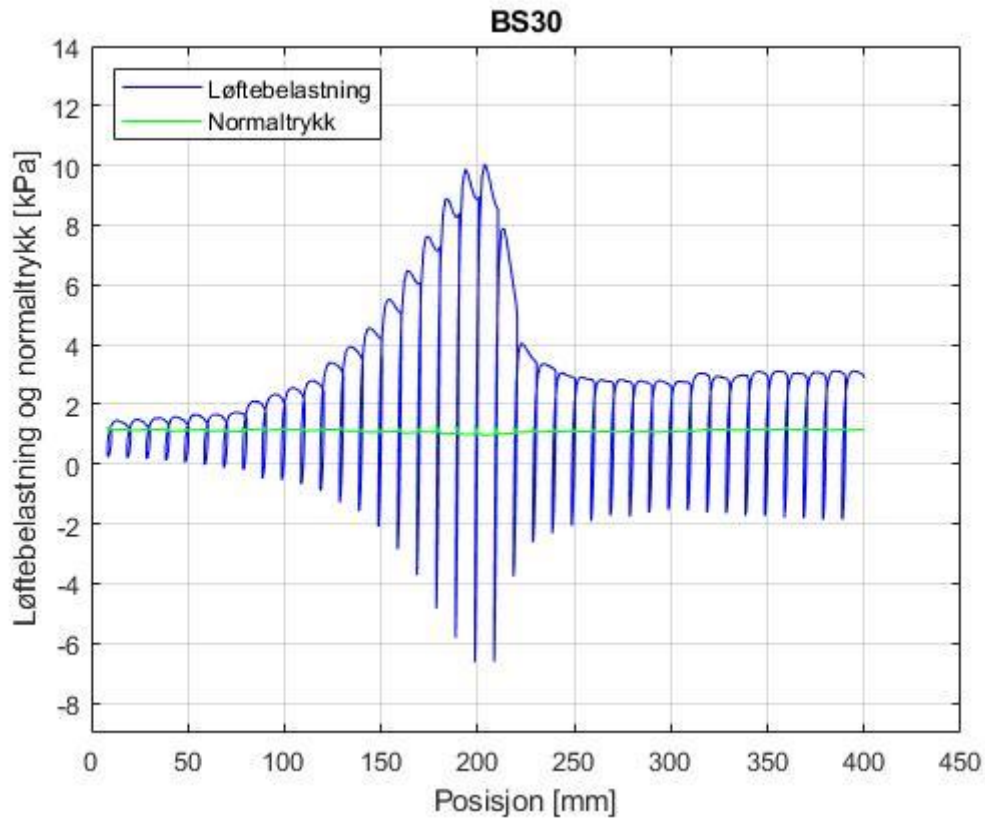
Figur 29: Løftebelastning og normaltrykk for FA15



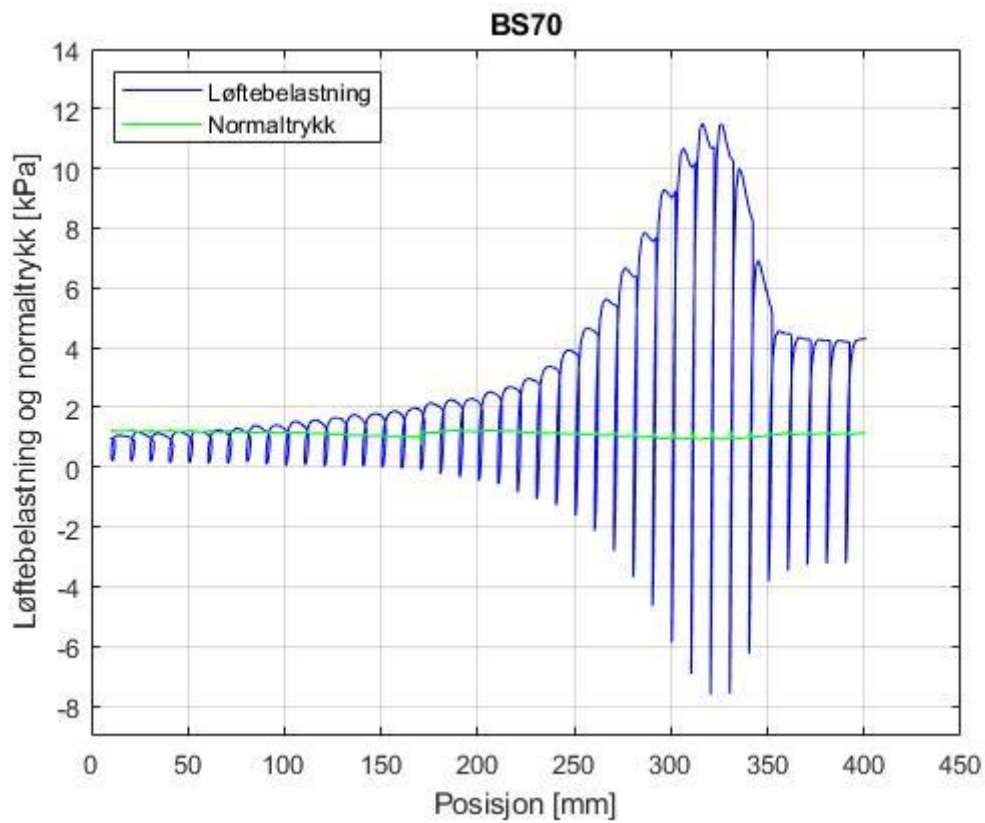
Figur 30: Løftebelastning og normaltrykk for FA35



Figur 31: Løftebelastning og normaltrykk for FA50



Figur 32: Løftebelastning og normaltrykk for BS30



Figur 33: Løftebelastning og normaltrykk for BS70

6.2.2 Statisk løftebelastning

Maksverdi. Den største statiske løftebelastningen (maksverdi) av alle reseptene er for resept A, som er referanseresepten i forsøksprogrammet. For de andre reseptene er maksverdi lavere, og dette i varierende grad. Laveste maksverdi av alle reseptene er for resept FA50, som er resepten med størst andel flygeaske. Også for resept BS30 er maksverdien lav.

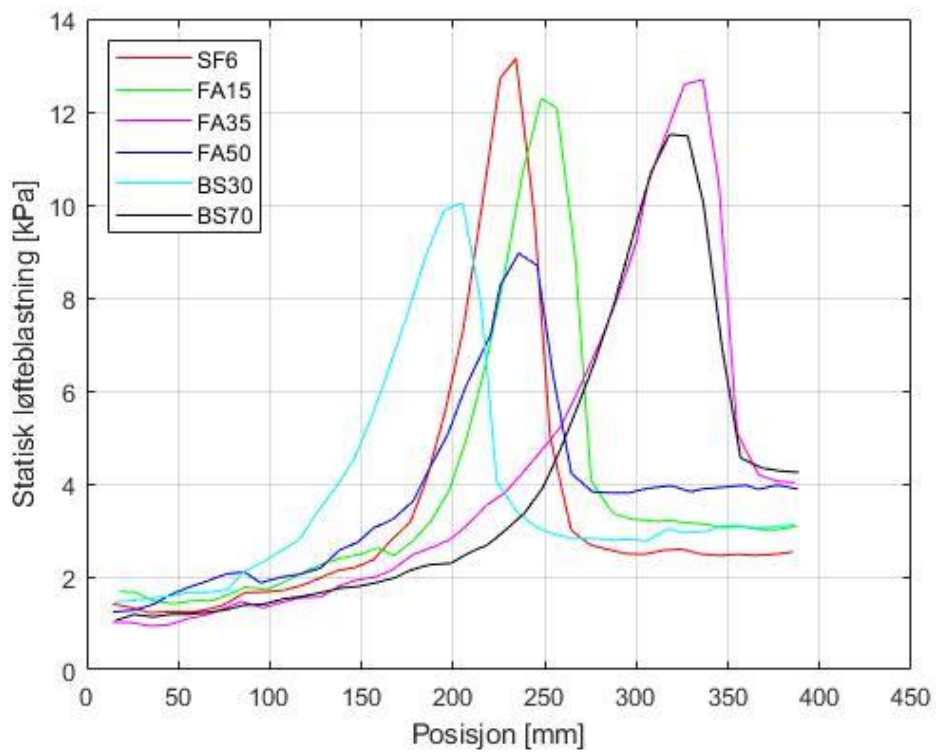
Ved sammenligning av maksverdi for de tre flygeaskereseptene er det vanskelig å finne en klar sammenheng. Av dette er det ikke entydig om økende andel flygeaske fører til redusert maksverdi.

Når det gjelder reseptene tilsatt slagg kan resultatene tyde på at lavere andeler slagg er mer fordelaktig enn høyere andeler, med hensyn til maksverdi. Dette grunnet en lavere maksverdi for resept BS30 enn for resept BS70.

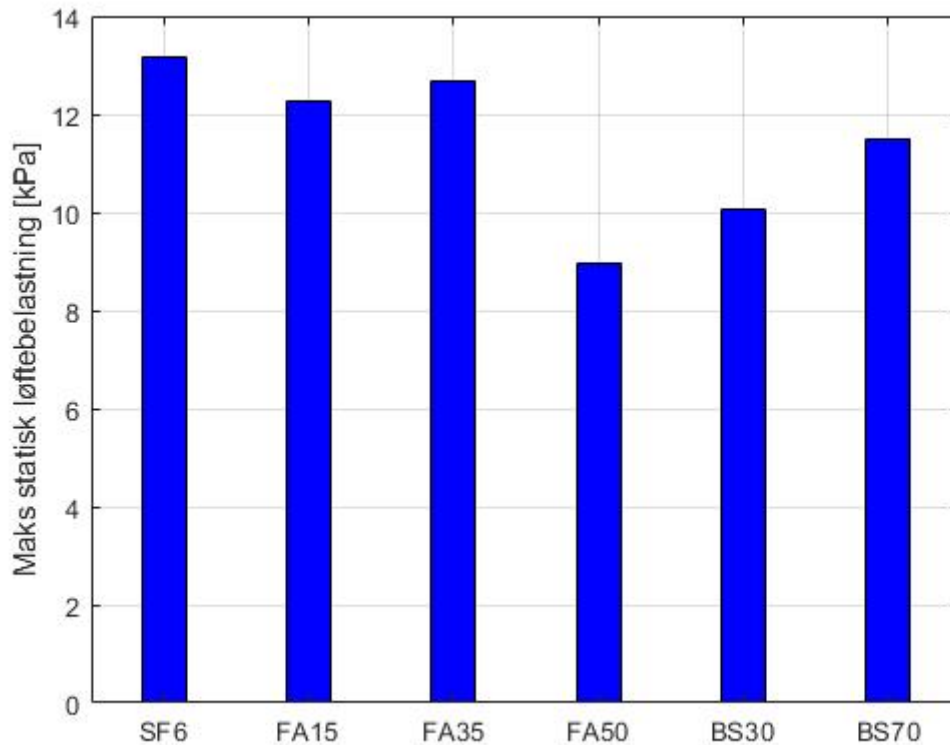
Som beskrevet i litteraturdelen vil lave løftebelastningsverdier redusere risikoen for overflateskader

Tidspunkt og posisjon. Den markante økningen i løftebelastning opptrer tidligst for resept BS30. Senest opptrer den for reseptene FA35 og FA50. Det nevnes at avviket med tidspunkt for start av glidepanelet (± 15 min) kan føre til opptil ± 12 mm horisontal forskyvning av grafene.

Med utgangspunkt i Terzaghis prinsipp kan økningen i løftebelastning ses i sammenheng med et økt negativt poretrykk. I tillegg kan økningen i løftebelastning ses i sammenheng med temperaturen (6.1.5) og avbindingstidspunkt. Det kan derfor antas at poretrykket også reduseres tidligst for resept BS30 og senest for reseptene FA35 og BS70.

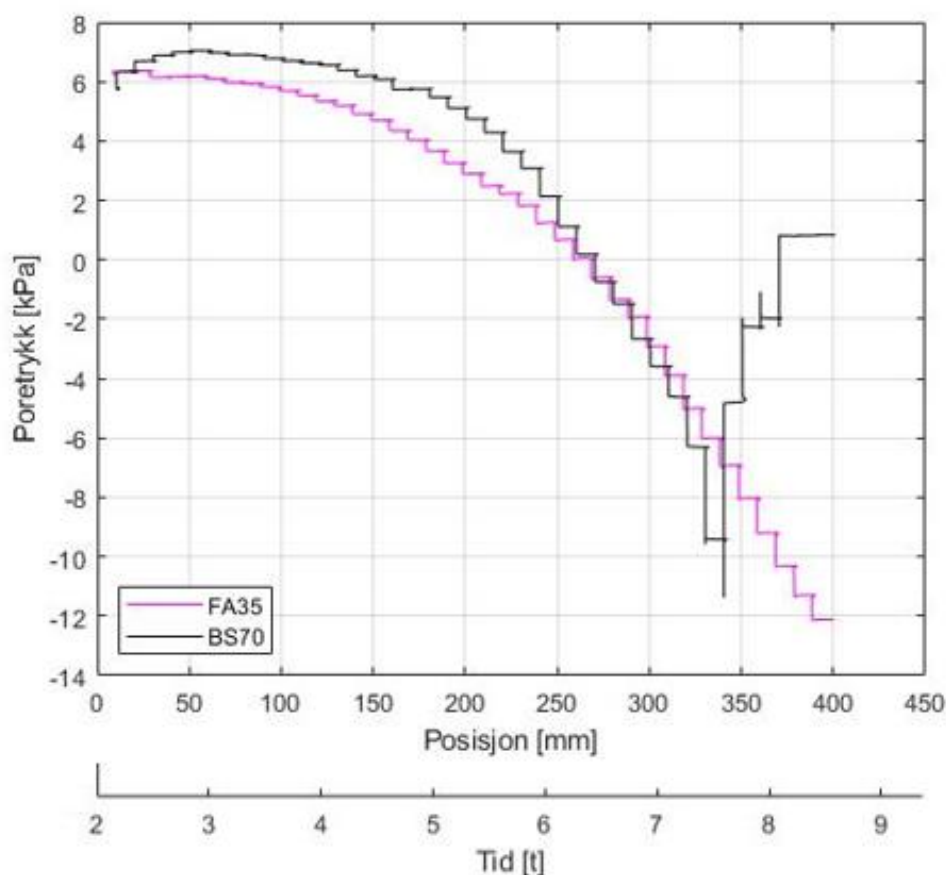


Figur 34: Netto statisk løftebelastning plottet mot posisjonen til glidepanelet



Figur 35: Maks statiske løftebelastning etter resept

6.2.3 Poretrykk



Figur 36: Poretrykket i betongen plottet mot posisjonen til glidepanelet. I tillegg vises tiden etter tilsetning av vann (± 15 min).

Poretrykket ved starten av målingene er det hydrostatiske trykket fra den overliggende betongen. Poretrykksmåleren er plassert 300 mm fra toppen. Densiteten til begge reseptene er $2400 \pm 20 \text{ kg/m}^3$. Dette medfører at poretrykket i teorien skal være ca. 7 kPa rett etter betongen er støpt og ved ca. tid = 0,5.

For perioden 2-4 timene etter tilsetning av vann er poretrykket relativt stabilt for begge reseptene. Her er det kun mindre endringer i poretrykket, med et fall på ca. 2 kPa. Endringene som her finner sted, skyldes som beskrevet i litteraturdelen i hovedsak setninger og bløding - dannelsen av kapillære menisker ved overflaten.

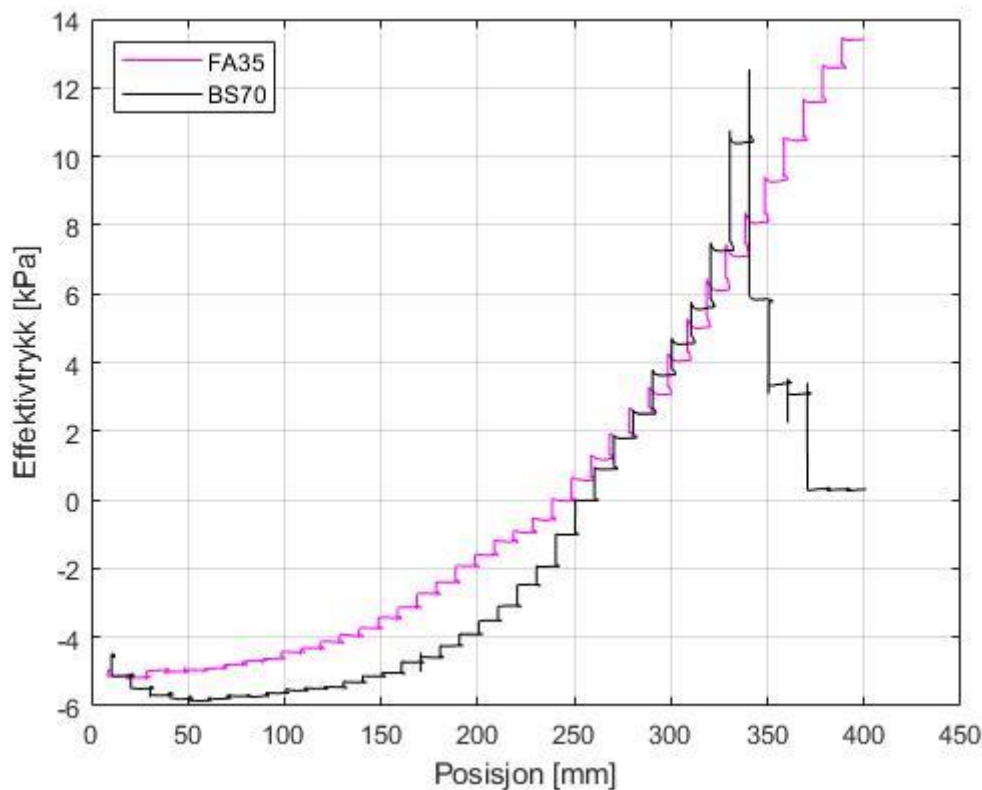
Etter ca. 4 timer begynner poretrykket å falle betydelig mer for begge reseptene. Dette skyldes at hydratasjonen nå tiltar betydelig. Og som beskrevet i litteraturdelen fører hydratasjonen til kjemisk svinn og kapillæreffekter. At hydratasjonen tiltar registreres på temperaturutviklingen (6.1.5) i den samme tidsperioden. For FA35 er reduksjonsraten noe lavere enn for BS70.

Minimumsporetrykket er poretrykket rett før vannfasenettverket kolliderer og ikke lenger danner et sammenhengende nettverk. Den største verdien for løftebelastningen finner sted ved minimumsporetrykk. For FA35 er dette -6,0 kPa og for BS70 er dette -4,6 kPa. FA35 har altså et noe lavere minimumsporetrykk enn BS70.

Poretrykksmålinger for resept SF6, FA15, FA50 og BS30 er ikke tatt med grunnet feil ved poretrykksmåleren.

6.2.4 Effektivtrykk

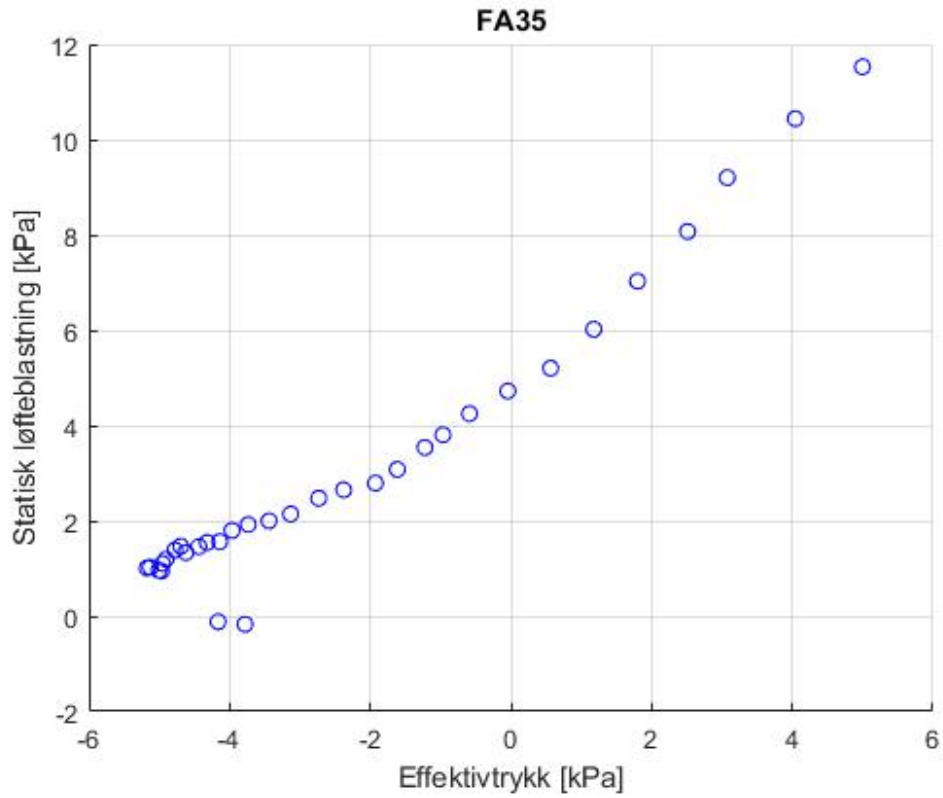
Effektivtrykket er normaltrykket fratrukket poretrykket til vannfasen, i henhold til Terzaghis prinsipp. Siden normaltrykket er tilnærmet konstant, er utviklingen til effektivtrykket en funksjon av utviklingen til poretrykket (6.2.3).



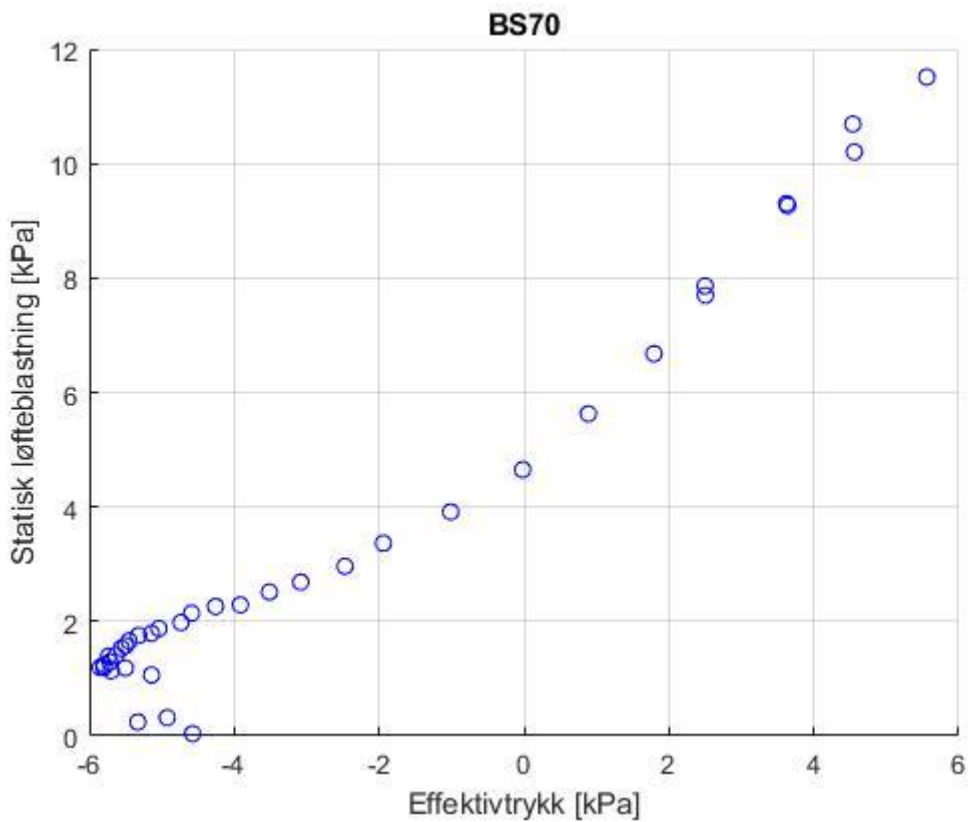
Figur 37: Effektivtrykket på glidepanelet plottet mot posisjonen til glidepanelet

6.2.5 Statisk løftebelastning og effektivtrykk

Netto statisk løftebelastning plottet mot effektivtrykket på glidepanelet. Målingene er på intervallet fra start og fram til største statisk løftebelastning oppnås. Dette samsvarer med posisjonsintervallene som er angitt under figurene.



Figur 38: Statisk løftebelastning og effektivtrykk for FA35 i posisjonsintervallet [10mm, 340mm]



Figur 39: Statisk løftebelastning og effektivtrykk for BS70 i posisjonsintervallet [10mm, 320mm]

Resultatene viser sammenhengen mellom statisk løftebelastning og effektivtrykk. For begge reseptene øker den statiske løftebelastningen tilnærmet lineært med økende effektivtrykk. Videre representerer dette økende effektivtrykket et redusert poretrykk, siden normaltrykket er tilnærmet konstant. Den økende statiske løftebelastningen øker derfor også tilnærmet lineært med økende redusert poretrykk.

Dette støtter opp om at løftebelastningen for begge reseptene kan beskrives med den generelle friksjonslov og Terzaghis prinsipp.

6.2.6 Overflater

Bildene under viser den overflaten av betongelementene som har vært mot glidepanelet. Alle elementene er ca. 500 mm høye (± 30 mm).



Figur 40: Overflate av betongelement SF6

På figuren over av betongelementet for SF6 kan man se at de nedre hjørnene av elementet ikke er fullstendig utfylte. Dette skyldes trolig den lave støpeligheten til resepten, og ikke forhold ved glidestøpingen.



Figur 41: Overflate av betongelement FA15



Figur 42: Overflate av betongelement FA35



Figur 43: Overflate av betongelement FA50



Figur 44: Overflate av betongelement BS30

Ingen av betongelementene har stor utbredelse av porer i overflaten. Dette må antas å ha sammenheng med de lave luftinnholdene som er målt for de testede betongene.

Betongelement BS30 er det betongelementet som har flest porer i overflaten. Man kan se at elementet har flere og større porer i toppen, sammenlignet med bunnen av elementet. Det skyldes trolig at den nederste delen av betongelementet har blitt komprimert av vekten av betongen over.



Figur 45: Overflate av betongelement BS70

Med unntak av den mangelfulle komprimeringen av betongelement SF6, hadde ingen av elementene skader i overflatene. Alle betongelementene jevne i overflaten.

På figurene kan man se at tapen som ble brukt til å forsegle betongbeholderen har festet seg i underkanten og sidene av overflaten til betongelementene. De betongreseptene med høyest luftinnhold hadde mer synlige luftlommer i overflaten av betongen.

Elementene med høy andel av flygeaske og slagge peker litteraturen mot en foretrukket lavere glidehastighet og en økt risiko for skader i overflaten av betongen. Dette er særlig aktuelt for reseptene FA50 og BS70. Slike skader kunne ikke observeres på disse betongelementene. Dersom disse reseptene hadde vært benyttet ved forsøk med høyere glidehastighet kan det være at slike skader ville oppstått.

6.3 Feilkilder

Glideriggen har som mål å simulere forholdene som gjelder ved praktisk glidestøping. Enkelte forskjeller vil det være mellom laboratorieforsøkene og glidestøping på byggeplass, da glideriggen gjennomfører glidestøpingen på en idealisert måte, uten de begrensninger som må hensyntas på byggeplassen. Likevel må resultatene i stor grad anses å være overførbare til praktisk bruk av glidestøping.

Det er en viss usikkerhet knyttet til presisjonen av fuktmålingene av tilslaget gjort med Speedy-fuktmåleren. Tidligere forsøk gjort med det samme måleutstyret har vist at Speedy-måleren gir andre resultater enn det som oppnås med til eksempel uttørkingsmetoden [62]. Det kan tenkes at fuktinnholdet i storsekkene med sand også er ujevnt fordelt. Det vil si at den prøven som tas for fuktmåling ikke gir en reell måling på fuktinnholdet i den sanden som tilsettes i betongreseptene. Det vil i tur kunne føre til feil innhold av vann og tilslag. Dette har også betydning for den reelle verdien av masseforholdet til betongen.



Figur 46: Tilslagspartikler skilt mellom betongbeholder og glidepanel

Grus- og steinpartikler fra tilslaget kan kile seg mellom glidepanelet og betongbeholderen. Dette vil presse panelet mot normalkraftsensorene og kan også bidra til økt friksjon mot glidepanelet.

Teipen som brukes for å forsegle glippene mellom betongbeholderen og glidepanelet kan påvirke den kraften glidepanelet bruker på løftene. På de ferdig støpte betongelementene kan man se at teipen har festet seg i overflaten mot glidepanelet.

Poretrykkssensoren er en mulig kilde til feilmålinger. Før poretrykkssensorenes plasseres i måleposisjonen fylles den med vann, og den senkes ned i et vannbad. Det kontrolleres at poretrykksmålingene samsvarer med poretrykksmålerens dybde i vannbadet. Det må derfor antas at poretrykkssensoren foretar korrekte målinger av poretrykket før den plasseres i måleposisjonen. Sensoren er sårbar for luftbobler i betongen. Dersom det kommer luft til sensoren vil målingene ikke kunne vurderes som troverdige. For enkelte av de testede betongene tilsier resultatene at målingene ikke er troverdige og derfor ikke kan brukes som grunnlag for noen konklusjon.

Det er også verdt å nevne at poretrykksmåleren fra produsentens side har ett oppgitt måleintervall mellom 0 til 10 bar. For testene i glideriggen gjøres de målinger for negativt poretrykk. Det er usikkert hvorvidt dette påvirker troverdigheten av målingene.

Mellom hvert forsøk var det groing på glidepanelet. Groing kan føre til striper og sår i overflaten av betongen. Dette er særlig aktuelt ved omgivelsestemperaturer på 20°C eller over. Mellom hvert forsøk blir glidepanelet rengjort.



Figur 47: Groing på glidepanel etter fullført glidestøp

Som følge av liten tid til forsøkene er ikke noen av forsøkene blitt gjennomført mer enn én gang for hver betongresept. Det er derfor ikke påvist at resultatene er gjenproduserbare. For å sikre gjenproduserbarheten av resultatene burde det blitt foretatt flere forsøk for hver betongresept.

Reseptene har noe ulike mengder av superplastiserende stoff. Det superplastiserende stoffet ble tilsatt for å oppnå ønskelig konsistens for betongreseptene, og ble derfor tilsatt skjønnsmessig for hver resept. Dette kan medføre mindre forskjeller for reseptenes V/C-tall, og muligens vil også de ulike mengdene superplastiserende også ha effekt for betongens andre egenskaper.

7. Konklusjon

Utgangspunktet for oppgaven er å undersøke hvordan betong med ulike tilsetningsmaterialer og ulike mengde av tilsetningsmaterialer er egnet ved glidestøping. For å minimere antall variabler er det benyttet betongresepter med samme matriksvolum, masseforholdstall, osv. Tilsetningsmaterialer kan bidra til å redusere klimagassutslippene forbundet ved betongproduksjon.

Ettersom forsøkene er gjennomført en gang for hver av betongreseptene kan det ikke påvises at resultatene fra forsøkene kan repliseres. En del av resultatene er også påvirket av upålitelige sensormålinger. Først og fremst fra poretrykkssensoren, som gav upålitelige resultater for flere av forsøkene. På bakgrunn av dette er grunnlaget for å trekke konklusjoner noe svekket. Resultatene er egnet til å gi indikasjoner for effekten av tilsetningsmaterialene.

EPDene viser at betong med slagginnhold har det største potensiale for redusert GWP-verdi.

Temperaturmålingene og tidspunkt for økning i løftebelastning viser at betongene med høy andel av flygeaske og slagg hadde lengre avbindingstid. Dette kan være uheldig da det vil medføre saktere glidehastighet og øker muligheten for skader i overflaten av betongen.

De fleste reseptene har sammenlignbar maksimal løftebelastning. Resept FA50 og BS30 skiller seg ut med lavere løftebelastning. Resultatene viser at maksimal løftebelastning er høyere ved høyere slagandelen.

Ingen av betongelementene bærer preg av overflateskader. Det kan ikke konkluderes med at tilsetningsmaterialene, ved den glidehastighet som er brukt for forsøkene, bidrar til overflateskader.

På bakgrunn av de observasjonene som er gjort, vil det være interessant å gjøre ytterligere undersøkelser om bruken av slaggtilsetninger ved glidestøping. Slagg har stort potensiale til å redusere klimagassutslippene til betongen. Observasjonene for forsøkene tyder heller ikke på at slaggholdig betong er uegnet ved glidestøping.

8. Litteraturliste

- [1] Sandes & Jærbetong, «Bygger nytt sykehus,» 2020. [Internett]. Available: <https://sjbetong.no/om-oss/aktuelt/bygger-nytt-sykehus>.
- [2] P. T. Brown og K. Caldeira, «Greater future global warming from Earth's recent energy budget,» *Nature*, vol. 552, pp. 45-50, 7 desember 2017.
- [3] World Meteorological Organization, "United in Science 2020," United Nations, 2020.
- [4] United Nations, *Paris Agreement*, 2015.
- [5] Regjeringen, [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norge-forsterker-klimamalet-for-2030-til-minst-50-prosent-og-opp-mot-55-prosent/id2689679/>.
- [6] Regjeringen, [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/europakommisjonen-gar-inn-for-klimanoytralt-eu-innen-2050/id2621209/>.
- [7] M. Hamdy, A. Hasan og K. Siren, «A multi-stage optimization method for cost-optimal and nearly-zero-energy building solutions in line with EPBD-recast 2010,» *Energy and Buildings*, vol. 56, pp. 189-203, Januar 2013.
- [8] O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, J. C. Minx, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, p. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow and T. Zwickel, Eds., *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, New York: Cambridge University Press, 2014.
- [9] J. Lehne og F. Preston, «Making Concrete Change: Innovation in Low-carbon Cement and Concrete,» Chatham House, 2018.
- [10] K.-A. Lyng, A. Rønning, M. Vold og E. Svanes, «Karbonopptak i betong i LCA og EPD,» Østfoldforskning, 2014.
- [11] NOU, *Globale miljøutfordringer - norsk politikk Hvordan bærekraftig utvikling og klima kan ivaretas i offentlig beslutningsprosesser*, Norske Offentlige Utredninger, 2009.
- [12] K. Sakai, *Sustainability in fib Model Code 2010 and its future perspective*, 2013.
- [13] United Nations , *KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE*, 1998.
- [14] R. Lindsey, «Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide,» NOAA, 14 august 2020. [Internett]. Available: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>.

- [15] The Norwegian EPD Foundation, «Hva er en EPD?,» [Internett]. Available: <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/>.
- [16] I. O. f. Standardisation, Miljødeklarasjoner type III, 2006.
- [17] I. O. f. Standardisation, *ISO 21930 Sustainability in building construction Environmental declaration of building products*.
- [18] N. P. Borvik, «Lavkarbonbetong: Bidrag til klimagassregnskapet på Fornebu S-prosjektet,» NTNU, Trondheim, 2013.
- [19] Norsk Standard, *NS-EN 15804*.
- [20] The Norwegian EPD Foundation, «epd-norge,» [Internett]. Available: <https://www.epd-norge.no/epder/>.
- [21] M. Vold, V. Schakenda og C. A. Nyland, «Fabeko EPD-kalkulator: Brukerveiledning,» Østfoldforskning, 2009.
- [22] Norsk Betongforening, «Lavkarbonbetong,» Norsk Betongforening, Oslo, 2020.
- [23] R. Vigre, Interviewee, *Samtale angående utarbeidelse og tolkning av EPD*. [Intervju]. 23 april 2021.
- [24] P. Gjerp, M. Opsahl og S. Smeplass, *Grunnleggende betongteknologi*, Oslo: Bygenæringens Forlag, 2004.
- [25] SINTEF, «Byggforsk,» Mars 2016. [Internett]. Available: https://www.byggforsk.no/dokument/589/sement_typer_egenskaper_og_bruksomraader.
- [26] M. Mamlouk og J. Zaniewski, *Materials for Civil and Construction Engineers*, 4 red., Pearson Education Limited, 2017.
- [27] Z. Ge, «Predicting temperature and strength development of the field concrete,» Iowa State University, Ames, 2005.
- [28] A. M. Neville, *Properties of Concrete*, 5 ed., Harlow: Pearson Education Limited, 2011.
- [29] K. De Weerd, «Blended Cement with Reduced CO₂-Emission - Utilizing the Fly Ash-Limestone Synergy,» NTNU, Trondheim, 2011.
- [30] UNEP Global environmental Alert Service (GEAS), *Greening Cement Production has a Big Role to Play in Reducing Greenhouse Gas Emissions*, UNEP, 2010.
- [31] V. M. Malhotra, «Role of Supplementary Cementing Materials in Reducing Greenhouse Gas Emissions,» i *Concrete Technology for a Sustainable Development in the 21st Century*, G. E. Odd og K. Sakai, Red., London & New York, E & FN SPON, 2000, pp. 226-235.

- [32] *NS-EN 206:2013+AI+NA*, Norsk Standard.
- [33] S. W. Tang, Z. J. Li, E. Chen og H. Y. Shao, «Non-steady migration of chloride ions in cement pastes at early age,» *RSC Advances*, nr. 89, 2014.
- [34] P. J. M. Monteiro og P. K. Mehta, *Concrete: Microstructure, Properties and Materials*, Berkley: McGraw Hill , 2006.
- [35] K. D. Basham, M. Clark, T. France og P. Harrison, «Concrete Construction,» 07 Desember 2007. [Internett]. Available: https://www.concreteconstruction.net/how-to/materials/what-is-fly-ash_o .
- [36] E. Sakai, S. Miyahara, S. Ohsawa, S.-H. Lee og M. Daimon, «Hydration of fly ash cement,» *Cement and Concrete Research*, vol. 35, pp. 1135-1140, 2005.
- [37] A. Abri, A. Bhatt, A. A. Mohanakrishnan, S. Priyadarshini, M. Sattler og S. Techapaphawit, «Physical, chemical, and geotechnical properties of coal fly ash: A global review,» *Case Studies on Construction Materials*, 2019 .
- [38] B. Barszcz, M. Chalecki, G. Ruthowska, P. Wichowski and J. Zwirska, "Influence of Siliceous and Calcareous Fly-ashes on Properties of Cement Mortars," *Journal of Ecological Engineering*, pp. (4) 280-288, 2016.
- [39] W. Fajun, M. W. Grutzeck og D. M. Roy , «The Retarding Effects of Fly Ash Upon the Hydration of Cement Pastes: The First 24 Hours,» *Cement and Concrete Research*, vol. 15, pp. 174-184, Januar 1985.
- [40] R. Snellings, G. Mertens og J. Elsen, «Supplementary Cementitious Materials,» *Mineralogy & Geochemistry*, vol. 74, pp. 211-278, 2012.
- [41] S. Ravindrarajah, «Bleeding of Fresh Concrete Containing Cement supplement Materials,» Sydney, 2003.
- [42] Slag Cement Association, «Mitigating Alkali-Silica Reaction,» [Internett]. Available: <https://www.slagcement.org/aboutslagcement/is-08.aspx> .
- [43] J. Rissman, «Concrete change: Making cement carbon-negative,» Desember 2018. [Internett]. Available: <https://www.greenbiz.com/article/concrete-change-making-cement-carbon-negative> .
- [44] Regjeringen, «Regjeringen,» Olje- og energidepartementet, 5 mars 2020. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/00920/id2692396/> .
- [45] Norsk Betongforening, «Veiledning for prosjektering og utførelse av konstruksjoner utsøpt med glideforskaling,» Norsk Betongforening, Oslo, 2017.
- [46] R. Kompen, «Bruk av glideforskaling kontra klatreforskaling,» Statens Vegvesen, Oslo, 1994.

- [47] K. T. Fosså, "Slipforming of Vertical Concrete Structures: Friction between concrete and slipform panel," NTNU, Trondheim, 2001.
- [48] H. Ormestad, «Friksjon,» 12 november 2020. [Internett]. Available: <https://snl.no/friksjon>.
- [49] Ecole Doctorale N 602, «Physical evolution of the cement paste interface in the fresh state and very early age,» Université de Bretagne Sud, u.å..
- [50] M. Maage, Red., Betong - regelverk, teknologi og utførelse, Oslo: Byggnæringens forlag, 2015.
- [51] T. A. Hammer, «The use of pore water pressure to follow the evolution from fresh to hardened concrete,» SINTEF Building and Infrastructure, Concrete, 2006.
- [52] K. T. Fosså og M. Maage, «The effect of the pore water pressure on the friction between concrete and slipform panel during slipforming,» *ACI Material Journal*, 2003.
- [53] B. M. Kahsai, «E39 and Slipforming of environmental-friendly concrete,» UiS, Stavanger, 2020.
- [54] The Self-Compacting Concrete European Project Group, *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use*, 2005.
- [55] Norsk Standard, *NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2020*, Norsk Standard, 2013.
- [56] J. T. Busterud, «Slipforming - Materials effect on friction,» UiS, Stavanger, 2016.
- [57] R. Kurda, J. D. Silvestre og J. de Brito, «Toxicity and environmental and economic performance of fly ash and recycle concrete aggregates use in concrete: A review,» Universidade de Lisboa, Lisboa, 2018.
- [58] The Danish Technological Institute, *Fly ash for concrete, asphalt and cement production*, DTI, 2013.
- [59] A. C. Heath, K. A. Paine og M. C. McManus, «Minimising the global warming potential of clay based geopolymers,» University of Bath, Bath, 2014.
- [60] The Norwegian EPD Foundation, «Asfalt og pukk,» [Internett]. Available: <https://www.epd-norge.no/asfalt-og-pukk/category326.html>. [Funnet 3 mars 2021].
- [61] NDDOT Materials Technical Certification Program, «Speedy Moisture Test,» 2015.
- [62] J. G. Nøvik, «Hvilke Parametre har størst innvirkning på friksjon ved glidestøp,» UiS, Stavanger, 2018.
- [63] Klima- og miljødepartementet, *Meld. St. 41 (2016-2017)*, Regjeringen, 2017.

- [64] A. R. Elgen og J. H. A. Vogt, «Betong med redusert klimagassutslipp til Gullhaug Torg 2A-prosjektet,» NTNU, Trondheim, 2018.
- [65] United States Environmental protection Agency, «EPA,» [Internett]. Available: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>.
- [66] SINTEF, «Tilsetningsstoffer for betong,» September 2010. [Internett]. Available: https://www.byggforsk.no/dokument/590/tilsetningsstoffer_for_betong#i1 .
- [67] W. M. Kulmo, «En vill idé har blitt til miljøvennlig betong,» Mars 2019. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2019/en-vill-ide-har-blitt-til-miljovennlig-betong/> .
- [68] O. C. Stenby, «Begreper om betong,» Januar 2019 . [Internett]. Available: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/mur/artikler/begreper-i-betong> .
- [69] P.-C. Aïtcin, High-performance concrete, 1 red., London & New York: E & FN SPON, 1998.

9. Vedlegg

A. EPDer for betongresepter.....	91
A1. EPD (SF6)	91
A2. EPD (FA15).....	98
A3. EPD (FA35).....	107
A4. EPD (FA50).....	115
A5. EPD (BS30).....	123
A6. EPD (BS70).....	131
B. Trykkfashetstester	139
B1. Trykkfasthet (SF6) + (to prøvelegemer fra FA35)	139
B2. Trykkfasthet (FA15)	141
B3. Trykkfasthet (FA35).....	143
B4. Trykkfasthet (FA50)	145
B5. Trykkfasthet (BS30)	147
B6. Trykkfasthet (BS70)	149
C. Produktblader	151
C1. Produktblad (Norcem Anleggssement)	151
C2. Produktblad (Norcem Anlegg FA)	152
C3. Produktblad (Schwenk/Cemex Miljøsement).....	153
C4. Produktblad (Schwenk Lavvarmesement).....	154
C5. Produktblad (Norcem Flygeaske).....	155
C6. Produktblad (Elkem Microsilica 940)	157
C7. Produktblad (Mapei Dynamon SX-N).....	158
D. Betongresepter	161
D1. Betongresept (SF6).....	161
D2. Betongresept (FA15)	162
D3. Betongresept (FA35)	163
D4. Betongresept (FA50)	164
D5. Betongresept (BS30)	165
D6. Betongresept (BS70)	166
E. Data fra gliderigg.....	167
E1. Poretrykk.....	167
E2. Normaltrykk.....	170

A. EPDer for betongresepter

A1. EPD (SF6)

Ver1 2015

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Sandnes & Jærbetong
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

SF6

Sandnes & Jærbetong



www.epd-norge.no



1 / 8

Generell informasjon

Produkt:

SF6

Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo
Phone: +47 23 08 80 00
e-post: post@epd-norge.no

Deklarasjonsnummer:**ECO Plattform registreringsnummer:****Deklarasjonen er basert på PCR:**

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjeme-PCR
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

Deklarert enhet:1 m³ SF6**Deklarert enhet med opsjon:**

A1,A2,A3

Funksjonell enhet:**Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:**

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

Eier av deklarasjonen:

Sandnes & Jærbetong
Kontaktperson: Sven Gusevik
Telefon: 51791800
e-post: mail@sjbetong.no

Produsent:

Sandnes & Jærbetong

Produksjonssted:

Sandnes & Jærbetong
Gudmestadvegen 371 4365 Nærbo
Norway

Kvalitet/Miljøsystem:**Org. no.:**

859 365 582

Godkjent dato:**Gyldig til:****Årstell for studien:****Sammenlignbarhet:**

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy Ica.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Tomas Lea

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Tomas Lea

Godkjent:

Sign



Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

Produkt

Produktbeskrivelse:

Ferdigbetong.

Produktspesifikasjon:

Fabrikkblandet ferdigbetong produsert iht NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017.

Materialer	kg	%
Cement	345,85	15,33
Aggregate	1733,92	76,85
Water	147,30	6,53
Chemicals	7,08	0,31
SCM	22,08	0,98
Totalt:	2256,23	

Tekniske data:

Fasthetsklasse: [x] Bestandighetsklasse: [x]. Egenvekt 2300-2600 kg

Markedsområde:

Rogaland

Levetid, produkt:

Som for bygninger

Levetid, bygg:

LCA: Beregningsregler

Deklarert enhet:

1 m³ SF6

Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

Alle relevante råmaterialer og relevant energibruk er inkludert.

Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produksjonssystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

Allokering er gjort iht. bestemmelsene i EN 15804.

Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon allokert likt mellom alle forskjellige resepter gjennom masseallokering.

Datakvalitet:

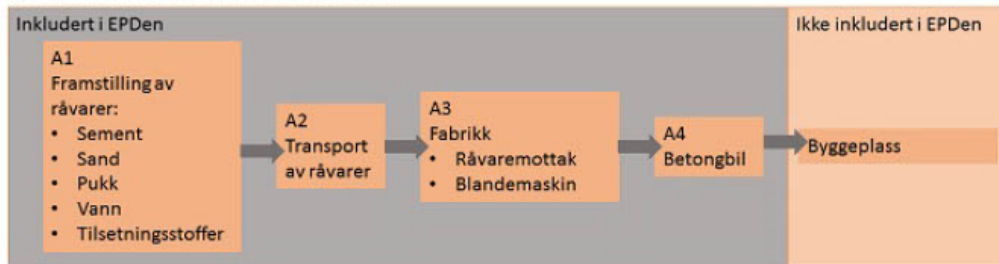
Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarererte produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	Ecoinvent 3	Database	0
Aggregate	Modified Ecoinvent	Database	2012
Chemicals	EPD-EFC-20150091-IAG1-EN	EPD	2015
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
SCM	ecoinvent 3.6	Database	2019
Cement	NEPD-2277-1028-NO	EPD	2020

Systemgrenser:

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet fra fabrikkport er inkludert i analysen.

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:

**Teknisk tilleggsinformasjon**

All returbetong blir resirkulert til betongprodukter eller tilslag.

LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bi					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Byggefasen

	Enhet	Verdi
Hjelpemateri...	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialeltap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling		
Støv i luften		
VOC utslipp		

Monterte produkter i bruk (B1)

	Unit	Value

Vedlikehold (B2)/Reparasjon (B3)

	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	stk	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialeltap	kg	
VOC utslipp	kg	

Utskifting (B4)/Renovering (B5)

	Enhet	Verdi
Elek...	kWh	
Utskifting a...	0	

Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	W	

Sluttfase (C1,C3,C4)

	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning	kg	
Til deponi	kg	

Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bi					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A3 er ikke inkludert

LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

Product stage			Construction installation stage		User stage							End of life stage				Beyond the system boundaries
Råmaterialer	Transport	Tilrettelegging	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Ojeblikkelig miljømessig resirkuleringspotensiale
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND

Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
GWP	kg CO ₂ -eq	2,78E+02	1,26E+01	1,36E+00
ODP	kg CFC11 -eq	2,73E-06	2,52E-06	2,07E-08
POCP	kg C ₂ H ₄ -eq	3,37E-02	2,09E-03	7,10E-05
AP	kg SO ₂ -eq	1,14E-01	4,66E-02	1,18E-03
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq	1,36E-01	8,04E-03	2,87E-04
ADPM	kg Sb -eq	1,48E-04	2,45E-05	3,44E-06
ADPE	MU	8,50E+02	1,99E+02	2,19E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

*Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0*10⁻³ = 0,009*

*INA Indicator Not Assessed

Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
RPEE	MJ	2,42E+02	3,06E+00	2,76E+01
RPEM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TPE	MJ	2,42E+02	3,06E+00	2,76E+01
NRPE	MJ	8,74E+02	2,05E+02	3,72E+00
NRPM	MJ	3,41E+01	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	9,08E+02	2,05E+02	3,72E+00
SM	kg	4,95E+01	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	3,56E+02	0,00E+00	4,78E-03
NRSF	MJ	4,53E+02	0,00E+00	0,00E+00
W	m ³	1,85E+00	4,18E-02	1,61E-03

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
HW	kg	3,82E-04	1,05E-04	4,82E-06
NHW	kg	3,05E+01	1,46E+01	2,77E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Norske tilleggskrav

Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmiks fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmiks	Datkilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

Inneklima

Produktet har ingen innvirkning på innneklima.

Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories -
 Iversen et al., (2018) eEPD v3.0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR.04.18
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR.04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.
 NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner type III Prinsipper og prosedyrer.
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring Livsløpsvurderinger KRAV og retningslinjer.
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk Miljødeklarasjoner
 Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer
 Iso 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products.

Vold M.og Edvardsen T. (2014) : EPD-Generator for betongindustrien, Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR.04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

Vold M. og Edvardsen T. (2014): EPD-Generator for betongindustrien, brukerveiledning, OR.05.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017

	Programoperatør og utgiver Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	Eier av deklarasjon Sandnes & Jærbetong Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø	Telefon: 51791800 e-post: mail@sjbetong.no web: www.sjbetong.no
	Forfatter av livsløpsrapporten Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	Utvikler av EPD-generator LCA.no AS Dokka 1C. 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Sandnes & Jærbetong
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

FA15

Sandnes & Jærbetong



www.epd-norge.no



Generell informasjon

Produkt:

FA15

Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo
Phone: +47 23 08 80 00
e-post: post@epd-norge.no

Deklarasjonsnummer:**ECO Plattform registreringsnummer:****Deklarasjonen er basert på PCR:**

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjeme-PCR
NPCR 020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

Deklarert enhet:

1 m3 FA15

Deklarert enhet med opsjon:

A1,A2,A3

Funksjonell enhet:**Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:**

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Anne Rønning, Norsus AS
(krever ikke signatur)

Eier av deklarasjonen:

Sandnes & Jærbetong
Kontaktperson: Sven Gusevik
Telefon: 51791800
e-post: mail@sjbetong.no

Produsent:

Sandnes & Jærbetong

Produksjonssted:

Sandnes & Jærbetong
Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø
Norway

Kvalitet/Miljøsystem:**Org. no.:**

859 365 582

Godkjent dato:**Gyldig til:****Årstall for studien:****Sammenlignbarhet:**

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

EPD er utarbeidet av:

Tomas Lea

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Tomas Lea

Godkjent:

Sign



Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

Produkt

Produktbeskrivelse:

Ferdigbetong.

Produktspesifikasjon:

Fabrikkblandet ferdigbetong produsert iht NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017.

Materialer	kg	%
Cement	478,27	20,00
Aggregate	1733,93	72,50
Water	172,81	7,23
Chemicals	6,74	0,28
Totalt:	2391,75	

Tekniske data:

Fasthetsklasse: [x] Bestandighetsklasse: [x]. Egenvekt 2300-2600 kg

Markedsområde:

Rogaland

Levetid, produkt:

Som for bygninger

Levetid, bygg:

LCA: Beregningsregler

Deklarert enhet:

1 m³ FA15

Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

Alle relevante råmaterialer og relevant energibruk er inkludert.

Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produksystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

Allokering er gjort iht. bestemmelsene i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon allokert likt mellom alle forskjellige resepter gjennom masseallokering.

Datakvalitet:

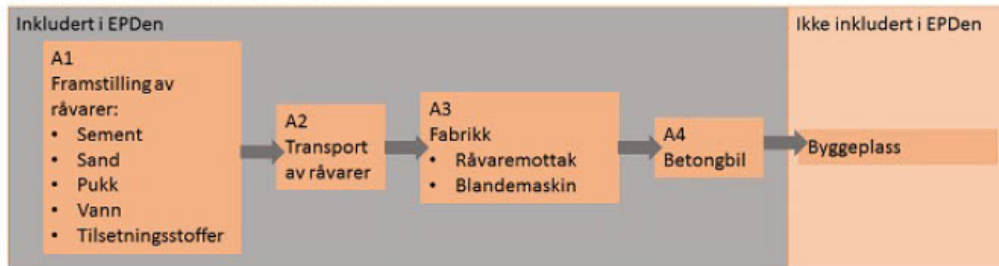
Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarererte produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	Ecoinvent 3	Database	0
Aggregate	Modified Ecoinvent	Database	2012
Chemicals	EPD-EFC-20150091-IAG1-EN	EPD	2015
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
Cement	NEPD-2274-1028-NO	EPD	2020

Systemgrenser:

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet fra fabrikkport er inkludert i analysen.

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:

**Teknisk tilleggsmasjon**

All returbetong blir resirkulert til betongprodukter eller tilslag.

LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (lt)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Byggefasen

	Enhet	Verdi
Hjelpemateriell	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling		
Støv i luften		
VOC utslipp		

Monterte produkter i bruk (B1)

	Unit	Value

Vedlikehold (B2)/Reparasjon (B3)

	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	-	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

Utskifting av utrustning (B4)/Renovering (B5)

	Enhet	Verdi
Elektrisk utrustning	kWh	
Utskifting av utrustning	0	

Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

Sluttfase (C1,C3,C4)

	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning	kg	
Til deponi	kg	

Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (lt)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A3 er ikke inkludert

LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklartert, MNR=modul ikke relevant)

Product stage			Construction installation stage		User stage							End of life stage				Beyond the system boundaries
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftninger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfalltil sluttbehandling	Ojeblikkelig miljø- restaurering- potensiale
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X														

Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
GWP	kg CO ₂ -eq	3,16E+02	1,34E+01	1,36E+00
ODP	kg CFC11 -eq	3,09E-06	2,66E-06	2,07E-08
POCP	kg C ₂ H ₄ -eq	3,91E-02	2,27E-03	7,10E-05
AP	kg SO ₂ -eq	1,15E-01	5,42E-02	1,18E-03
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq	1,68E-01	9,70E-03	2,87E-04
ADPM	kg Sb -eq	1,54E-04	2,43E-05	3,44E-06
ADPE	MJ	9,30E+02	2,10E+02	2,19E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

*Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0*10⁻³ = 0,009*

*INA Indicator Not Assessed

Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
RPEE	MJ	2,84E+02	3,05E+00	2,76E+01
RPEM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TPE	MJ	2,84E+02	3,05E+00	2,76E+01
NRPE	MJ	9,57E+02	2,16E+02	3,72E+00
NRPM	MJ	3,25E+01	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	9,90E+02	2,16E+02	3,72E+00
SM	kg	1,29E+02	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	4,12E+02	0,00E+00	4,78E-03
NRSF	MJ	5,21E+02	0,00E+00	0,00E+00
W	m ³	1,91E+00	4,19E-02	1,61E-03

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
HW	kg	4,11E-04	1,09E-04	4,82E-06
NHW	kg	3,44E+01	1,42E+01	2,77E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Norske tilleggskrav

Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmix fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmix	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO ₂ -ekv/kWh

Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

Inneklima

Produktet har ingen innvirkning på inneklima.

Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories.
 hversen et al., (2018) eEPD v3.0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR.04.18
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR.04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.
 NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner type III Prinsipper og prosedyrer.
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring Livsløpsvurderinger KRav og retningslinjer.
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk Miljødeklarasjoner
 Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer
 Iso 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products.

Vold M.og Edvardsen T. (2014) : EPD-Generator for betongindustrien, Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR.04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

Vold M. og Edvardsen T. (2014); EPD-Generator for betongindustrien, brukerveiledning, OR.05.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017

	Programoperatør og utgiver Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	Telefon: +47 23 08 80 00 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
	Eier av deklarasjon Sandnes & Jærbetong Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø	Telefon: 51791800 e-post: mail@sjbetong.no web: www.sjbetong.no
	Forfatter av livsløpsrapporten Østfoldforskning AS Stadion 4 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 69 35 11 00 e-post: post@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no
	Utvikler av EPD-generator LCA.no AS Dokka 1C 1671 Kråkerøy	Telefon: +47 916 50 916 e-post: post@lca.no web: www.lca.no

A3. EPD (FA35)

Ver1 2015

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Sandnes & Jærbetong
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

FA35

Sandnes & Jærbetong



www.epd-norge.no



1 / 8

Generell informasjon

Produkt:

FA35

Eier av deklarasjonen:

Sandnes & Jærbetong
Kontaktperson: Sven Gusevik
Telefon: 51791800
e-post: mail@sjbetong.no

Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo
Phone: +47 23 08 80 00
e-post: post@end-norge.no

Produsent:

Sandnes & Jærbetong

Deklarasjonsnummer:**Produksjonssted:**

Sandnes & Jærbetong
Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø
Norway

ECO Platform registreringsnummer:**Kvalitet/Miljøsystem:****Deklarasjonen er basert på PCR:**

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR
NPCR.020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

Org. no.:

859 365 582

Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

Godkjent dato:**Gyldig til:****Deklarert enhet:**

1 m3 FA35

Årstall for studien:**Deklarert enhet med opsjon:**

A1,A2,A3

Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

Funksjonell enhet:**Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:**

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

EPD er utarbeidet av:

Tomas Lea

Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Tomas Lea

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

Godkjent:

Sign



Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

Produkt

Produktbeskrivelse:

Ferdigbetong.

Produktspesifikasjon:

Fabrikkblandet ferdigbetong produsert iht NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017.

Materialer	kg	%
Cement	366,56	15,24
Aggregate	1733,84	72,07
Water	187,10	7,78
Chemicals	5,57	0,23
SCM	112,60	4,68
Totalt:	2405,67	

Tekniske data:

Fasthetsklasse: [x] Bestandighetsklasse: [x]. Egenvekt 2300-2600 kg

Markedsområde:

Rogaland

Levetid, produkt:

Som for bygninger

Levetid, bygg:

LCA: Beregningsregler

Deklarert enhet:

1 m³ FA35

Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

Alle relevante råmaterialer og relevant energibruk er inkludert.

Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produksystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

Allokering er gjort iht. bestemmelsene i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon allokert likt mellom alle forskjellige resepter gjennom masseallokering.

Datakvalitet:

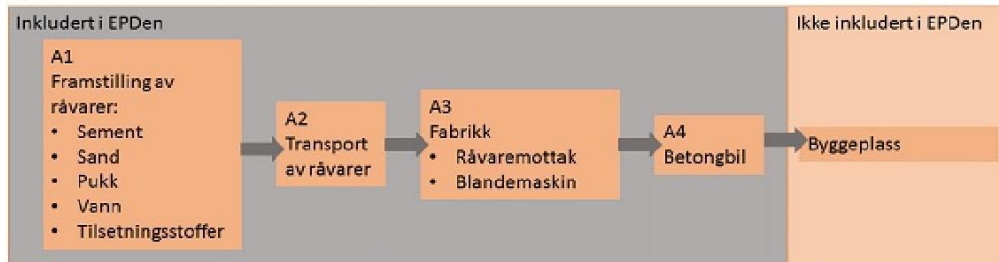
Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	EcoInvent 3	Database	0
Aggregate	Modified EcoInvent	Database	2012
SCM	TI, Denmark	EPD	2013
Chemicals	EPD-EFC-20150091-IAG1-EN	EPD	2015
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
Cement	NEPD-2274-1028-NO	EPD	2020

Systemgrenser:

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet fra fabrikkport er inkludert i analysen.

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:

**Teknisk tilleggsinformasjon**

All returbetong blir resirkulert til betongprodukter eller tilslag.

LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Byggefasen

	Enhet	Verdi
Hjelpemateri...	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling		
Støv i luften		
VOC utslipp		

Monterte produkter i bruk (B1)

	Unit	Value

Vedlikehold (B2)/Reparasjon (B3)

	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	-	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

Utskifting (B4)/Renovering (B5)

	Enhet	Verdi
Elekt...	stk	
Utskifting av...	kWh	0

Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

Sluttfase (C1,C3,C4)

	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning	kg	
Til deponi	kg	

Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A3 er ikke inkludert

LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

Product stage			Construction installation stage		User stage							End of life stage			Beyond the system boundaries	
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk/gjenvinning/ resirkulering- potensiale
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X														

Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
GWP	kg CO ₂ -eq	2,47E+02	2,12E+01	1,36E+00
ODP	kg CFC11 -eq	2,65E-06	4,03E-06	2,07E-08
POCP	kg C ₂ H ₄ -eq	3,12E-02	8,06E-03	7,10E-05
AP	kg SO ₂ -eq	1,10E-01	2,32E-01	1,18E-03
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq	1,34E-01	2,42E-02	2,87E-04
ADPM	kg Sb -eq	1,43E-04	2,62E-05	3,44E-06
ADPE	MJ	7,64E+02	3,17E+02	2,19E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

*Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0*10⁻³ = 0,009*

*INA Indicator Not Assessed

Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
RPEE	MJ	2,23E+02	5,89E+00	2,76E+01
RPEM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TPE	MJ	2,23E+02	5,89E+00	2,76E+01
NRPE	MJ	7,89E+02	3,28E+02	3,72E+00
NRPM	MJ	2,69E+01	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	8,16E+02	3,28E+02	3,72E+00
SM	kg	2,11E+02	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	3,16E+02	0,00E+00	4,78E-03
NRSF	MJ	4,00E+02	0,00E+00	0,00E+00
W	m ³	1,93E+00	5,77E-02	1,61E-03

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
HW	kg	3,64E-04	1,77E-04	4,82E-06
NHW	kg	2,91E+01	1,55E+01	2,77E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Norske tilleggskrav

Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmiks fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetstype	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

Inneklima

Produktet har ingen innvirkning på inneklima.

Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .
 Iversen et al., (2018) eEPD v3.0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner type III Prinsipper og prosedyrer.
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring Livsløpsvurderinger Krav og retningslinjer.
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk Miljødeklarasjoner
 Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer
 Iso 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products.

Vold M. og Edvardsen T. (2014) ; EPD-Generator for betongindustrien, Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

Vold M. og Edvardsen T. (2014); EPD-Generator for betongindustrien, brukerveiledning, OR 05.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017

	Programoperatør og utgiver	Telefon: +47 23 08 80 00
	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner	e-post: post@epd-norge.no
	PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	web: www.epd-norge.no
	Eier av deklarasjon	Telefon: 51791800
Sandnes & Jærbetong	Sandnes & Jærbetong	e-post: mail@sjbetong.no
	Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø	web: www.sjbetong.no
	Forfatter av livsløpsrapporten	Telefon: +47 69 35 11 00
Østfoldforskning	Østfoldforskning AS	e-post: post@ostfoldforskning.no
	Stadion 4 1671 Kråkerøy	web: www.ostfoldforskning.no
	Utvikler av EPD-generator	Telefon: +47 916 50 916
	LCA.no AS	e-post: post@lca.no
	Dokka 1C 1671 Kråkerøy	web: www.lca.no

A4. EPD (FA50)

Ver1 2015

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Sandnes & Jærbetong
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

FA50

Sandnes & Jærbetong



www.epd-norge.no



1 / 8

Generell informasjon

Produkt:

FA50

Eier av deklarasjonen:

Sandnes & Jærbetong
Kontaktperson: Sven Gusevik
Telefon: 51791800
e-post: mail@sjbetong.no

Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner
Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo
Phone: +47 23 08 80 00
e-post: post@end-norge.no

Produsent:

Sandnes & Jærbetong

Deklarasjonsnummer:**Produksjonssted:**

Sandnes & Jærbetong
Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø
Norway

ECO Platform registreringsnummer:**Kvalitet/Miljøsystem:****Deklarasjonen er basert på PCR:**

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR
NPCR.020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

Org. no.:

859 365 582

Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

Godkjent dato:**Gyldig til:****Deklarert enhet:**1 m³ FA50**Årstall for studien:****Deklarert enhet med opsjon:**

A1,A2,A3

Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

Funksjonell enhet:**Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:**

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

EPD er utarbeidet av:

Tomas Lea

Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Tomas Lea

Anne Rønning, Norsus AS

(krever ikke signatur)

Godkjent:

Sign



Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

Produkt

Produktbeskrivelse:

Ferdigbetong.

Produktspesifikasjon:

Fabrikkblandet ferdigbetong produsert iht NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017.

Materialer	kg	%
Cement	282,06	11,78
Aggregate	1733,84	72,40
Water	178,10	7,44
Chemicals	3,34	0,14
SCM	197,63	8,25
Totalt:	2394,97	

Tekniske data:

Fasthetsklasse: [x] Bestandighetsklasse: [x]. Egenvekt 2300-2600 kg

Markedsområde:

Rogaland

Levetid, produkt:

Som for bygninger

Levetid, bygg:

LCA: Beregningsregler

Deklarert enhet:

1 m³ FA50

Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

Alle relevante råmaterialer og relevant energibruk er inkludert.

Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produksystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

Allokering er gjort iht. bestemmelsene i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon allokert likt mellom alle forskjellige resepter gjennom masseallokering.

Datakvalitet:

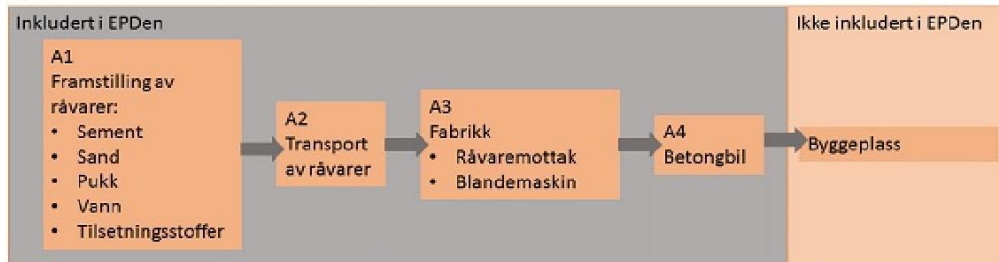
Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarete produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	EcoInvent 3	Database	0
Aggregate	Modified EcoInvent	Database	2012
SCM	TI, Denmark	EPD	2013
Chemicals	EPD-EFC-20150091-IAG1-EN	EPD	2015
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
Cement	NEPD-2274-1028-NO	EPD	2020

Systemgrenser:

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet fra fabrikkport er inkludert i analysen.

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:

**Teknisk tilleggsinformasjon**

All returbetong blir resirkulert til betongprodukter eller tilslag.

LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Byggefasen

	Enhet	Verdi
Hjelpemateri...	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling		
Støv i luften		
VOC utslipp		

Monterte produkter i bruk (B1)

	Unit	Value

Vedlikehold (B2)/Reparasjon (B3)

	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	-	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

Utskifting (B4)/Renovering (B5)

	Enhet	Verdi
Elekt...	stk	
Utskifting av...	kWh	
	0	

Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

Sluttfase (C1,C3,C4)

	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning	kg	
Til deponi	kg	

Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A3 er ikke inkludert

LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

Product stage			Construction installation stage		User stage							End of life stage			Beyond the system boundaries	
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk/gjenvinning/ resirkulering- potensiale
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X														

Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
GWP	kg CO ₂ -eq	1,91E+02	2,71E+01	1,36E+00
ODP	kg CFC11 -eq	2,33E-06	5,05E-06	2,07E-08
POCP	kg C ₂ H ₄ -eq	2,49E-02	1,24E-02	7,10E-05
AP	kg SO ₂ -eq	1,04E-01	3,66E-01	1,18E-03
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq	1,08E-01	3,51E-02	2,87E-04
ADPM	kg Sb -eq	1,34E-04	2,74E-05	3,44E-06
ADPE	MJ	6,00E+02	3,96E+02	2,19E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

*Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0*10⁻³ = 0,009*

*INA Indicator Not Assessed

Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
RPEE	MJ	1,75E+02	8,01E+00	2,76E+01
RPEM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TPE	MJ	1,75E+02	8,01E+00	2,76E+01
NRPE	MJ	6,27E+02	4,11E+02	3,72E+00
NRPM	MJ	1,61E+01	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	6,43E+02	4,11E+02	3,72E+00
SM	kg	2,74E+02	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	2,43E+02	0,00E+00	4,78E-03
NRSF	MJ	3,07E+02	0,00E+00	0,00E+00
W	m ³	1,89E+00	6,94E-02	1,61E-03

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
HW	kg	3,22E-04	2,28E-04	4,82E-06
NHW	kg	2,50E+01	1,64E+01	2,77E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Norske tilleggskrav

Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmiks fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetsmiks	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

Inneklima

Produktet har ingen innvirkning på inneklima.

Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .
 Iversen et al., (2018) eEPD v3.0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner type III Prinsipper og prosedyrer.
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring Livsløpsvurderinger Krav og retningslinjer.
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk Miljødeklarasjoner
 Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer
 Iso 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products.

Vold M. og Edvardsen T. (2014) ; EPD-Generator for betongindustrien, Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

Vold M. og Edvardsen T. (2014); EPD-Generator for betongindustrien, brukerveiledning, OR 05.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017

	Programoperatør og utgiver	Telefon: +47 23 08 80 00
	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner	e-post: post@epd-norge.no
	PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	web: www.epd-norge.no
	Eier av deklarasjon	Telefon: 51791800
Sandnes & Jærbetong	Sandnes & Jærbetong	e-post: mail@sjbetong.no
	Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø	web: www.sjbetong.no
	Forfatter av livsløpsrapporten	Telefon: +47 69 35 11 00
Østfoldforskning	Østfoldforskning AS	e-post: post@ostfoldforskning.no
	Stadion 4 1671 Kråkerøy	web: www.ostfoldforskning.no
	Utvikler av EPD-generator	Telefon: +47 916 50 916
	LCA.no AS	e-post: post@lca.no
	Dokka 1C 1671 Kråkerøy	web: www.lca.no

A5. EPD (BS30)

Ver1 2015

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Sandnes & Jærbetong
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

BS70

Sandnes & Jærbetong



www.epd-norge.no



1 / 8

Generell informasjon

Produkt:

BS70

Eier av deklarasjonen:

Sandnes & Jærbetong
 Kontaktperson: Sven Gusevik
 Telefon: 51791800
 e-post: mail@sjbetong.no

Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner
 Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo
 Phone: +47 23 08 80 00
 e-post: post@end-norge.no

Produsent:

Sandnes & Jærbetong

Deklarasjonsnummer:

Produksjonssted:

Sandnes & Jærbetong
 Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø
 Norway

ECO Platform registreringsnummer:

Kvalitet/Miljøsystem:

Deklarasjonen er basert på PCR:

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR
 NPCR.020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

Org. no.:

859 365 582

Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

Godkjent dato:

Gyldig til:

Deklarert enhet:

1 m³ BS70

Årstall for studien:

Deklarert enhet med opsjon:

A1,A2,A3

Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

Funksjonell enhet:

Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

EPD er utarbeidet av:

Tomas Lea

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Tomas Lea

Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Godkjent:

Anne Rønning, Norsus AS
 (krever ikke signatur)

Sign



Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

Produkt

Produktbeskrivelse:

Ferdigbetong.

Produktspesifikasjon:

Fabrikkblandet ferdigbetong produsert iht NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017.

Materialer	kg	%
Cement	476,76	19,96
Aggregate	1733,93	72,59
Water	172,29	7,21
Chemicals	5,67	0,24
Totalt:	2388,65	

Tekniske data:

Fasthetsklasse: [x] Bestandighetsklasse: [x]. Egenvekt 2300-2600 kg

Markedsområde:

Rogaland

Levetid, produkt:

Som for bygninger

Levetid, bygg:

LCA: Beregningsregler

Deklarert enhet:

1 m³ BS70

Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

Alle relevante råmaterialer og relevant energibruk er inkludert.

Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produksjonssystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

Allokering er gjort iht bestemmelsene i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon allokert likt mellom alle forskjellige resepter gjennom masseallokering.

Datakvalitet:

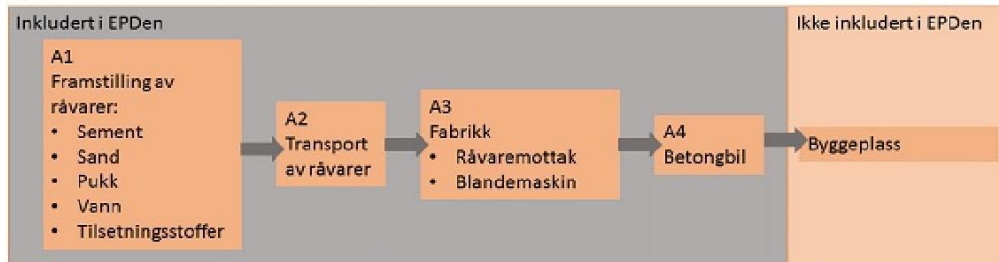
Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarererte produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	EcoInvent 3	Database	0
Aggregate	Modified EcoInvent	Database	2012
Chemicals	EPD-EFC-20150091-1AG1-EN	EPD	2015
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
Cement	NEPD-2209-995-NO	EPD	2020

Systemgrenser:

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet fra fabrikkport er inkludert i analysen.

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:

**Teknisk tilleggsinformasjon**

All returbetong blir resirkulert til betongprodukter eller tilslag.

LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Byggefasen

	Enhet	Verdi
Hjelpemateri...	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling		
Støv i luften		
VOC utslipp		

Monterte produkter i bruk (B1)

	Unit	Value

Vedlikehold (B2)/Reparasjon (B3)

	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	-	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

Utskifting (B4)/Renovering (B5)

	Enhet	Verdi
Elekt...	stk	
Utskifting av...	kWh	
	0	

Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

Sluttfase (C1,C3,C4)

	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning	kg	
Til deponi	kg	

Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A3 er ikke inkludert

LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

Product stage			Construction installation stage		User stage							End of life stage			Beyond the system boundaries	
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk/gjenvinning/ resirkulering- potensiale
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X														

Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
GWP	kg CO ₂ -eq	1,30E+02	2,54E+01	1,36E+00
ODP	kg CFC11 -eq	3,34E-06	4,60E-06	2,07E-08
POCP	kg C ₂ H ₄ -eq	1,23E-02	8,56E-03	7,10E-05
AP	kg SO ₂ -eq	2,89E-01	2,60E-01	1,18E-03
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq	6,94E-02	5,30E-02	2,87E-04
ADPM	kg Sb -eq	1,61E-04	3,75E-05	3,44E-06
ADPE	MJ	6,55E+02	5,69E+02	2,19E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

*Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0*10⁻³ = 0,009*

*INA Indicator Not Assessed

Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
RPEE	MJ	7,69E+01	1,01E+01	2,76E+01
RPEM	MJ	0,00E+00	3,00E-04	0,00E+00
TPE	MJ	7,69E+01	1,01E+01	2,76E+01
NRPE	MJ	7,67E+02	5,83E+02	3,72E+00
NRPM	MJ	2,73E+01	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	7,95E+02	5,83E+02	3,72E+00
SM	kg	3,45E+02	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	6,16E+01	0,00E+00	4,78E-03
NRSF	MJ	3,31E+02	0,00E+00	0,00E+00
W	m ³	1,93E+00	1,18E-01	1,61E-03

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
HW	kg	1,64E-03	2,40E-04	4,82E-06
NHW	kg	2,26E+01	2,10E+01	2,77E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Norske tilleggskrav

Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmiks fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetstyp	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

Inneklima

Produktet har ingen innvirkning på inneklima.

Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .
 Iversen et al., (2018) eEPD v3.0 - Background information for EPD gen. system. LCA.no OR 04.18
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner type III Prinsipper og prosedyrer.
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring Livsløpsvurderinger Krav og retningslinjer.
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk Miljødeklarasjoner
 Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer
 Iso 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products.

Vold M. og Edvardsen T. (2014) ; EPD-Generator for betongindustrien, Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

Vold M. og Edvardsen T. (2014); EPD-Generator for betongindustrien, brukerveiledning, OR 05.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017

	Programoperatør og utgiver	Telefon: +47 23 08 80 00
	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner	e-post: post@epd-norge.no
	PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge	web: www.epd-norge.no
	Eier av deklarasjon	Telefon: 51791800
Sandnes & Jærbetong	Sandnes & Jærbetong	e-post: mail@sjbetong.no
	Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø	web: www.sjbetong.no
	Forfatter av livsløpsrapporten	Telefon: +47 69 35 11 00
Østfoldforskning	Østfoldforskning AS	e-post: post@ostfoldforskning.no
	Stadion 4 1671 Kråkerøy	web: www.ostfoldforskning.no
	Utvikler av EPD-generator	Telefon: +47 916 50 916
	LCA.no AS	e-post: post@lca.no
	Dokka 1C 1671 Kråkerøy	web: www.lca.no

A6. EPD (BS70)

Ver1 2015

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:	Sandnes & Jærbetong
Programoperatør:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Utgiver:	Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Deklarasjonsnummer:	
Publiseringsnummer:	Ikke tildelt
ECO Platform registreringsnummer:	Ikke tildelt
Godkjent dato:	
Gyldig til:	

BS30

Sandnes & Jærbetong



www.epd-norge.no



1 / 8

Generell informasjon

Produkt:

BS30

Eier av deklarasjonen:

Sandnes & Jærbetong
 Kontaktperson: Sven Gusevik
 Telefon: 51791800
 e-post: mail@sjbetong.no

Programoperatør:

Næringslivets stiftelse for Miljødeklarasjoner
 Pb. 5250 Majorstuen, 0303 Oslo
 Phone: +47 23 08 80 00
 e-post: post@end-norge.no

Produsent:

Sandnes & Jærbetong

Deklarasjonsnummer:

Produksjonssted:

Sandnes & Jærbetong
 Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø
 Norway

ECO Platform registreringsnummer:

Kvalitet/Miljøsystem:

Deklarasjonen er basert på PCR:

EN 15804:2012+A1:2013 tjener som kjerne-PCR
 NPCR.020:2018 Part B for Concrete and concrete elements

Org. no.:

859 365 582

Erklæring om ansvar:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

Godkjent dato:

Gyldig til:

Deklarert enhet:

1 m3 BS30

Årstall for studien:

Deklarert enhet med opsjon:

A1,A2,A3

Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

Funksjonell enhet:

Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Deklarasjonen er utarbeidet og verifisert ved bruk av EPDverktøy lca.tools ver EPD2020.11, utviklet av LCA.no AS. EPDverktøyet er integrert i bedriftens miljøstyringssystem, og godkjent av EPD-Norge

Generelt om verifikasjon av EPD fra verktøy:

Uavhengig verifikasjon av data, annen miljøinformasjon og EPD er foretatt etter ISO 14025:2010, kapittel 8.1.3 og 8.1.4. Individuell tredjepartsverifisering av hver EPD er ikke nødvendig når verktøyet er i) integrert i bedriftens miljøstyringssystem, ii) prosedyrer for bruk av verktøyet er godkjent av EPD-Norge og iii) prosessen granskes årlig. Se vedlegg G i EPD-Norges retningslinjer for ytterligere informasjon om EPD-verktøy.

EPD er utarbeidet av:

Tomas Lea

Bedriftsspesifikke data og EPD er kontrollert av:

Tomas Lea

Verifikasjon av EPD-verktøy:

Uavhengig tredjepartsverifikasjon av verktøy, bakgrunnsdata og test-EPD er gjort i henhold til EPD-Norge sine prosedyrer og retningslinjer for verifisering og godkjenning av EPD-verktøy.

Godkjent:

Anne Rønning, Norsus AS
 (krever ikke signatur)

Sign



Håkon Hauan, Daglig leder EPD-Norge

Produkt

Produktbeskrivelse:

Ferdigbetong.

Produktspesifikasjon:

Fabrikkblandet ferdigbetong produsert iht NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017.

Materialer	kg	%
Cement	476,93	19,77
Aggregate	1733,84	71,87
Water	198,50	8,23
Chemicals	3,34	0,14
Totalt:	2412,61	

Tekniske data:

Fasthetsklasse: [x] Bestandighetsklasse: [x]. Egenvekt 2300-2600 kg

Markedsområde:

Rogaland

Levetid, produkt:

Som for bygninger

Levetid, bygg:

LCA: Beregningsregler

Deklarert enhet:

1 m³ BS30

Cut-off kriterier:

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (mindre enn 1%) er ikke inkludert. Disse cut-off kriteriene gjelder ikke for farlige materialer og stoffer.

Alle relevante råmaterialer og relevant energibruk er inkludert.

Allokering:

Allokering er gjort iht. bestemmelser i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon er allokert likt mellom alle produktene gjennom masseallokering. Miljøpåvirkning og ressursforbruk for primærproduksjonen av resirkulerte materialer er allokert til det opprinnelige produksjonssystemet. Bearbeidingsprosessen og transport av materialet til produksjonssted er allokert til analysen i denne EPDen.

Allokering er gjort iht. bestemmelsene i EN 15804. Inngående energi og vann, samt produksjon av avfall i egen produksjon allokert likt mellom alle forskjellige resepter gjennom masseallokering.

Datakvalitet:

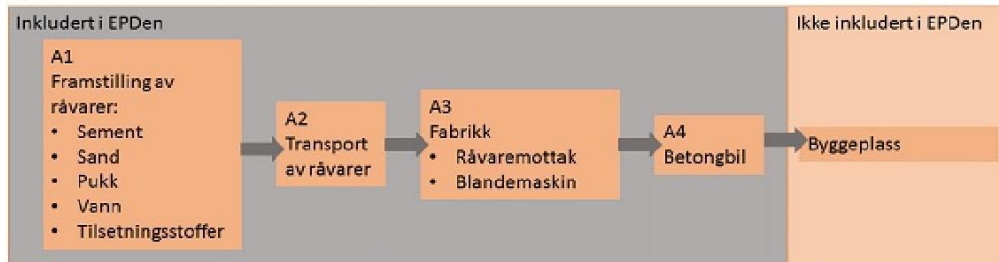
Spesifikke data for produktsammensetningen er fremskaffet av produsenten. De representerer produksjonen av det deklarererte produktet og ble samlet inn for EPD-utvikling i det oppgitte året for studien. Bakgrunnsdata er basert på registrerte EPDer i henhold til EN 15804, Østfoldforskning sine databaser, ecoinvent og andre LCAdatabaser. Datakvaliteten for råmaterialene i A1 er presentert i tabellen nedenfor.

Materials	Source	Data quality	Year
Aggregate	EcoInvent 3	Database	0
Aggregate	Modified EcoInvent	Database	2012
Chemicals	EPD-EFC-20150091-1AG1-EN	EPD	2015
Water	ecoinvent 3.4	Database	2017
Cement	NEPD-2207-991-NO	EPD	2020

Systemgrenser:

Alle prosesser fra råvareuttak til produktet fra fabrikkport er inkludert i analysen.

Flytskjemaet nedenfor illustrerer systemgrensene for analysen:

**Teknisk tilleggsinformasjon**

All returbetong blir resirkulert til betongprodukter eller tilslag.

LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Følgende informasjonen beskriver scenariene for modulene i EPDen.

Transport fra produksjonssted til bruker (A4)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Byggefasen

	Enhet	Verdi
Hjelpemateri...	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
Materialer fra avfallsbehandling		
Støv i luften		
VOC utslipp		

Monterte produkter i bruk (B1)

	Unit	Value

Vedlikehold (B2)/Reparasjon (B3)

	Enhet	Verdi
Vedlikeholdsfrekvens*	-	
Hjelpematerialer	kg	
Andre ressurser	kg	
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Materialtap	kg	
VOC utslipp	kg	

Utskifting (B4)/Renovering (B5)

	Enhet	Verdi
Elekt...	stk	
Utskifting av...	kWh	0

Driftsenergi (B6) og vannbruk (B7)

	Enhet	Verdi
Vannforbruk	m ³	
Elektrisitetsforbruk	kWh	
Andre energikilder	MJ	
Utstyrets varmeeffekt	kW	

Sluttfase (C1,C3,C4)

	Enhet	Verdi
Farlig avfall	kg	
Blandet avfall	kg	
Gjenbruk	kg	
Resirkulering	kg	
Energigjenvinning	kg	
Til deponi	kg	

Transport avfallsbehandling (C2)

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl retur %	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/Energi forbruk	Enhet	Verdi (l/t)
Bil					l/tkm	
Jernbane					l/tkm	
Båt					l/tkm	
Annet					l/tkm	

Scenarier etter A1-A3 er ikke inkludert

LCA: Resultater

LCA resultatene er presentert under for den deklarete enheten som er definert på side 2 av EPD dokumentet.

Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklart, MNR=modul ikke relevant)

Product stage			Construction installation stage		User stage							End of life stage				Beyond the system boundaries
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftninger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk/gjenvinning/ resirkulering- potensiale
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND

Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
GWP	kg CO ₂ -eq	2,63E+02	2,53E+01	1,36E+00
ODP	kg CFC11 -eq	3,59E-06	4,58E-06	2,07E-08
POCP	kg C ₂ H ₄ -eq	1,63E-02	8,55E-03	7,10E-05
AP	kg SO ₂ -eq	4,16E-01	2,60E-01	1,18E-03
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq	9,15E-02	5,30E-02	2,87E-04
ADPM	kg Sb -eq	1,70E-04	3,73E-05	3,44E-06
ADPE	MJ	6,93E+02	5,68E+02	2,19E+00

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

*Leseeksempel 9,0 E-03 = 9,0*10⁻³ = 0,009*

*INA Indicator Not Assessed

Ressursbruk (Resource use)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
RPEE	MJ	9,29E+01	1,01E+01	2,76E+01
RPEM	MJ	0,00E+00	3,00E-04	0,00E+00
TPE	MJ	9,29E+01	1,01E+01	2,76E+01
NRPE	MJ	8,50E+02	5,82E+02	3,72E+00
NRPM	MJ	1,61E+01	0,00E+00	0,00E+00
TRPE	MJ	8,66E+02	5,82E+02	3,72E+00
SM	kg	1,72E+02	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	1,65E+02	0,00E+00	4,78E-03
NRSF	MJ	8,86E+02	0,00E+00	0,00E+00
W	m ³	2,03E+00	1,17E-01	1,61E-03

RPEE Renewable primary energy resources used as energy carrier; RPEM Renewable primary energy resources used as raw materials; TPE Total use of renewable primary energy resources; NRPE Non renewable primary energy resources used as energy carrier; NRPM Non renewable primary energy resources used as materials; TRPE Total use of non renewable primary energy resources; SM Use of secondary materials; RSF Use of renewable secondary fuels; NRSF Use of non renewable secondary fuels; W Use of net fresh water

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Avfall (End of life - Waste)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
HW	kg	2,12E-03	2,40E-04	4,82E-06
NHW	kg	2,39E+01	2,08E+01	2,77E-01
RW	kg	INA*	INA*	INA*

HW Hazardous waste disposed; NHW Non hazardous waste disposed; RW Radioactive waste disposed

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer (End of life - Output flow)

Parameter	Unit	A1	A2	A3
CR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MR	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	INA*	INA*	INA*
ETE	MJ	INA*	INA*	INA*

CR Components for reuse; MR Materials for recycling; MER Materials for energy recovery; EEE Exported electric energy; ETE Exported thermal energy

*Leseeksempel 9,0 E-03 = $9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Norske tilleggskrav

Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmix fra import, lavspenning (inkludert produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte utslipp og tap i nett) er brukt for anvendt elektrisitet i produksjonsprosessen (A3). Bakgrunnsdata er presentert i tabellen under. Karakteriseringsfaktorer fra EN15804:2012+A1:2013 er benyttet.

Elektrisitetstyp	Datakilde	Mengde	Enhet
El-mix, Norway (kWh)	ecoinvent 3.4	31,04	g CO2-ekv/kWh

Farlige stoffer

Produktet er ikke tilført stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten.

Inneklima

Produktet har ingen innvirkning på inneklima.

Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner
 ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works
 ecoinvent v3, Allocation, cut-off by classification, Swiss Centre of Life Cycle Inventories .
 Iversen et al., (2018) eEPD v3.0 - Background information for EPD gen. system, LCA.no OR 04.18
 Vold et al. (2014) EPD-generator for betongindustrien, bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14, Østfoldforskning, NPCR Part A: Construction products and services. Ver. 1.0. April 2017, EPD-Norge.

NS-EN ISO 14025:2010 Miljømerker og deklarasjoner type III Prinsipper og prosedyrer.
 NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring Livsløpsvurderinger Krav og retningslinjer.
 NS-EN 15804:2012+A1:2013 Bærekraftig byggverk Miljødeklarasjoner
 Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer
 Iso 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products.

Vold M. og Edvardsen T. (2014) ; EPD-Generator for betongindustrien, Bakgrunnsinformasjon for verifisering, OR 04.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

Vold M. og Edvardsen T. (2014); EPD-Generator for betongindustrien, brukerveiledning, OR 05.14 Østfoldforskning, Fredrikstad.

NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017

	Programoperatør og utgiver	Telefon: +47 23 08 80 00 Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner e-post: post@epd-norge.no PostBoks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo, Norge web: www.epd-norge.no
	Eier av deklarasjon	Telefon: 51791800 Sandnes & Jærbetong e-post: mail@sjbetong.no Gudmestadvegen 371 4365 Nærbø web: www.sjbetong.no
	Forfatter av livsløpsrapporten	Telefon: +47 69 35 11 00 Østfoldforskning AS e-post: post@ostfoldforskning.no Stadion 4 1671 Kråkerøy web: www.ostfoldforskning.no
	Utvikler av EPD-generator	Telefon: +47 916 50 916 LCA.no AS e-post: post@lca.no Dokka 1C 1671 Kråkerøy web: www.lca.no

B. Trykkfashetstester

B1. Trykkfasthet (SF6) + (to prøvelegemer fra FA35)

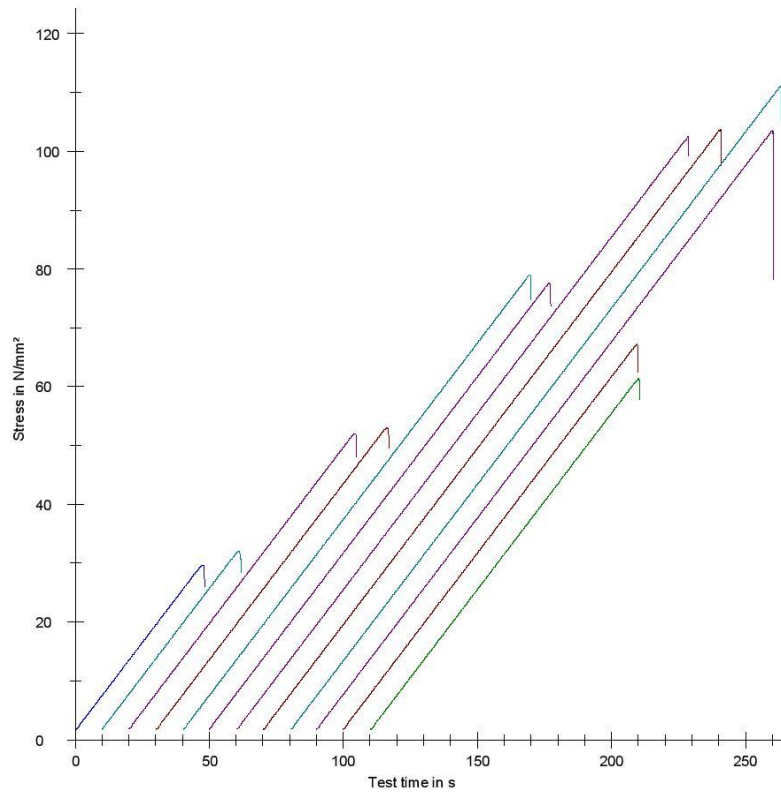
Parameter table:

Test protocol	: Test Bachelor	Type strain extensometer:	
Tester	: Eirik, Espen og Tollak	Machine data	: Controller TT1412
Customer	:		PistonStroke
Test standard	:		LoadCell 3 MN
Strength grade	:		
Other	:		

Results:

Nr	Date	ID	a mm	b mm	F _m kN	Clock time	σ _m N/mm ²
14	18.03.2021	A1	100.0	100.0	296.82	08.42.34	29.68
15	18.03.2021	A2	100.0	100.0	320.18	08.45.17	32.02
16	19.03.2021	A3	100.0	100.0	520.40	09.41.00	52.04
17	19.03.2021	A4	100.0	100.0	530.48	09.44.10	53.05
20	24.03.2021	A5	100.0	100.0	789.87	08.00.53	78.99
21	24.03.2021	A6	100.0	100.0	776.25	08.04.25	77.62
26	14.04.2021	A7	100.0	100.0	1024.81	09.15.23	102.48
27	14.04.2021	A8	100.0	100.0	1037.71	09.20.46	103.77
33	05/12/2021	A9	100.0	100.0	1110.42	10:01:11 AMAM	111.04
34	05/12/2021	A10	100.0	100.0	1035.56	10:05:29 AMAM	103.56
28	19.04.2021	C9	100.0	100.0	672.57	11.41.35	67.26
29	19.04.2021	C10	100.0	100.0	613.22	11.44.15	61.32

Series graphics:



Statistics:

Series	a	b	F _m	σ _m
n = 12	mm	mm	kN	N/mm ²
n	12	12	12	12
x	100.0	100.0	727.36	72.74
s	0.0	0.0	283.10	28.31
max.	100.0	100.0	1110.42	111.04
min	100.0	100.0	296.82	29.68
med	100.0	100.0	724.41	72.44
v	0.00	0.00	38.92	38.92

B2. Trykkfasthet (FA15)

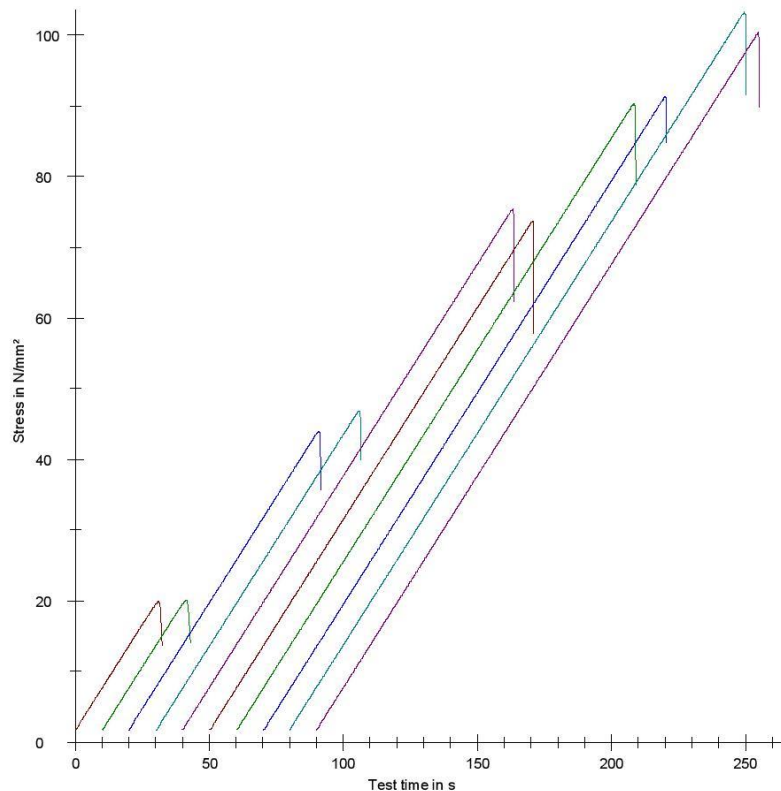
Parameter table:

Test protocol	: Test Bachelor	Type strain extensometer:	
Tester	: Eirik, Espen og Tollak	Machine data	: Controller TT1412
Customer	:		PistonStroke
Test standard	:		LoadCell 3 MN
Strength grade	:		
Other	:		

Results:

Nr	Date	ID	a mm	b mm	F _m kN	Clock time	σ _m N/mm ²
1	16.02.2021	B1	100,0	100,0	198,94	09.18.42	19,89
2	16.02.2021	B2	100,0	100,0	200,81	09.21.24	20,08
3	17.02.2021	B3	100,0	100,0	439,40	09.53.10	43,94
4	17.02.2021	B4	100,0	100,0	468,71	09.57.05	46,87
5	22.02.2021	B5	100,0	100,0	754,16	07.55.46	75,42
6	22.02.2021	B6	100,0	100,0	737,11	07.59.20	73,71
7	15.03.2021	B7	100,0	100,0	903,78	08.39.20	90,38
8	15.03.2021	B8	100,0	100,0	913,76	08.43.48	91,38
9	12.04.2021	B9	100,0	100,0	1033,18	10.39.41	103,32
10	12.04.2021	B10	100,0	100,0	1004,59	10.43.41	100,46

Series graphics:



Statistics:

Series	a	b	F _m	σ _m
n = 10	mm	mm	kN	N/mm ²
n	10	10	10	10
\bar{x}	100,0	100,0	665,44	66,54
s	0,0	0,0	317,11	31,71
max.	100,0	100,0	1033,18	103,32
min	100,0	100,0	198,94	19,89
med	100,0	100,0	745,63	74,56
v	0,00	0,00	47,65	47,65

B3. Trykkfasthet (FA35)

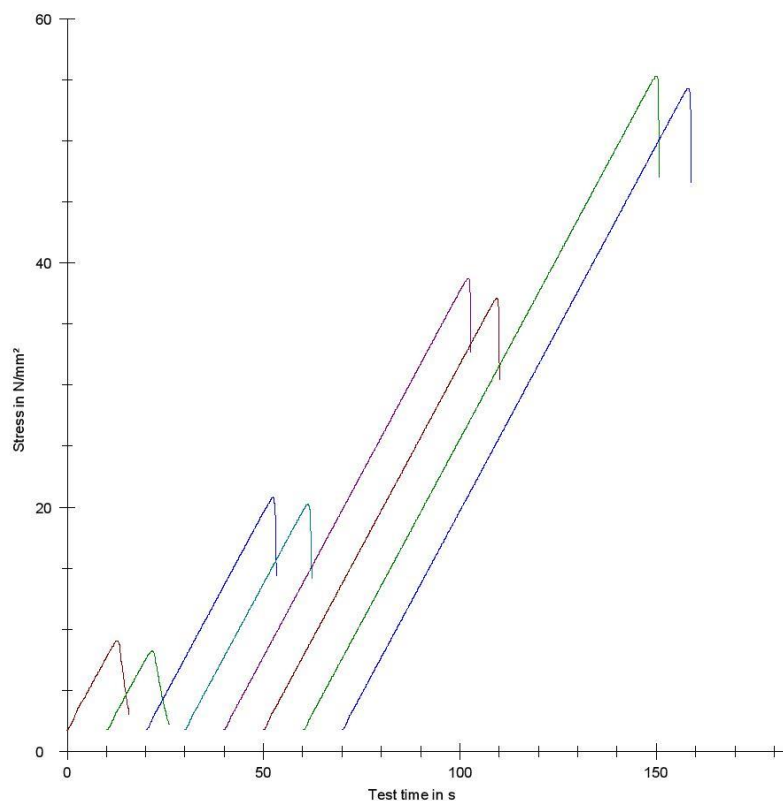
Parameter table:

Test protocol	: Test Bachelor	Type strain extensometer:	
Tester	: Eirik, Espen og Tollak	Machine data	: Controller TT1412
Customer	:		PistonStroke
Test standard	:		LoadCell 3 MN
Strength grade	:		
Other	:		

Results:

Nr	Date	ID	a mm	b mm	F _m kN	Clock time	σ _m N/mm ²
1	23.02.2021	C1	100,0	100,0	90,41	09.59.15	9,04
2	23.02.2021	C2	100,0	100,0	82,08	10.03.11	8,21
3	24.02.2021	C3	100,0	100,0	207,81	07.15.45	20,78
4	24.02.2021	C4	100,0	100,0	202,47	07.17.36	20,25
5	01.03.2021	C5	100,0	100,0	387,08	08.19.52	38,71
6	01.03.2021	C6	100,0	100,0	370,79	08.22.15	37,08
7	22.03.2021	C7	100,0	100,0	552,57	08.15.00	55,26
8	22.03.2021	C8	100,0	100,0	542,66	08.17.45	54,27

Series graphics:



Statistics:

Series n = 8	a mm	b mm	F _m kN	σ _m N/mm ²
n	8	8	8	8
\bar{x}	100,0	100,0	304,48	30,45
s	0,0	0,0	186,91	18,69
max.	100,0	100,0	552,57	55,26
min	100,0	100,0	82,08	8,21
med	100,0	100,0	289,30	28,93
v	0,00	0,00	61,38	61,38

B4. Trykkfasthet (FA50)

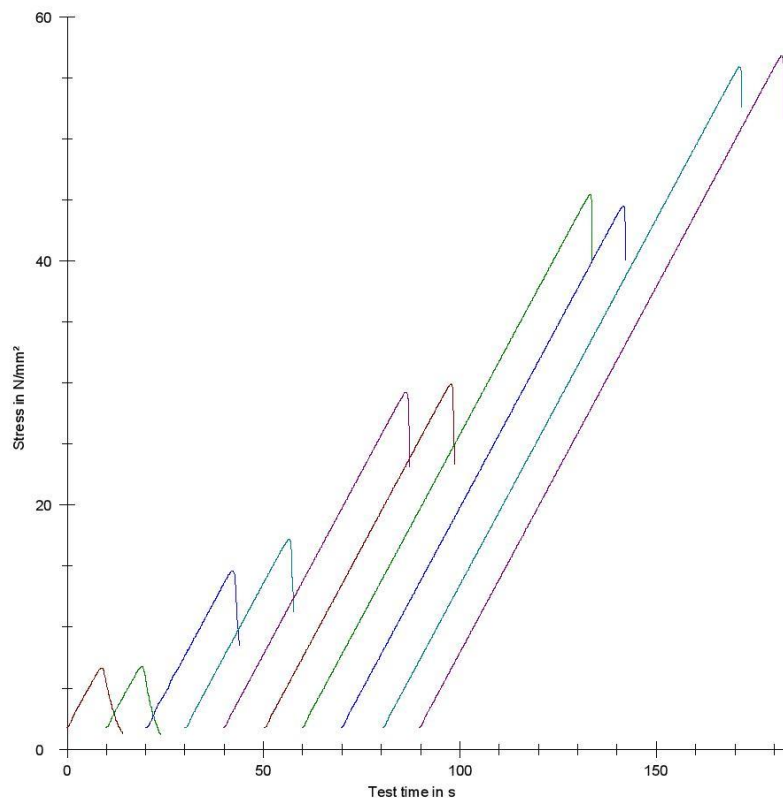
Parameter table:

Test protocol	: Test Bachelor	Type strain extensometer:	
Tester	: Eirik, Espen og Tollak	Machine data	: Controller TT1412
Customer	:		PistonStroke
Test standard	:		LoadCell 3 MN
Strength grade	:		
Other	:		

Results:

Nr	Date	ID	a mm	b mm	F _m kN	Clock time	σ _m N/mm ²
1	26.02.2021	D1	100,0	100,0	66,58	08.52.39	6,66
2	26.02.2021	D2	100,0	100,0	67,53	08.57.33	6,75
3	27.02.2021	D3	100,0	100,0	145,84	08.42.04	14,58
4	27.02.2021	D4	100,0	100,0	171,47	08.44.49	17,15
5	04.03.2021	D5	100,0	100,0	292,14	08.24.40	29,21
6	04.03.2021	D6	100,0	100,0	298,73	08.26.39	29,87
7	25.03.2021	D7	100,0	100,0	453,86	11.41.51	45,39
8	25.03.2021	D8	100,0	100,0	444,55	11.44.48	44,45
9	22.04.2021	D9	100,0	100,0	558,77	09.43.01	55,88
10	22.04.2021	D10	100,0	100,0	567,66	09.46.16	56,77

Series graphics:



Statistics:

Series	a	b	F _m	σ _m
n = 10	mm	mm	kN	N/mm ²
n	10	10	10	10
\bar{x}	100,0	100,0	306,71	30,67
s	0,0	0,0	191,95	19,19
max.	100,0	100,0	567,66	56,77
min	100,0	100,0	66,58	6,66
med	100,0	100,0	295,43	29,54
v	0,00	0,00	62,58	62,58

B5. Trykkfasthet (BS30)

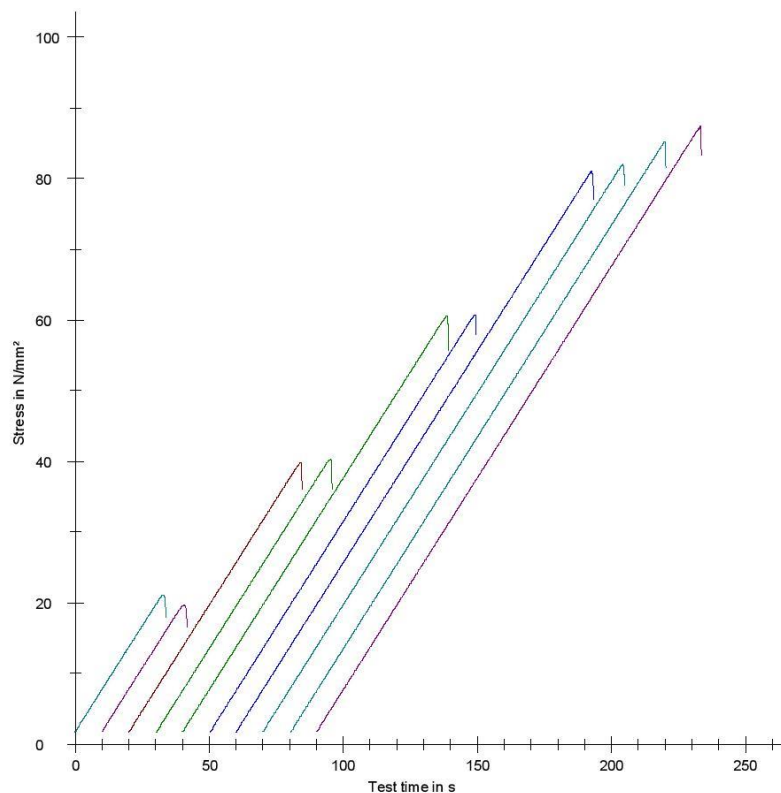
Parameter table:

Test protocol	: Test Bachelor	Type strain extensometer:	
Tester	: Eirik, Espen og Tollak	Machine data	: Controller TT1412
Customer	:		PistonStroke
Test standard	:		LoadCell 3 MN
Strength grade	:		
Other	:		

Results:

Nr	Date	ID	a mm	b mm	F _m kN	Clock time	σ _m N/mm ²
10	17.03.2021	E1	100,0	100,0	210,93	10.02.17	21,09
11	17.03.2021	E2	100,0	100,0	196,90	10.04.01	19,69
12	18.03.2021	E3	100,0	100,0	397,91	08.37.31	39,79
13	18.03.2021	E4	100,0	100,0	402,72	08.40.27	40,27
18	23.03.2021	E5	100,0	100,0	606,04	09.37.06	60,60
19	23.03.2021	E6	100,0	100,0	607,65	09.40.30	60,77
24	13.04.2021	E7	100,0	100,0	810,79	07.52.33	81,08
25	13.04.2021	E8	100,0	100,0	820,61	07.56.13	82,06
30	11.05.2021	E9	100,0	100,0	852,38	12.16.58	85,24
31	11.05.2021	E10	100,0	100,0	873,73	12.21.32	87,37

Series graphics:



Statistics:

Series	a	b	F _m	σ _m
n = 10	mm	mm	kN	N/mm ²
n	10	10	10	10
\bar{x}	100,0	100,0	577,97	57,80
s	0,0	0,0	262,59	26,26
max.	100,0	100,0	873,73	87,37
min	100,0	100,0	196,90	19,69
med	100,0	100,0	606,85	60,68
v	0,00	0,00	45,43	45,43

B6. Trykkfasthet (BS70)

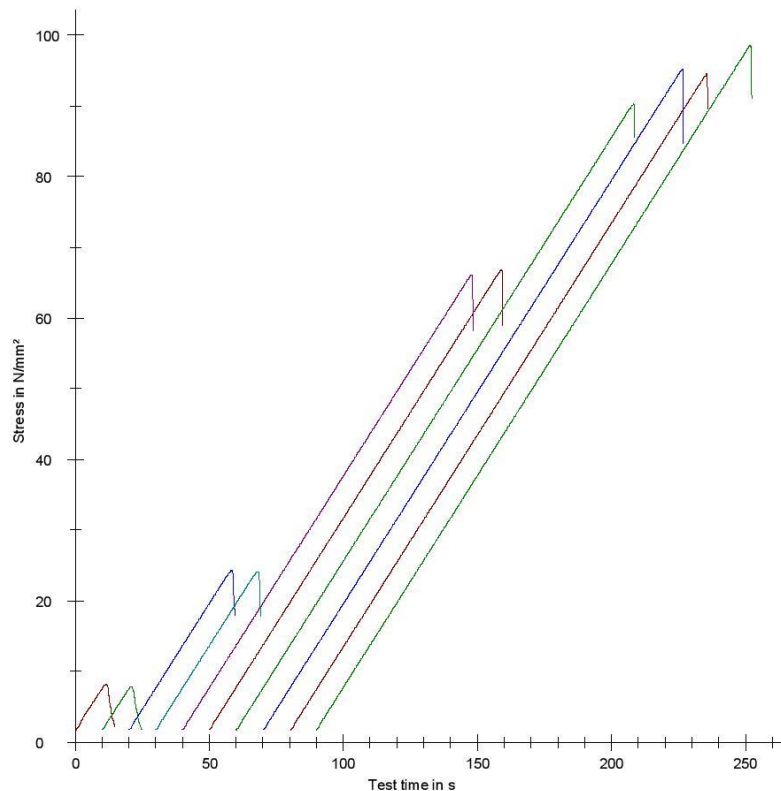
Parameter table:

Test protocol	: Test Bachelor	Type strain extensometer:	
Tester	: Eirik, Espen og Tollak	Machine data	: Controller TT1412
Customer	:		PistonStroke
Test standard	:		LoadCell 3 MN
Strength grade	:		
Other	:		

Results:

Nr	Date	ID	a mm	b mm	F _m kN	Clock time	σ _m N/mm ²
1	12.02.2021	F1	100,0	100,0	81,97	11.29.22	8,20
2	12.02.2021	F2	100,0	100,0	78,23	11.36.30	7,82
4	13.02.2021	F3	100,0	100,0	242,48	11.19.50	24,25
5	13.02.2021	F4	100,0	100,0	241,46	11.23.22	24,15
6	18.02.2021	F5	100,0	100,0	661,03	09.30.15	66,10
7	18.02.2021	F6	100,0	100,0	668,17	09.35.36	66,82
8	11.03.2021	F7	100,0	100,0	903,24	08.13.17	90,32
9	11.03.2021	F8	100,0	100,0	951,94	08.20.35	95,19
22	08.04.2021	F9	100,0	100,0	945,86	08.52.49	94,59
23	08.04.2021	F10	100,0	100,0	985,41	08.59.05	98,54

Series graphics:



Statistics:

Series	a	b	F _m	σ _m
n = 10	mm	mm	kN	N/mm ²
n	10	10	10	10
\bar{x}	100,0	100,0	575,98	57,60
s	0,0	0,0	377,65	37,76
max.	100,0	100,0	985,41	98,54
min	100,0	100,0	78,23	7,82
med	100,0	100,0	664,60	66,46
v	0,00	0,00	65,57	65,57

C. Produktblader

C1. Produktblad (Norcem Anleggsement)

PRODUKTDATABLAD

ANLEGGSEMENT

CEM I 52,5 N

Sist revidert desember 2018.

Sementen tilfredsstiller kravene i NS-EN 197-1:2011 til Portlandsement CEM I 52,5 N.

Egenskap		Deklarerte data	Krav ifølge NS-EN 197-1:2011
Finhet (Blaine m ² /kg)		415	
Spesifikk vekt (kg/dm ³)		3,14	
Volumbestandighet (mm)		1	≤ 10
Begynnende størkning (min)		120	≥ 45
Trykkfasthet (MPa)	1 døgn	21	
	2 døgn	33	≥ 20
	7 døgn	49	
	28 døgn	63	≥ 52,5
Sulfat (% SO ₃)		≤ 4,0	≤ 4,0
Klorid (% Cl ⁻)		≤ 0,085	≤ 0,10
Vannløselig krom (ppm Cr ⁶⁺)		≤ 2	≤ 2 ¹
Alkalier (% Na ₂ O _{ekv})		0,6	
Klinker (%)		96	95-100
Sekundære bestanddeler (%)		4	0-5

1. I henhold til EU forordning REACH Vedlegg XVII punkt 47 krom VI-forbindelser.

NORCEM
HEIDELBERGCEMENT Group

Norcem AS, Postboks 142, Lilleaker, 0216 Oslo
Tlf. 22 87 84 00 firmapost@norcem.no www.norcem.no

C2. Produktblad (Norcem Anlegg FA)

PRODUKTDATABLAD

ANLEGGSEMENT FA

CEM II/A-V

SIST REVIDERT JUNI 2020

Sementen tilfredsstiller kravene i NS-EN 197-1:2011 til Portland-flygeaskesement CEM II/A-V 42,5 N.

Egenskap		Deklarerte data	Krav ifølge NS-EN 197-1:2011
Finhet (Blåine m ² /kg)		390	
Spesifikk vekt (kg/dm ³)		3,02	
Volumbestandighet (mm)		1	≤ 10
Begynnende størkning (min)		165	≥ 60
Trykkfasthet (MPa)	1 døgn	12	
	2 døgn	21	≥ 10
	7 døgn	37	
	28 døgn	53	≥ 42,5 ≤ 62,5
Sulfat (% SO ₂)		≤ 3,5	≤ 3,5
Klorid (% Cl ⁻)		≤ 0,07	≤ 0,10
Vannløselig krom (ppm Cr ⁶⁺)		≤ 2	≤ 2 ¹
Alkalier (% Na ₂ Oekv) ²		0,5	
Klinker (%)		81	80-94
Flygeaske (%)		15	6-20
Kalkmel (sekundær bestanddel %)		4	< 5

1. I henhold til EU forordning REACH Vedlegg XVII punkt 47 krom VI-forbindelser.

2. Alkaliinnholdet av sementen fratrukket alkalibidraget fra flygeaskedelen (iht. NB21 pkt. 4.4 og bruk av den generelle grensen på 2,5 kg Na₂Oekv./m³ betong). I betong beregnes alkalibidraget fra sementdelen slik: Sementmengde (kg/m³) x 0,5%

NORCEM
HEIDELBERGCEMENT Group

Norcem AS, Postboks 142 Lilleaker, 0216 Oslo
Tlf. 22 87 84 00 firmapost@norcem.no www.norcem.no

C3. Produktblad (Schwenk/Cemex Miljøsement)

Teknisk datablad

Januar, 2018

MILJØSEMENT CEM II/B-S 52,5 N

Tilfredsstiller kravene ihht. EN 197-1: CEM II/B-S 52,5 N
Produktet er sertifisert (CE-merket) ihht. EN 197-1 av VDZ, Tyskland.

Typiske data:

Kjemiske data		vekt %
Kalk	(CaO)	56
Silisium	(SiO ₂)	25
Aluminium	(Al ₂ O ₃)	6,3
Jern	(Fe ₂ O ₃)	2,1
Magnesium	(MgO)	4,0
Sulfat	(SO ₃)	3,1
Kalium	(K ₂ O)	0,82
Natrium	(Na ₂ O)	0,31
Alkali ekv.	(Na ₂ Oekv)	0,85
(C ₃ A)		5,3
Glødetap		1,7
Uløselig rest		0,6
Vannløslig klorid	(Cl ⁻)	0,07
Vannløslig krom	Cr ^(VI)	<2 mg/kg

Fysiske data		
Finhet (blaine)		460 m ² /kg
Densitet		3,06 g/cm ³
Bulkdensitet		1,1g/cm ³
Andel slagg		Ca 33%
Bindetid		170 min
Ekspansjon		1,0 mm
Trykkfasthet	1 d	16 MPa
	2 d	28 MPa
	28 d	59 MPa



CEMEX AS
Tel +4731021011
www.cemex.no

Grønland 70A
N-3045 DRAMMEN

C4. Produktblad (Schwenk Lavvarmesement)



Teknisk datablad Lavvarmesement CEM III/B 42,5 L-LH/SR (na) Rüdersdorf

Sammensetning:	Slaggsement
Bruk:	Til bruk i betongproduksjon. Elementindustri, ferdigbetong og injeksjon.
Egenskaper:	Lav varme- og herdeutvikling. Lavt CO2 avtrykk.

Tilfredsstill kravene ihht. EN 197-1: CEM III/B 42,5 L-LH/SR (na)
Produktet er sertifisert (CE-merket) ihht. EN 197-1 av VDZ, Tyskland

Typiske data:

Fysiske data

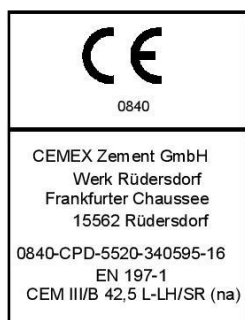
Finhet(blaine)	4700 cm ² /g
Densitet	2,98 g/cm ³
Bulkdensitet	1,1g/cm ³
Andel slagg	Ca 70%
Bindetid	230 min
Ekspansjon	0,3 mm

Trykkfasthet

2d	28 Mpa
7d	36 MPa
28d	58 MPa
56d	64 MPa

Kjemiske data

		vekt %
Kalk	(CaO)	49
Silisium	(SiO ₂)	31
Aluminium	(Al ₂ O ₃)	8,3
Magnesium	(MgO)	6,1
Sulfat	(SO ₃)	2,1
Jern	(Fe ₂ O ₃)	1,6
Kalium	(K ₂ O)	0,6
Natrium	(Na ₂ O)	0,3
Alkali ekv.	(Na ₂ Oekv)	0,79
(C ₃ A)		5,3
Glødetap	(L.O.I)	0,7
Uløselig rest	(i.r)	0,2
Vannnøslig klorid	(Cl)	0,05
Vannnøslig krom	Cr ^(VI)	< 2 mg/kg



Teknisk spørsmål:

Lars Busterud, tel 908 90 668

- E-Mail lars.busterud@schwenk.no

Versjon August 2019

SCHWENK Norge AS
Grønland 70A, 3045 Drammen
Telefon: +47 31 02 10 11
E-Mail: info@schwenk.no · www.schwenk.no

Informasjonen i denne publikasjonen er basert på gjeldende kunnskap og erfaring. De gir en referanseverdi for grunnleggende egnethet og må matches av tester og forsøk av prosessoren til den spesifikke applikasjonen. For dette må de tilsvarende gyldige lover, standarder og retningslinjer samt de generelt anerkjente reglene for byggeteknikk overholdes. Ved publisering av dette tekniske databladet mister tidligere tekniske datablad deres gyldighet. Endringer i rammeproduktet og applikasjonsteknikkutviklingen er reservert. Våre salgs- og leveringsbetingelser i gjeldende versjon gjelder for alle forretningsforbindelser.

1/2

C5. Produktblad (Norcem Flygeaske)



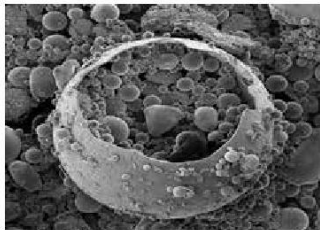
Norcem AS ivaretar salg og distribusjon av flygeaske til sement- og betongproduksjon. Flygeasken er sertifisert i overensstemmelse med kravene i NS-EN 450-1, klasse A.

Flygeaske er et bearbejdet restprodukt fra kull brukt i kullkraftverk. Flygeaske er silikatholdig og er et pozzolan som sammen med sement og vann gir en tettere betong. Kombinert med sement har flygeaske vært brukt i Norge siden 80-tallet. Norcem FA-sementer inneholder flygeaske.

DEKLARERTE VERDIER

Flygeasken er sertifisert i overensstemmelse med kravene i NS-EN 450-1:2012, klasse A.

Egenskap	Deklarerte verdier	Krav i henhold til NS-EN 450-1
Glødetap (%)	≤ 5,0	Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1
Klorid (% Cl ⁻)	≤ 0,10	Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1
Sulfat (% SO ₃)	≤ 3,0	Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1
Fritt kalsiumoksid (% fri CaO)	≤ 1,5	Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1
Reaktivt kalsiumoksid (% reaktiv CaO)	≤ 10	Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1
Partikkeldensitet (kg/m ³)	2300	Dekl.verdi +/- 200 kg/m ³
Øvrige kjemiske og fysiske parametere		Tilfredsstiller kravene gitt NS-EN 450-1



C6. Produktblad (Elkem Microsilica 940)

Elkem Silicon Materials,
PO Box 8126, Vaagsbygd,
NO-4675 Kristiansand, NORWAY



Elkem Microsilica® 940

Fibre cement applications – Product data sheet

1. Description

Elkem Microsilica® Grade 940 is a dry silica fume available in two forms: Undensified and Densified. In use, it acts physically as a filler and chemically as a highly reactive pozzolan.

A key ingredient in many construction materials, Elkem Microsilica® is used in fibre cement products as a process aid, to improve ingredient dispersion and to improve hardened properties and overall durability.

2. Chemical properties

Property	Unit	Typical value
SiO ₂	%	> 90.0
H ₂ O	%*	< 1.0

Test methods available on request. Typical values for guidance only. *When packed.

3. Physical properties

Property	Unit	Typical value
Retention on 45µm sieve	%	< 1.5
Bulk density U	kg/m ³ *	200 - 350
Bulk density D	kg/m ³ *	500 - 700

Test methods available on request. Typical values for guidance only. *When packed.

4. Packing

The product is available in 25 kg bags, various other size bags and bulk road tanker. Please contact our representative for more details.

5. Storage & handling

Elkem Microsilica® Grade 940 should be kept in dry storage. Products that have been subjected to moisture and allowed to dry again may result in inferior performance.

6. Quality assurance

Elkem Silicon Materials is certified to ISO 9001. The chemical and physical properties of Elkem Microsilica® are regularly tested.

7. Health, safety & environment

Refer to Product Safety Information (PSI) document on Elkem website: elkem.com

8. Additional information

See additional Elkem data sheets and technical papers on our website: elkem.com

All data listed are reference values subject to production related tolerances. Although reasonable care has been taken in the preparation of the information contained herein, it still remains the duty of the user to prove the suitability of this material for their application.

This data sheet is property of Elkem ASA and may not be used without written permission, copied or made available to others. The receiver is responsible for every misuse.

elkem.com

Elkem Microsilica® is a registered trademark. Copyright Elkem ASA.

Revised April 2020

C7. Produktblad (Mapei Dynamon SX-N)



BESKRIVELSE

Dynamon SX-N er et svært effektivt superplastiserende tilsetningsstoff basert på modifiserte akrylpolymerer. Produktet tilhører **Dynamon-systemet** basert på den Mapei-utviklede DPP-teknologien (DPP = Designed Performance Polymers), der tilsetningsstoffenes egenskaper skreddersys til ulike betongformål. **Dynamon-systemet** er utviklet på basis av Mapeis egen sammenstilling og produksjon av monomerer.

BRUKSOMRÅDER

Dynamon SX-N er et tilnærmet allround-produkt som er anvendelig i all betong for å øke støpeligheten og/eller redusere tilsatt vannmengde.

Noen spesielle bruksområder er:

- Vann tett betong med krav til høy eller svært høy fasthet og med strenge krav til bestandighet i aggressive miljøer.
- Betong med særlige krav til høy støpelighet; i konsistensklasser S4 og S5 etter NS-EN 206.
- Selvkomprimerende betong med ønske om lengre åpentid. Om nødvendig kan SKB stabiliseres med en viskositetsøker - **Viscofluid** eller **Viscostar**.
- Til produksjon av frostbestandig betong - da i kombinasjon med luftinnførende tilsetningsstoffer - **Mapeair**. Valg av type luftinnførende stoff gjøres ut

fra egenskapene til de andre delmaterialer som er tilgjengelige.

- Til golvstøp for å oppnå en smidig betong med bedret støpelighet. Store doseringer og lave temperaturer kan retardere betongen noe.

EGENSKAPER

Dynamon SX-N er en vannløsning av aktive akrylpolymerer som effektivt dispergerer (løser opp) sementklaser.

Denne effekten kan prinsipielt utnyttes på tre måter:

1. For å redusere mengden tilsatt vann, men samtidig beholde betongens støpelighet. Lavere v/c-forhold gir høyere fasthet, tetthet og bestandighet i betongen.
2. For å forbedre støpeligheten sammenlignet med betonger med samme v/c-forhold. Fastheten forblir dermed den samme, men muliggjør forenklet utstøping.
3. For å redusere både vann og sementmengde uten å forandre betongens mekaniske styrke. Gjennom denne metoden kan en blant annet redusere kostnadene (mindre sement), redusere betongens svinnpotensial (mindre vann) og redusere faren for temperaturgradienter på grunn av lavere hydrasjonsvarme. Spesielt er denne siste effekten viktig ved betonger med større sementmengder.

Dynamon SX-N

KOMPATIBILITET MED ANDRE PRODUKTER

Dynamon SX-N lar seg kombinere med andre Mapei tilsetningsstoffer, som f.eks. størkningsakselererende stoffer som **Mapefast** og størkningsretarderende stoffer som **Mapetard**.

Produktet lar seg også kombinere med luftinnførende tilsetningsstoffer, **Mapeair**, for produksjon av frostbestandig betong.

Valg av type luftinnførende stoff gjøres ut fra egenskapene til de andre delmaterialer som er tilgjengelige.

DOSERING

Dynamon SX-N tilsettes for å oppnå ønsket resultat (styrke, bestandighet, støpelighet, sementreduksjon) ved å variere doseringen mellom 0,4 og 2,0 % av sement + flyveaske + mikrosilika. Ved økt dosering økes også betongens åpentid, dvs. tiden betongen lar seg bearbeide. Større doseringsmengder og lave betongtemperaturer gir en retardert betong. Vi anbefaler alltid prøvestøper med aktuelle parametere.

Til forskjell fra konvensjonelle melamineller naftalenbaserte superplastiserende tilsetningsstoffer, utvikler **Dynamon SX-N** maksimal effekt uavhengig av tilsetningstidspunkt, men tilsetningstidspunktet kan påvirke nødvendig blandetid.

Dersom **Dynamon SX-N** tilsettes etter at minst 80 % av blande vannet er inne vil blandetiden generelt være kortest. Det er likevel viktig med utprøvinger tilpasset eget blandeutstyr.

Dynamon SX-N kan også tilsettes direkte i automikser på bygg- eller anleggsplass. Betongen bør da blandes med maksimal hastighet på trommelen i ett minutt pr. m³ betong i lasset, men minimum 5 minutter.

EMBALLASJE

Dynamon SX-N leveres i 25 liters kanner, 200 liters fat, 1000 liter IBC-tanker og i tank.

LAGRING

Produktet må oppbevares ved temperaturer mellom +8°C og +35°C. I lukket emballasje bevarer produktet sine egenskaper i minst 12 måneder. Hvis produktet utsettes for direkte sollys, kan det føre til variasjoner i fargetonen uten at dette påvirker egenskapene til produktet.

SIKKERHETSINSTRUKSJONER FOR KLARGJØRING OG BRUK

For instruksjon vedrørende sikker håndtering av våre produkter, vennligst se siste utgave av sikkerhetsdatablad på vår nettside www.mapei.no

PRODUKT FOR PROFESJONELL BRUK.

MERK

De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produktbeskrivelse representerer vår nåværende kunnskap og erfaring om produktene. All overstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering. Enhver som benytter produktet må på forhånd forsikre seg om at produktet er egnet for tilsiktet anvendelse. Brukeren står selv ansvarlig dersom produktet blir benyttet til andre formål enn anbefalt eller ved feilaktig utførelse.

Vennligst referer til siste oppdaterte versjon av teknisk datablad som finnes tilgjengelig på vår webside www.mapei.no

JURIDISK MERKNAD

*Innholdet i dette tekniske databladet kan kopieres til andre prosjektrelaterte dokumenter, men det endelige dokumentet må ikke suppleres eller erstatte betingelsene i det tekniske datablad, som er gjeldende, når MAPEI-produktet benyttes. Det seneste oppdaterte datablad er tilgjengelig på vår hjemmeside www.mapei.no
ENHVER ENDRING AV ORDLYDEN ELLER BETINGELSER, SOM ER GITT ELLER AVLEDET FRA DETTE TEKNISKE DATABLADET, MEDFØRER AT MAPEI SITT ANSVAR OPPHØRER.*

Alle relevante referanser for produktet er tilgjengelige på forespørsel og fra www.mapei.no

**Dynamon
SX-N**

TEKNISKE DATA (typiske verdier)

PRODUKTBEKRIVELSE

Form:	væske
Farge:	gulbrun
Viskositet:	lettflytende; < 30 mPa·s
Tørrestoffinnhold (%):	17,0 ± 1,0
Densitet (g/cm³):	1,05 ± 0,02
pH:	6,5 ± 1
Kloridinnhold (%):	< 0,05
Alkaliinnhold (Na₂O-ekvivalenter) (%):	< 2,0

Det er ikke tillatt å ta kopier av tekst eller bilder utdrukket her.
Oversettelsen kan være til entseidigjeldelse.

6392-06-2018 (NO)



D. Betongresepter

D1. Betongresept (SF6)

Blandeskjema						SKANSKA
Prosjekt	Regnearkutvikling					
Reseptnummer	SF6					
Tilsiktet kvalitet	0					
Blandevolum	110 liter					
Dato:						
Tidspunkt for vanntilsetning:						
Ansvarlig:						
Utført av:						
Materialer	Resept kg/m ³	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg	
Norcem Anlegg	345.8	38.043			38.043	
	0.0	0.000			0.000	
	0.0	0.000			0.000	
Elkem Microsilica	22.1	2.428	0.0	0.000	2.428	
Normineral flyveaske	0.0	0.000			0.000	
	0.0	0.000			0.000	
Fritt vann	140.4	15.444		-4.059	11.385	
Absorbert vann	13.1	1.439			1.439	
Årdal 0/8 mm nat. vask.	882.1	97.036	3.0	2.911	99.947	
Årdal 0/2 mm nat. vask	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
Årdal 8/16mm	851.8	93.695	0.5	0.468	94.163	
Årdal 16/22 mm	0.0	0.000	0.5	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
Mapei Dynamon SX-N	7.4	0.809	84	0.680	0.809	
	0.0	0.000	0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0	0.000	0.000	
	0.0	0.000			0.000	
	0.0	0.000			0.000	

12.823

D2. Betongresept (FA15)

Blandeskjema		SKANSKA			
Prosjekt	Regnearkutvikling				
Reseptnummer	FA15				
Tilsiktet kvalitet	0				
Blandevolum	110 liter				
Dato:					
Tidspunkt for vanntilsetning:					
Ansvarlig:					
Utført av:					
Materialer	Resept kg/m ³	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg
Norcem Anlegg FA	478.3	52.610			52.610
	0.0	0.000			0.000
	0.0	0.000			0.000
Elkem Microsilica	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
Normineral flyveaske	0.0	0.000			0.000
	0.0	0.000			0.000
Fritt vann	172.2	18.940		-5.728	13.211
Absorbert vann	8.7	0.954			0.954
Årdal 0/8 mm nat. vask.	884.3	97.273	4.5	4.377	101.651
Årdal 0/2 mm nat. vask	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
Årdal 8/16mm	849.6	93.459	0.5	0.467	93.926
Årdal 16/22 mm	0.0	0.000	0.5	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
Mapei Dynamon SX-N	9.6	1.052	84	0.884	1.052
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000			0.000
	0.0	0.000			0.000

14.165

D3. Betongresept (FA35)

Blandeskjema		SKANSKA			
Prosjekt	Regnearkutvikling				
Reseptnummer	FA35				
Tilsiktet kvalitet	0				
Blandevolum	110 liter				
Dato:					
Tidspunkt for vanntilsetning:					
Ansvarlig:					
Utført av:					
Materialer	Resept kg/m ³	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg
Norcem Anlegg FA	366.6	40.321			40.321
	0.0	0.000			0.000
	0.0	0.000			0.000
Elkem Microsilica	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
Normineral flyveaske	112.6	12.386			12.386
	0.0	0.000			0.000
Fritt vann	160.3	17.637		-4.236	13.401
Absorbert vann	34.8	3.830			3.830
Årdal 0/8 mm nat. vask.	871.5	95.866	3.0	2.876	98.742
Årdal 0/2 mm nat. vask	0.0	0.000	0.5	0.000	0.000
Årdal 8/16mm	862.3	94.856	0.5	0.474	95.331
Årdal 16/22 mm	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
Mapei Dynamon SX-N	9.6	1.054	84	0.885	1.054
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000			0.000
	0.0	0.000			0.000

17.231

D4. Betongresept (FA50)

Blandeskjema		SKANSKA			
Prosjekt	Regnearkutvikling				
Reseptnummer	FA50				
Tilsiktet kvalitet	0				
Blande volum	110 liter				
Dato:					
Tidspunkt for vanntilsetning:					
Ansvarlig:					
Utført av:					
Materialer	Resept kg/m ³	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg
Norcem Anlegg FA	282.1	31.026			31.026
	0.0	0.000			0.000
	0.0	0.000			0.000
Elkem Microsilica	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
Normineral flyveaske	197.6	21.740			21.740
	0.0	0.000			0.000
Fritt vann	151.3	16.648		-6.058	10.590
Absorbert vann	34.8	3.830			3.830
Årdal 0/8 mm nat. vask.	871.5	95.866	4.9	4.697	100.564
Årdal 0/2 mm nat. vask	0.0	0.000	0.5	0.000	0.000
Årdal 8/16mm	862.3	94.856	0.5	0.474	95.331
Årdal 16/22 mm	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
Mapei Dynamon SX-N	9.6	1.055	84	0.886	1.055
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000			0.000
	0.0	0.000			0.000

14.419

D5. Betongresept (BS30)

Blandeskjema SKANSKA

Prosjekt	Regnearkutvikling
Reseptnummer	BS30
Tilsiktet kvalitet	0

Blande volum	110 liter
Dato:	
Tidspunkt for vanntilsetning:	
Ansvarlig:	
Utført av:	

Materialer	Resept kg/m ³	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg
Cemex Miljøsement	476.9	52.463			52.463
	0.0	0.000			0.000
	0.0	0.000			0.000
Elkem Microsilica	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
Normineral flyveaske	0.0	0.000			0.000
	0.0	0.000			0.000
Fritt vann	171.7	18.887		-5.190	13.698
Absorbert vann	34.8	3.830			3.830
Årdal 0/8 mm nat. vask.	871.5	95.866	4.0	3.835	99.701
Årdal 0/2 mm nat. vask	0.0	0.000	0.5	0.000	0.000
Årdal 8/16mm	862.3	94.856	0.5	0.474	95.331
Årdal 16/22 mm	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000
Mapei Dynamon SX-N	9.5	1.049	84	0.881	1.049
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000	0	0.000	0.000
	0.0	0.000			0.000
	0.0	0.000			0.000

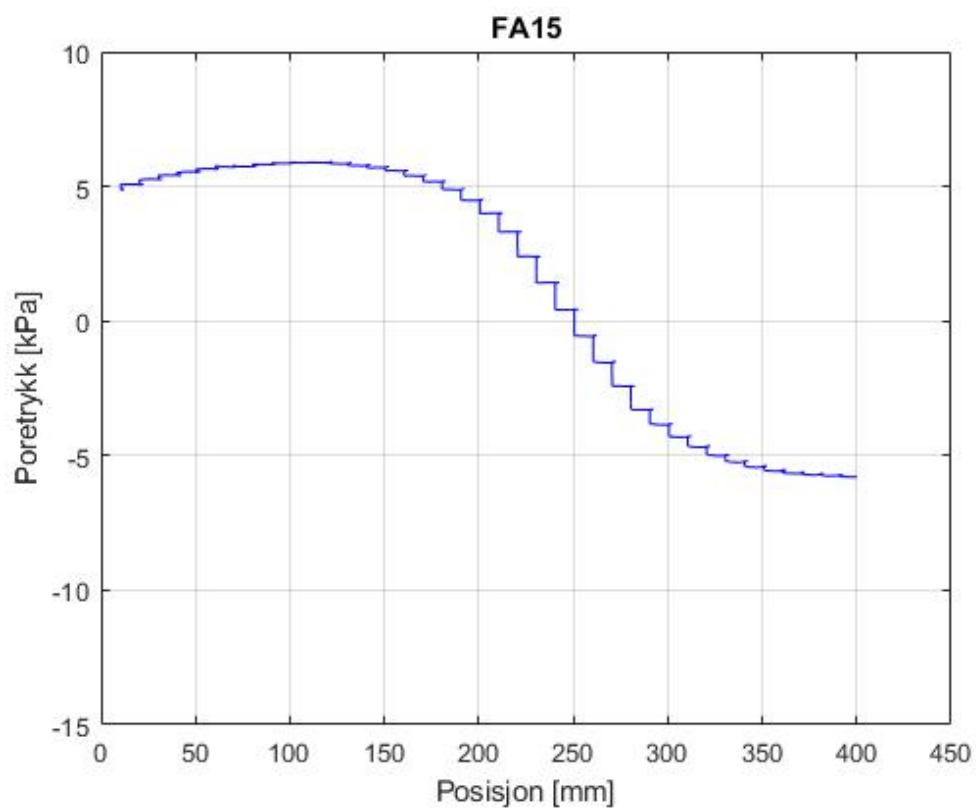
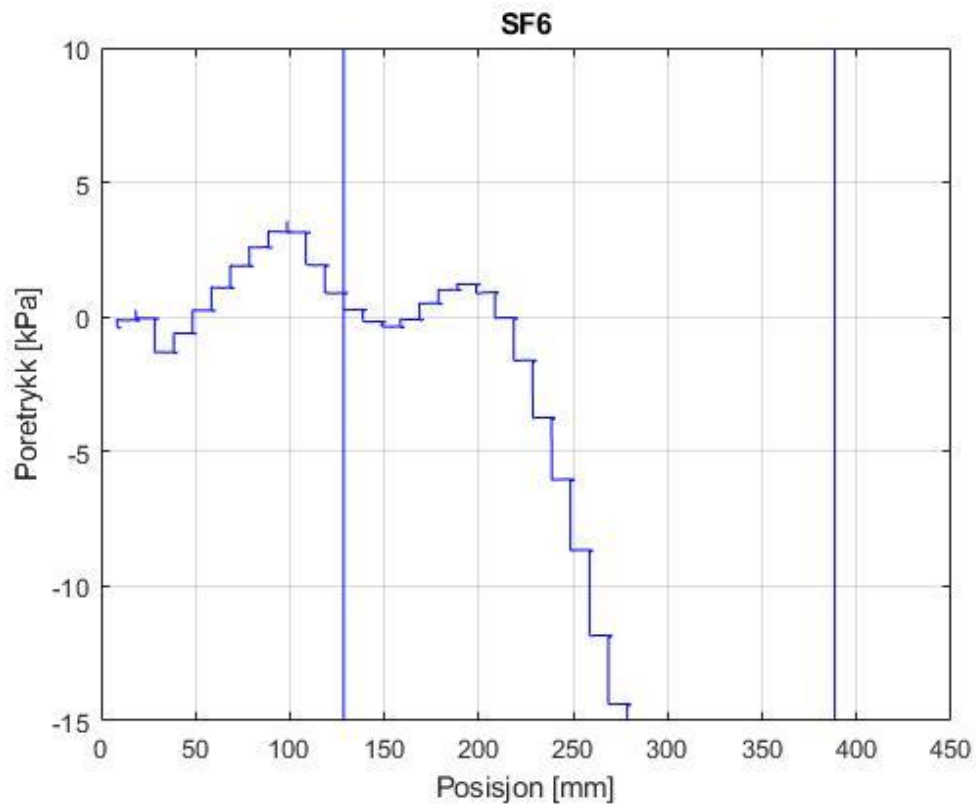
17.526

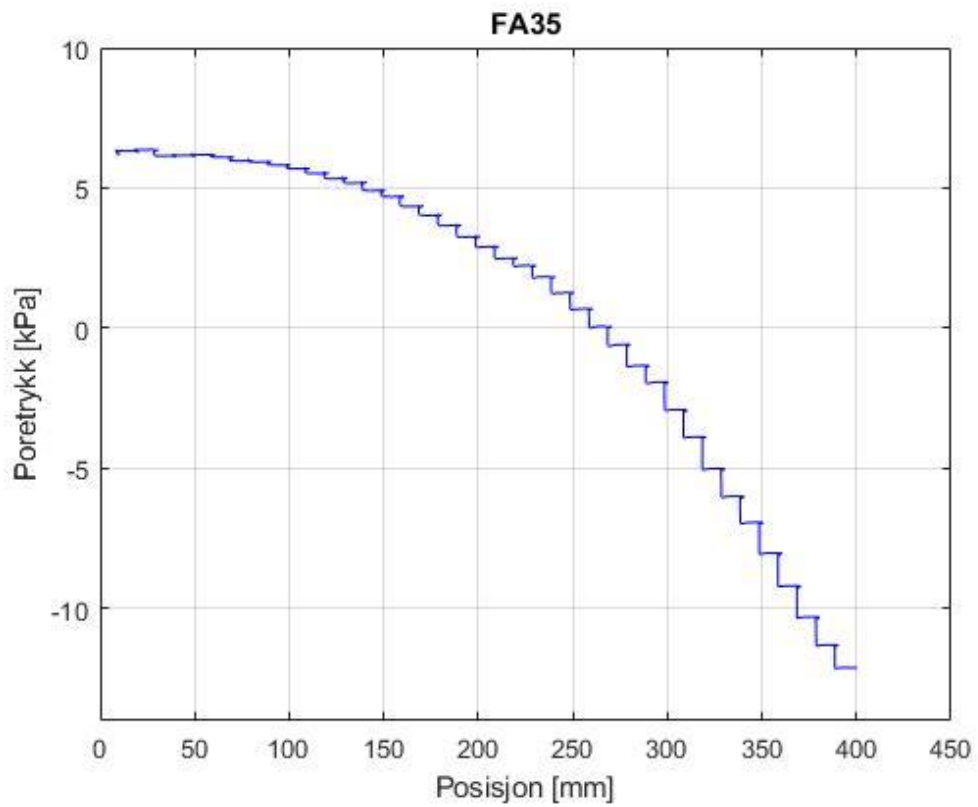
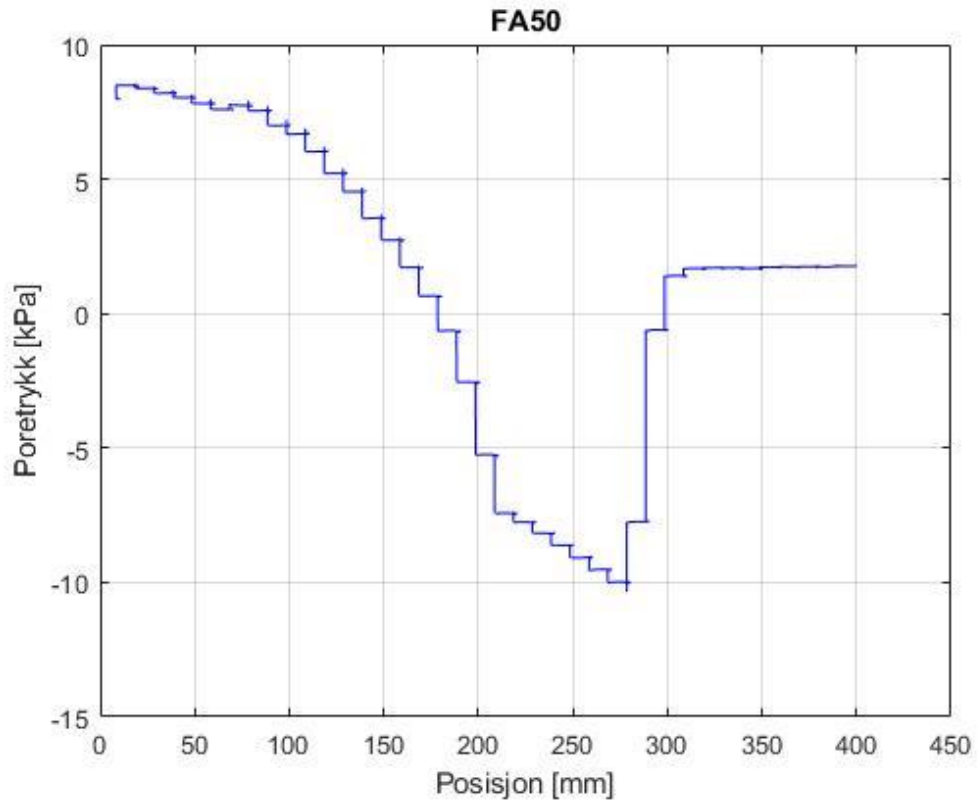
D6. Betongresept (BS70)

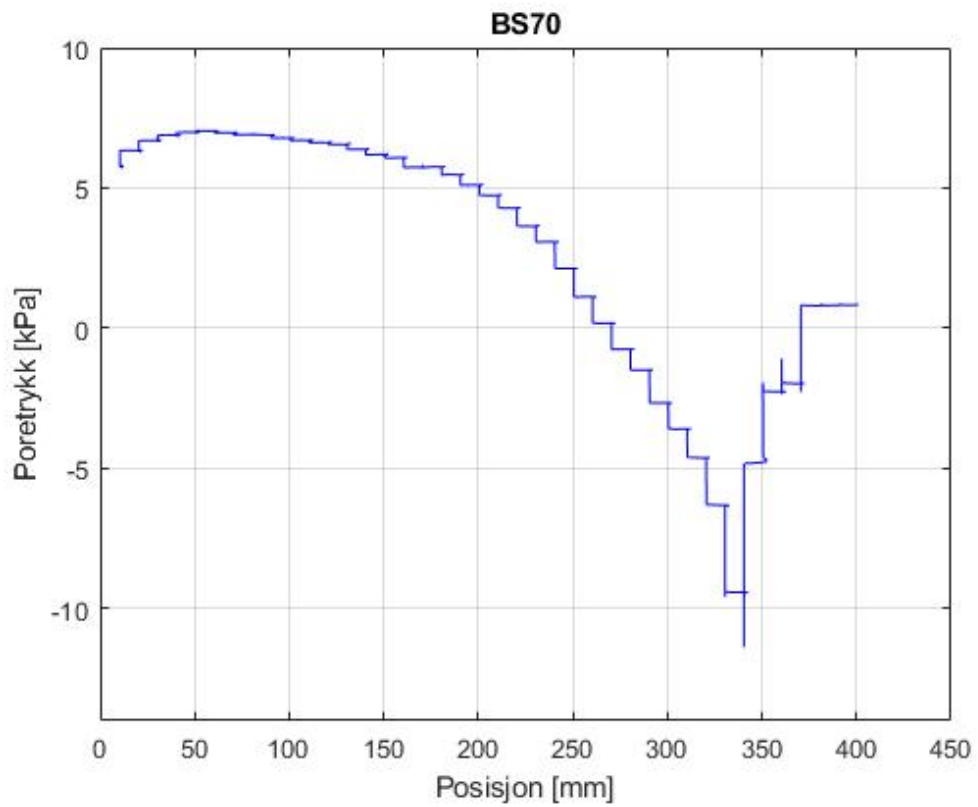
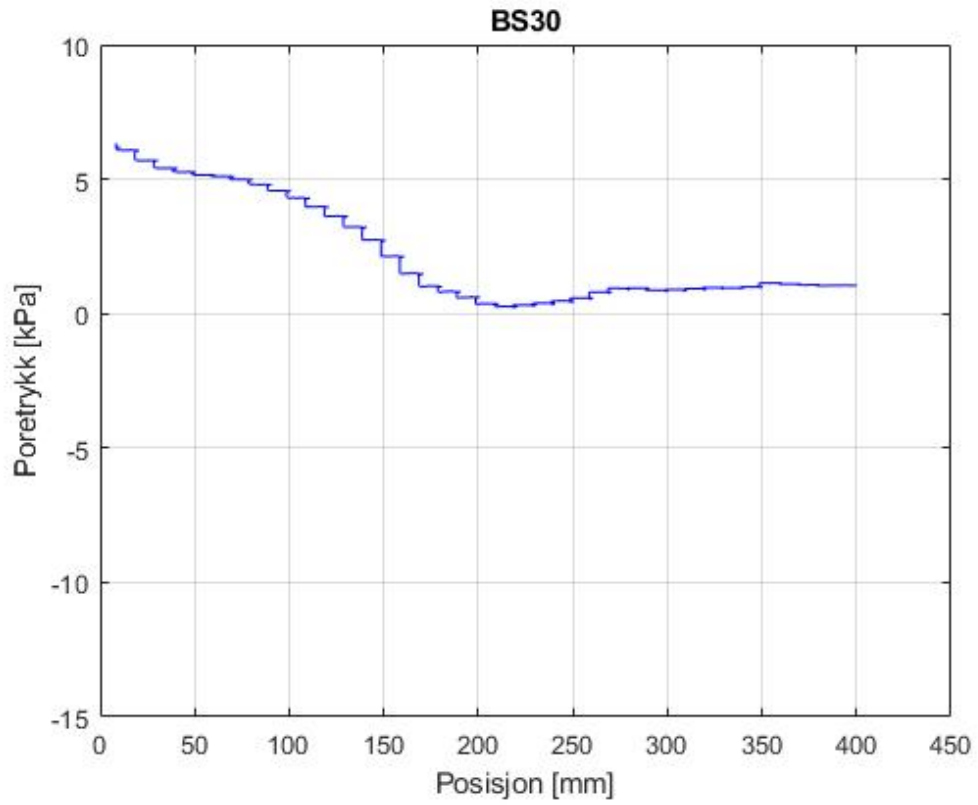
Blandeskjema						SKANSKA
Prosjekt	Regnearkutvikling					
Reseptnummer	BS70					
Tilsiktet kvalitet	0					
Blandevolum	110 liter					
Dato:						
Tidspunkt for vanntilsetning:						
Ansvarlig:						
Utført av:						
Materialer	Resept kg/m ³	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg	
schwenk Lavvarme	476.8	52.443			52.443	
	0.0	0.000			0.000	
	0.0	0.000			0.000	
Elkem Microsilica	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
Normineral flyveaske	0.0	0.000			0.000	
	0.0	0.000			0.000	
Fritt vann	171.6	18.880		-5.726	18.154	14.108
Absorbert vann	8.7	0.954			0.954	
Årdal 0/8 mm nat. vask.	884.3	97.273	4.5	4.377	101.651	
Årdal 0/2 mm nat. vask	0.0	0.000	0.5	0.000	0.000	
Årdal 8/16mm	849.6	93.459	0.5	0.467	93.926	
Årdal 16/22 mm	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0.0	0.000	0.000	
Mapei Dynamon SX-N	9.5	1.049	84	0.881	1.049	
	0.0	0.000	0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0	0.000	0.000	
	0.0	0.000	0	0.000	0.000	
	0.0	0.000			0.000	
	0.0	0.000			0.000	

E. Data fra gliderigg

E1. Poretrykk







E2. Normaltrykk

