



Lavkarbonbetong – revidert NB publikasjon nr. 37

Åpent faglig møte, Bergen

06.02.2020, kl. 15:00 – 17:00, Thormøhlensgate 53 D

NB norsk
betongforening

Tom I. Fredvik
Teknisk sjef, Dr.ing.
tom.fredvik@norcem.no

NORCEM
HEIDELBERGCEMENT Group

Spesifikasjon av lavkarbonbetong iht. NB37:2015

	B20 M90	B25 M90	B30 M60	B35 M45/MF45	B35 M40/MF40	B45 M40/MF40	B55 M40/MF40
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv pr m ³ betong]							
Lavkarbon A	170	180	200	210	230	240	250
Lavkarbon B	200	220	240	270	300	310	320
Lavkarbon C	240	260	280	320	350	360	370
Bransjeref.	280	300	320	370	410	420	430

Innhold

- **Revidert NB 37:2019**
 - Hva er nytt? – definisjon, spesifikasjon og forutsetninger
- **Proporsjonering**
- **Tekniske egenskaper**



Nye Deichmanske hovedbibliotek



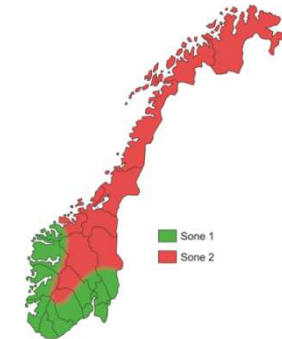
Fornebu S



Nytt nasjonalmuseum

Definisjon av lavkarbonbetong iht. NB 37

- NB 37 definerer klassegrenser for klimagassutslippet for 4 ulike nivåer av lavkarbonbetong (gjelder konstruksjonsbetong):
 - **Lavkarbon B**
 - kan vanligvis oppnås med ordinære resepttekniske tiltak
 - **Lavkarbon A**
 - krever som regel bruk av spesielle resepttekniske tiltak
 - **Lavkarbon Pluss og Lavkarbon Ekstrem**
 - krever bruk av spesielle bindemidler, med flere begrensninger i standardverket og ikke allment tilgjengelig



Bjørnsletta Skole



Tallhall



Inspira Science Center

Spesifikasjon av lavkarbonbetong

- Lavkarbonklasser med grenseverdier for klimagassutslipp for fasthetsklasse B20-B65 (A1-A3). «Valg av klasse skal skje under de forutsetningene som er gitt i kapittel A2».

Fasthetsklasse ¹⁾ 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 ²⁾			150	160	170	180	190
Lavkarbon Ekstrem ²⁾			110	120	130	140	150

1) Se kapittel A2 om sammenhengen mellom fasthetsklasser, bestandighetsklasser og karbonklasser

2) Mulig nivå for enkelte prosjekt, men med flere begrensinger i standardverket, og begrenset tilgjengelighet. Gjennomførbarhet må avklares i hvert enkelt prosjekt.

Fasthetsklasse versus bestandighetsklasse og krav til klimagassutslipp i M60

Fasthetsklasse ¹⁾ 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 ²⁾			150	160	170	180	190
Lavkarbon Ekstrem ²⁾			110	120	130	140	150

- 1) Se kapittel A2 om sammenhengen mellom fasthetsklasser, bestandighetsklasser og karbonklasser
- 2) Mulig nivå for enkelte prosjekt, men med flere begrensinger i standardverket, og begrenset tilgjengelighet. Gjennomførbarhet må avklares i hvert enkelt prosjekt.

■ Forutsetninger for lavkarbonbetongspesifikasjonene

- **De strengeste grenseverdiene er ikke tilgjengelig fra alle leverandører eller i alle regioner i Norge**
 - Tilgjengelighet av aktuelle bindemiddeltyper
 - Kvalitet på lokalt tilslag
 - Transportavstand av råvarer til betongfabrikk
 - Kompetanse og erfaring hos betongprodusent
- **Klimagassutslippet skal dokumenteres gjennom en EPD**
- **Betongsammensetningen forutsettes å tilfredsstille kravene i NS-EN 206+NA**

Tilgjengelige bindemidler – Aalborg Portland og Schwenk

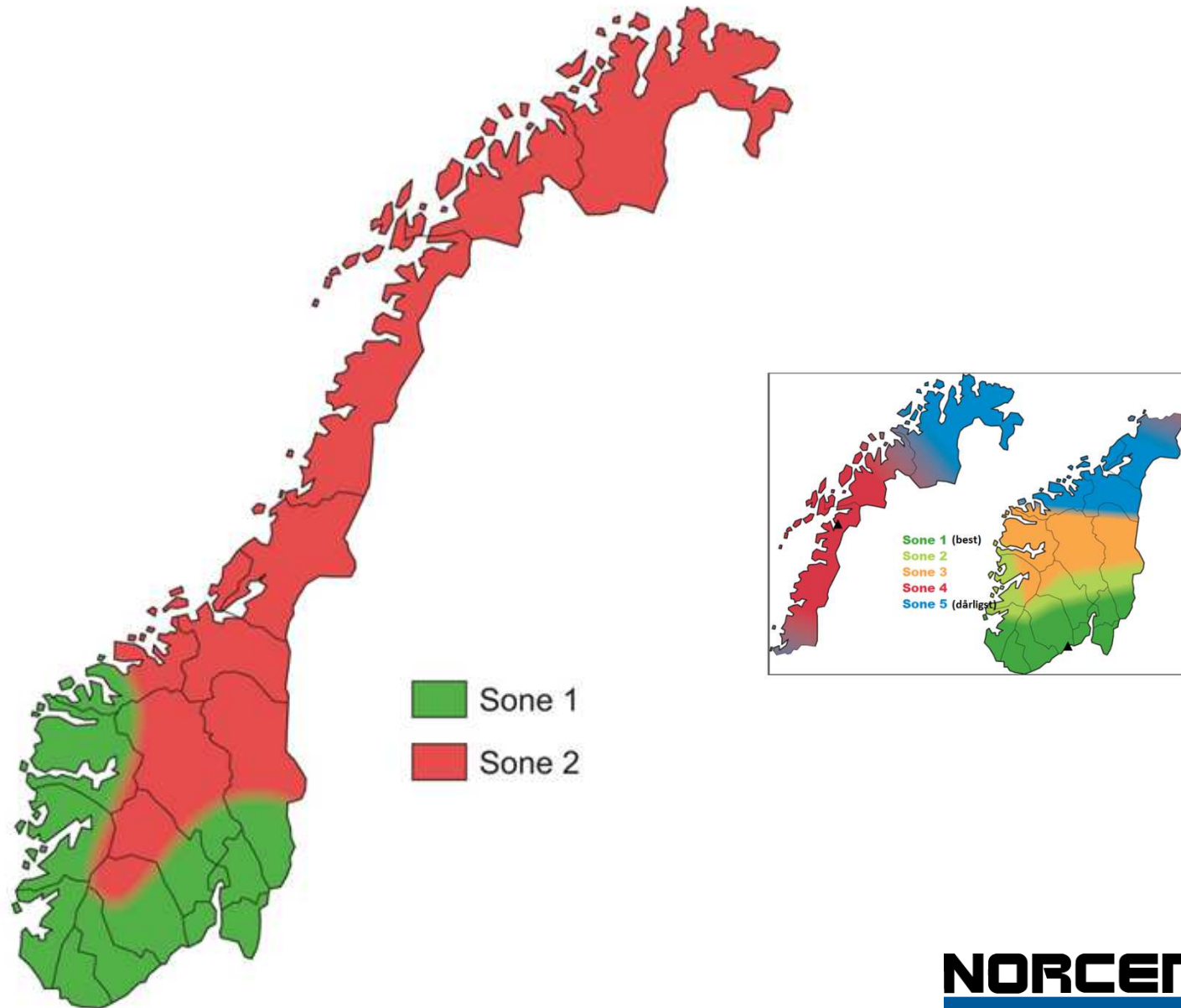
Produktnavn	Aalborg Hvitsement ^d	Aalborg Rapidsement ^f
Produsent	Aalborg	Aalborg
Type iht. NS-EN 197:2011	CEM I 52,5 R	CEM I 52,5 N
CO ₂ utslipp (GWP, A1-A4) (kgCO _{2-ekv} /tn) ^a	1100 ^b	871
Produksjonssted	Aalborg, Danmark	Aalborg, Danmark
Leveringsstatus	Prosjektsement ^e	Ordinært produkt
Tilgjengelighet ^c	^c	Østlandet ^f
Normal anvendelse	Bygg/Element	Bygg/Anlegg
Bestandighetsklasser iht. NS-EN 206+NA	Alle	Alle

Produktnavn	Hvitsement	Lavvarmesement	Miljøsement	Rapidsement
Produsent	Schwenk	Schwenk	Schwenk	Schwenk
Type iht. NS-EN 197:2011	CEM I 52,5 R	Cem III/B 42,5 L-LH/SR (na)	Cem II/B-S52,5 N	Cem I 52,5 R (ft)
CO ₂ utslipp (GWP, A1-A4) (kgCO _{2-ekv} /tn) ^a	1240	347	570	799
Produksjonssted	Bunol, Spania	Eisenhüttenstadt, Tyskland	Rüdersdorf, Tyskland	Rudersdorf, Tyskland
Leveringsstatus	Ordinært produkt	Ordinært produkt	Ordinært produkt	Ordinært produkt
Tilgjengelighet ^b	^b	Østlandet og Vestlandet	Østlandet Vestlandet	Østlandet og Vestlandet
Normal anvendelse	Bygg/Element	Anlegg	Alt	Bygg/Element
Bestandighetsklasser iht. NS-EN 206+NA	Alle	M40, M45, M60, M90	Alle	Alle

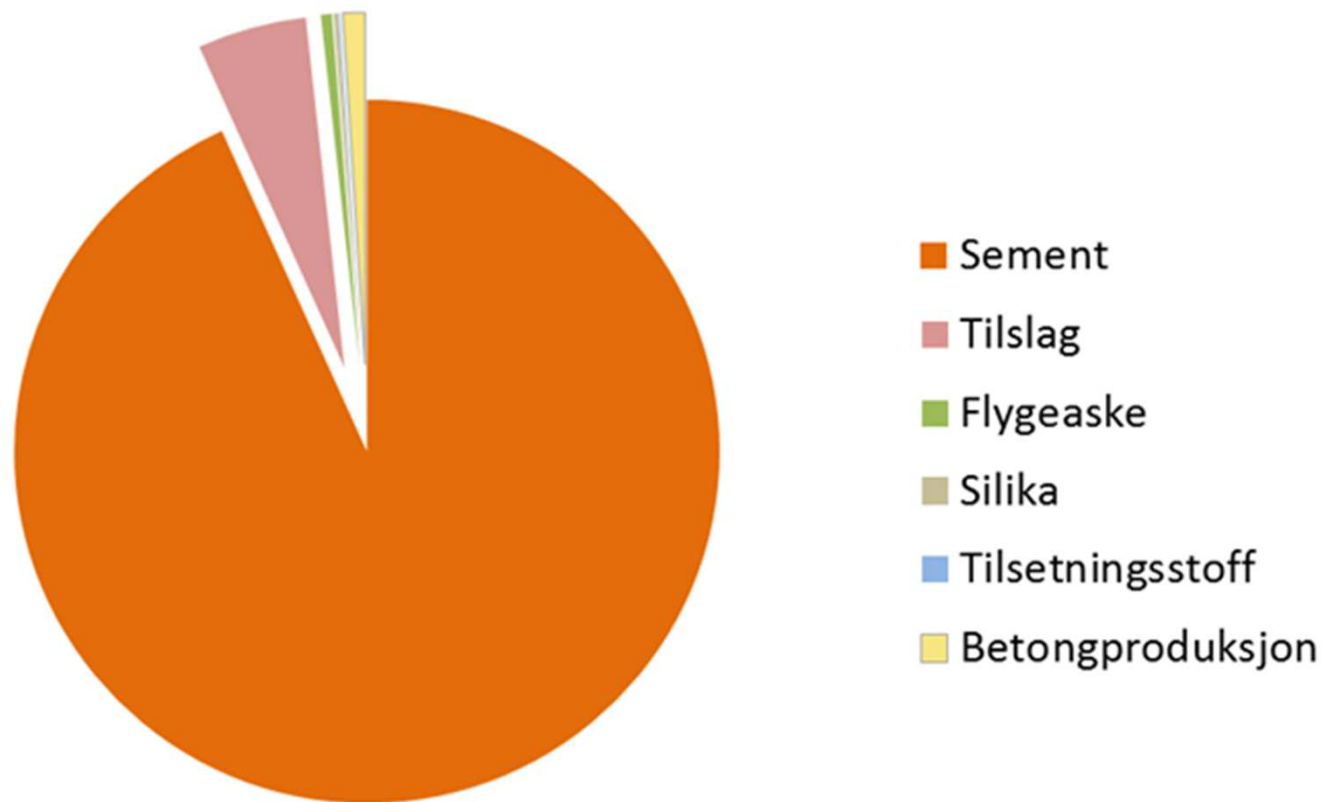
Tilgjengelige bindemidler – Norcem

Produktnavn	Norcem Anleggsement FA	Norcem Industriseмент	Norcem Industriseмент	Norcem Lavkarbonseмент	Norcem StandardsementFA	Norcem StandardsementFA	Flygeaske
Produsent	Norcem	Norcem	Norcem	Norcem	Norcem	Norcem	Norcem ^d
Type iht. NS-EN 197:2011	CEM II/A-V 42,5N	CEM I 52,5R	CEM I 52,5R	CEM II/B-V 42,5N	CEM II/B-M 42,5R	CEM II/B-M 42,5R	NS-EN 450-1:2012 Category A
CO ₂ utslipp (GWP, A1-A3) (kgCO _{2-eqv} /t) ^a	637	748	774	503	604	625	-
Produksjonssted	Brevik, Norge	Brevik, Norge	Kjøpsvik, Norge	Brevik, Norge	Brevik, Norge	Kjøpsvik, Norge	Hamburg, Tyskland
Leveringsstatus	Ordinært produkt	Ordinært produkt	Ordinært produkt	Prosjektsement ^c	Ordinært produkt	Ordinært produkt	Ordinært produkt
Tilgjengelighet ^b	Hele landet	Østlandet Sørlandet Sør-Vestlandet	Nord-Vestlandet Midt-Norge Nord-Norge	^b	Østlandet Sørlandet Sør-Vestlandet	Nord-Vestlandet Midt-Norge Nord-Norge	Hele landet
Normal anvendelse	Anlegg	Bygg/Element	Bygg/Element	Bygg/Element	Alt	Alt	Alt
Bestandighetsklasser iht. NS-EN206+NA	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle

Regional tilgjengelighet



Eksempel på klimagassutslipp fordelt på delmaterialer i betong med tilsatt flygeaske og silika



■ Proporsjonering av betong for å tilfredsstille klassegrensene

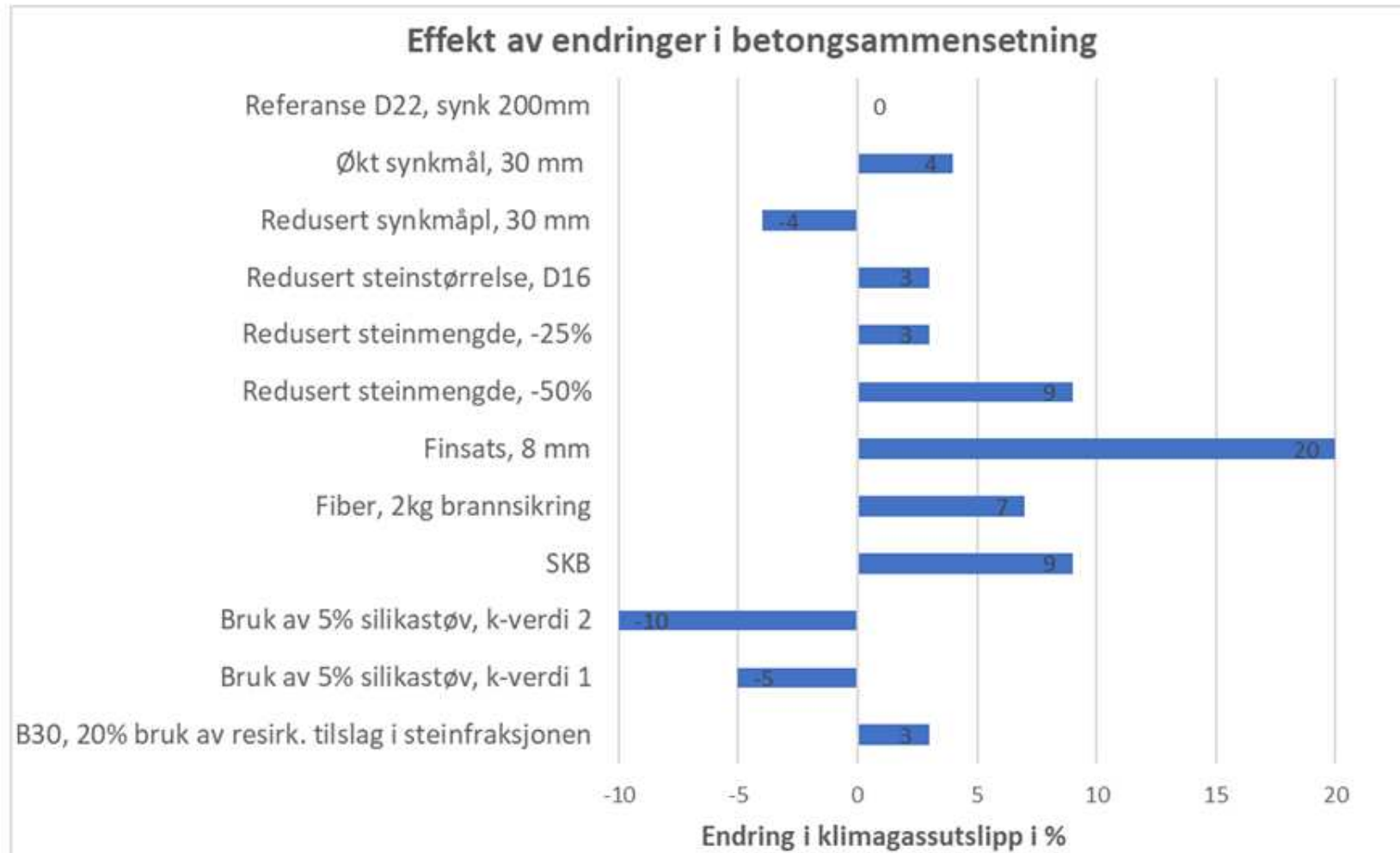
■ Lavkarbon B og A

- Praktisk mulig å oppnå for konstruksjonsbetong med allment tilgjengelige bindemidler
 - Lavkarbon B eksempel: ANL-FA/STD-FA + evt. moderat mengde silika
IND + moderat mengde FA
 - Lavkarbon A eksempel: ANL-FA/STD-FA/IND + FA (tot. 35%) + evt. moderat mengde silika

■ Lavkarbon Pluss og Ekstrem

- Kan bare oppnås ved bruk av spesielle sementtyper, eller ved tilsetning av store mengder flygeaske eller slagg, ofte i kombinasjon med store mengder silikastøv.
 - Lavkarbon Pluss eksempel: Store mengder FA, der deler av FA defineres med k-verdi 0
 - Lavkarbon Ekstrem eksempel: CEM III/B (ca. 70% slagg)

Illustrasjon på endringer i betongsammensetning – effekt på klimagassutslippet



Forklaringer til lavkarbonklassene - fasthetsklasse og krav i M60

Fasthetsklasse ¹⁾ 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 ²⁾			150	160	170	180	190
Lavkarbon Ekstrem ²⁾			110	120	130	140	150

- 1) Se kapittel A2 om sammenhengen mellom fasthetsklasser, bestandighetsklasser og karbonklasser
- 2) Mulig nivå for enkelte prosjekt, men med flere begrensninger i standardverket, og begrenset tilgjengelighet. Gjennomførbarhet må avklares i hvert enkelt prosjekt.

■ Fasthetsklasse versus bestandighetsklasse

- **Nedbrytingsmekanismene som virker på konstruksjonen bestemmer eksponeringsklasse og dermed bestandighetsklasse**
- **Fasthetsklasse velges av prosjekterende basert på bla:**
 - Lastpåvirkning
 - Spennvidder
 - Tverrsnittsutforming
 - Armeringstype og –mengde
- **Optimaliseringsmulighetene ved valg av fasthetsklasse er hovedargumentet for dette valget i lavkarbonklassene**
- **«Prosjekteringsstandarden» NS-EN 1992-1-1+NA:**
 - En realistisk forventet fasthetsklasse skal legges til grunn for å sikre at prosjektert armeringsmengde er tilpasset betongens reelle fasthet

■ Eksempler på «uvanlige» kombinasjoner av fasthet og bestandighet

■ Eksempel 1: B30 M40 – uheldig beskrivelse

- M40 gir typisk en B45 betong
- Prosjektert armeringsmengde gir for liten mengde fordelingsarmering
- Betongprodusent vil ha vanskelig for å produsere Lavkarbonklasse til B30 pga. høy bindemiddelmengde som følger av M40 kravet

■ Eksempel 2: B35 M90 – OK beskrivelse

- Beskrivelse i tråd med forutsetningene i prosjekteringsstandarden
- Gir heller ingen spesielle utfordringer mht. kravene til lavkarbonbetong

Proporsjonering og produksjon av lavkarbonbetong - begrensninger i NS-EN 206+NA mht. lavest mulig CO₂ekv

Klasse	B20	B25	B30	B35
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³]				
Bransjereferanse	240	260	280	330
Lavkarbon B	190	210	230	280
Lavkarbon A	170	180	200	210

Proporsjonering og produksjon av lavkarbonbetong - begrensninger i NS-EN 206+NA mht. lavest mulig CO₂ekv

■ Kravene til største tillatte masseforhold

- M60: fra m=0,60 (CEM I) og ned til m=0,45 (CEM III/B)

■ Kravene til k-verdi

	M90	M60	M(F)45/M(F)4
Flygeaske	0,7	0,4	0,7
Silika	1,0	1,0	2,0

Dokumentasjon av
utvidede bruksbetingelser

■ Kravene til mengde flygeaske og slagg i MF45 og MF40

- Flygeaske ≤ 20% av bindemiddelmengde
- Slagg ≤ 20% av bindemiddelmengde
→ *Kravene til Lavkarbon A tilfredsstilles ikke*

FA	35%
Silika	11%
Slagg	80%
Slagg+FA	60%

Proporsjonering og produksjon av lavkarbonbetong - begrensninger i NS-EN 206+NA mht. lavest mulig CO₂ekv

B30 M60

Initialparametre	Verdi		
$m = v/(c+\sum kp)$	0,53		
Luftinnhold	4,0 %		
Sementtype/Tagg	Andel	Andel klinker	Andel FA
Standard FA	100,0 %	78,0 %	18,0 %
Anlegg FA	0,0 %	81,0 %	15,0 %
	0,0 %		
Tilsetningsmaterialer	Type	Andel (av b)	k
Silika	Silika	4,0 %	1,0
Flygeaske Steag	FA	12,7 %	0,4
Slagg	Slagg	0,0 %	0,8
Tilsetningsstoff	% av b	[kg/m ³]	Tørrstoff
SP	0,6 %	1050	18,0 %
L-stoff	0,4 %	1000	100,0 %
	0,0 %	1100	25,0 %
	0,0 %	1000	100,0 %
Fiber	Vol %	[kg/m ³]	
	0,0 %	7800	
	0,0 %	1050	
Matriks	Verdi		
Ønsket vanninnhold [l/m ³]	160		
Oppnådd matriksvolum [l/m ³]	303		
Klinkerandel i bindemiddel	65,0 %		
Total FA- andel av bindemiddel	27,7 %		

188 kg CO₂ ekv.

B35 M45

Initialparametre	Verdi		
$m = v/(c+\sum kp)$	0,44		
Luftinnhold	4,0 %		
Sementtype/Tagg	Andel	Andel klinker	Andel FA
Standard FA	100,0 %	78,0 %	22,0 %
Anlegg FA	0,0 %	81,0 %	15,0 %
	0,0 %		0,0 %
Tilsetningsmaterialer	Type	Andel (av b)	k
Silika	Silika	4,0 %	2,0
Flygeaske Steag	FA	17,8 %	1,0
Slagg	Slagg	0,0 %	0,8
Tilsetningsstoff	% av b	[kg/m ³]	Tørrstoff
SP	0,7 %	1050	18,0 %
L-stoff	0,4 %	1000	100,0 %
	0,0 %	1100	25,0 %
	0,0 %	1000	100,0 %
Fiber	Vol %	[kg/m ³]	
	0,0 %	7800	
	0,0 %	1050	
Matriks	Verdi		
Ønsket vanninnhold [l/m ³]	155		
Oppnådd matriksvolum [l/m ³]	304		
Klinkerandel i bindemiddel	61,0 %		
Total FA- andel av bindemiddel	35,0 %		

185 kg CO₂ ekv.

Varmeutvikling

- Flygeaske og slagg gir redusert total varmeutvikling, og betong med opp til 40 % flygeaske brukes derfor også som lavvarmebetong for å begrense faren for temperaturfastholdingsriss.



Dronning Eufemiasgate

Fasthetsutvikling

- Flygeaske og slagg gir en mer langsom fasthetsutvikling
- I praksis er det fra lavkarbon A til Lavkarbon Ekstrem at effekten på fasthetsutviklingen kan være så stor at den vil kunne påvirke rivningstiden og produksjonssyklusene (spesielt om vinteren).
- I elementproduksjon (og sprøytebetong) med høye krav til tidligfasthet vil også Lavkarbon B kunne gi utfordringer.



Sundtkvartalet



Munkedamsveien 62

■ Eksempel på tidligfasthet i bestandighetsklasse M45

