

# BÆREDYGTIG BETON initiativ



**HALVERING AF CO<sub>2</sub>-UDLEDNINGEN  
FRA BETONBYGGERI  
– ROADMAP MOD 2030**

dansk  
beton

#### **PUBLIKATIONEN ER UDARBEJDET I ET SAMARBEJDE MELLEM**

Dansk Beton – branchefællesskab under Dansk Byggeri / danskbeton.dk  
Teknologisk Institut / teknologisk.dk

#### **FORFATTERE / REDAKTION**

Lars Nyholm Thrane og Thomas Juul Andersen, Teknologisk Institut  
Dorthe Mathiesen, Dansk Beton

#### **BIDRAGSYDERE**

InnoBYG – Innovationsnetværket for bæredygtigt byggeri / innobyg.dk  
Dansk Beton – branchefællesskab under Dansk Byggeri / danskbeton.dk  
Partnerkredsen bag Bæredygtig Beton initiativet / bæredygtigbeton.dk

#### **FOTOS**

Side 1, 4, 8, 10(v), 11(m), 12, 20, 28, 32 og 36: Torben Eskerød  
Alle øvrige fotos: Dansk Beton og Teknologisk Institut

#### **UDGIVELSE**

November 2019

#### **BAGGRUNDSMATERIALE**

Der er igennem de seneste år udgivet flere publikationer, som beskæftiger sig med bæredygtige betoninitiativer. Denne publikation tager særligt udgangspunkt i følgende publikationer/rapporter:

- "Bæredygtig optimering af betonkonstruktioner – Debatoplæg Interviewundersøgelse blandt repræsentanter fra byggeriet". Lars Nyholm Thrane, Gitte Normann Munch-Petersen, Dorthe Mathiesen, Claus Vestergaard Nielsen. Teknologisk Institut og Rambøll A/S for Dansk Beton maj 2018.
- "A Sustainable Future for the European Cement and Concrete Industry –Technology assessment for full decarbonisation of the industry by 2050". Dr. Aurélie Favier, Dr. Catherine De Wolf, Prof. Karen Scrivener, Prof. Guillaume Habert. ETH Zürich, oktober 2018
- "Klimavenlig beton". Per Goltermann, Pawel Wargocki, Kristian Dahl Hertz, Lisbeth M. Ottosen, Pernille Erland Jensen, Carsten Rode. DTU 2017
- "Klimatförbättrad betong". Svensk Betong 2019.

#### **BEREGNINGSGRUNDLAG**

Beregning af CO<sub>2</sub>-potentialet for de enkelte aktiviteter tager udgangspunkt i opgørelser over betonforbrug fordelt på produkter og konstruktioner udleveret af Dansk Beton. Derudover har det været nødvendigt at opstille en række forudsætninger og antagelser for at estimere CO<sub>2</sub>-potentialet. Beregningsforudsætningerne ligger ved Teknologisk Institut.



dansk  
beton

# FORORD

En fortsat stærk betonbranche baseret på bæredygtigt design, produktion og udførelse er helt afgørende for det danske samfund og den danske byggebranche.

Der er et politisk fokus på bæredygtig udvikling og reduktion af CO<sub>2</sub>-aftrykket som aldrig før, og med regeringens målsætning om 70 procent reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningen i 2030 i forhold til 1990, så skal der ske noget i alle industrier – også i betonindustrien. I forhold til nuværende niveau for CO<sub>2</sub>-udledning (anno 2019), så svarer det til at Danmark skal halvere CO<sub>2</sub>-udledningen frem mod 2030.

Branchefællesskabet Dansk Beton lancerede primo 2019 Bæredygtig Beton Initiativet, hvor betonbyggeriet gennem samarbejde, udvikling og ambitiøse målsætninger skal give et markant bidrag til de overordnede målsætninger for det danske samfund og for byggebranchen. Målsætningen er helt i tråd med regeringens ambitioner for CO<sub>2</sub>-reduktioner frem mod 2030.

Nærværende roadmap er udarbejdet i et samarbejde mellem Teknologisk Institut og Dansk Beton i regi af InnoBYG netværksgruppen for Bæredygtig Beton Initiativet. Roadmappen sammenfatter de overordnede visioner, samarbejder, fokusområder og aktiviteter for Bæredygtig Beton Initiativet og Dansk Beton ser frem til et mangeårigt samarbejde bredt i beton- og byggebranchen om at nå de visionære målsætninger.

God arbejdslyst.

Dorthe Mathiesen  
Branchedirektør for Dansk Beton i Dansk Byggeri

Niels Sønnergaard-Pedersen  
Formand for bestyrelsen i Dansk Beton

November 2019

## VISION FOR BÆREDYGTIG BETON INITIATIVET

Formålet med Bæredygtig Beton Initiativet er at bane vejen for, at CO<sub>2</sub>-aftrykket fra dansk betonbyggeri halveres i 2030 i forhold til niveauet i 2019. Samtidig skal den gode bet-onkvalitet og totaløkonomien forbundet med betonbyggeri fastholdes.

Den ambitiøse vision skal indfris gennem samarbejde bredt i byggebranchen. Derfor medvirker partnere fra en række danske producenter af beton og cement samt en bred vifte af bygherrer, arkitekter, ingeniører, entreprenører og videninstitutioner i Bæredygtig Beton Initiativet.

“Vi ser et stort potentiale i Bæredygtig Beton Initiativet, hvor fokus er på både nye løsninger, genbrug og reduceret forbrug, som alt sammen bidrager til at nedsætte

mark certificerer vi således alt vores byggeri til DGNB Guld”, siger direktør i PensionDanmark, Torben Möger Pedersen.

“Den danske betonbranche har i mange år arbejdet for at producere mere bæredygtigt. Men ser man alene på CO<sub>2</sub>, så står cement, som er den afgørende komponent i beton, for ca. fem procent af den globale CO<sub>2</sub>-udledning. I Danmark ligger det niveau lavere, bl.a. fordi branchen allerede har haft fokus på bæredygtig produktion, men i alle tilfælde er det muligt at nedbringe det miljøaftryk betragteligt. Og det er kerneopgaven for det nye initiativ, hvor der skal være fokus på, hvordan man får omsat viden, forskning og innovation til praksis”, siger Head of Sustainability & External Relations Cementir Nordic&Baltic, Aalborg Portland, Unicon. Thomas Uhd.

---

### **|| DEN DANSKE BETON- OG BYGGEBRANCHE VIL HALVERE CO<sub>2</sub>-UDLEDNINGEN FRA BETONBYGGERI I 2030 I FORHOLD TIL 2019.**

---

CO<sub>2</sub>-aftrykket. Som ansvarlig bygherre er det vigtigt, at vi gør op med vanetænkningen og finder nye og mere bæredygtige måder at fremstille og benytte byggematerialer på. Bæredygtig Beton Initiativet harmonerer rigtigt godt med vores politik om at bygge bæredygtigt. I PensionDan-



# HVORFOR ET BÆREDYGTIG BETON INITIATIV?

Beton er verdens mest anvendte byggemateriale. Der anvendes 17 mia. ton cementbaserede materialer globalt set og der findes ikke alternativer til cement og beton, for at imødekomme fremtidens globale behov for boliger og infrastruktur. Forbruget forventes at stige ganske betragteligt pga. det store behov for boliger og infrastruktur i bl.a. Asien, Afrika og Sydamerika.

Samtidig står cement- og betonindustrien i dag for ca. 8 procent af den samlede globale udledning af CO<sub>2</sub>, og det er strengt nødvendigt, at det stigende globale behov for cement- og beton afkobles fra CO<sub>2</sub>-udledningen. Der skal således findes nye design-, produktions- og udførelsesmetoder, som kan medvirke til en mere optimal brug af cement og beton og dermed et markant lavere CO<sub>2</sub>-aftryk.

Der er allerede identificeret en lang række løsninger, som kan være med til at indfri målsætningen for Bæredygtig Beton Initiativet. Nogle løsninger ligger lige for og kan med en mindre indsats implementeres i byggeriet – andre kræver yderligere forskning og udvikling for til sidst at kunne markedsmodnes og gøres klar til anvendelse.

Danmark har en lang og solid erfaring med at bygge i beton – og bygge bæredygtigt med beton. Danmark har de seneste 30 år været et af foregangslandene globalt set i forhold til at udvikle og implementere bæredygtige løsninger i betonbyggeriet. Danmark skal tage internationalt lederskab i den grønne omstilling. Vi kan ikke alene bidrage markant til nedbringelsen af CO<sub>2</sub>-udledningen i Danmark, vi kan også være det foregangsland som viser vejen og eksporterer de bæredygtige løsninger for betonbyggeriet. I dag forbruges op mod 80 procent af verdens globale cementproduktion i de store udviklingslande.

Teknologisk Institut og Rambøll udarbejdede i 2018 en rapport for Dansk Beton med anbefalinger til bæredygtig brug af beton. Der har været afholdt et dagsseminar for 70 personer fra hele byggeriets værdikæde om emnet, og der har været flere debatter om emnet på Building Green i København og Aarhus. De tiltag har dokumenteret, at der både findes teknisk grundlag og opbakning i byggebranchen til at igangsætte Bæredygtig Beton Initiativet.

Bæredygtig Beton Initiativet er inspireret af lignende initiativer i Norge og Sverige, hvor brede partnerskaber i bygge- og betonbranchen arbejder sammen mod meget ambitiøse målsætninger om at reducere CO<sub>2</sub>-aftrykket fra betonbyggeri.

! BÆREDYGTIG BETON INITIATIVET SAMLER BRANCHEN I ET BREDT FORPLIGTENDE SAMARBEJDE MOD DE AMBITIØSE MÅLSÆTNINGER FOR DANSK BETONBYGGERI.

! I DANMARK ER DEN SAMLEDE CO<sub>2</sub>-UDLEDNING FALDET FRA CA. 72 MIO. TON CO<sub>2</sub> I 1990 TIL 45 MIO. TON CO<sub>2</sub> I 2019.

! I HENHOLD TIL PARIS-AFTALEN HAR DANMARK SAMMEN MED EU FORPLIGTET SIG TIL AT REDUCERE CO<sub>2</sub>-UDLEDNINGEN MED 40 PROCENT FRA 1990 TIL 2030.

! REGERINGEN HAR EN MÅLSÆTNING OM AT DANMARK SKAL REDUCERE CO<sub>2</sub>-UDLEDNINGEN MED 70 PROCENT FRA 1990 TIL 2030.

! DET BETYDER, AT UDLEDNINGEN SKAL BRINGES NED FRA CA. 72 MIO TON CO<sub>2</sub> I 1990 TIL CA. 22 MIO TON CO<sub>2</sub> I 2030.

! MÅLT I FORHOLD TIL 2019 NIVEAU, SÅ SKAL CO<sub>2</sub>-UDLEDNINGEN REDUCERES MED 23 MIO TON CO<sub>2</sub> FREM MOD 2030 SVARENDE TIL CA EN HALVERING.

! BÆREDYGTIG BETON INITIATIVETS MÅLSÆTNING OM EN HALVERING AF CO<sub>2</sub>-UDLEDNINGEN FRA 2019 TIL 2030 SVARER TIL CA 0,75 MIO TON CO<sub>2</sub>.



## ER MÅLSÆTNINGERNE REALISTISKE?

Der arbejdes både i Danmark og udlandet på at udvikle nye teknologier, som kan gøre betonbyggeri mere bæredygtigt. Nogle er kendte teknologier eller teknologier, som er tæt på at være klar til markedet. Andre er fortsat under udvikling, og det er usikkert, hvad effekten vil være, hvad de vil koste, og om de vil være brugbare i stor skala. Målsætningen med en halvering af CO<sub>2</sub>-udledningen er sat for på den ene side at sætte baren tilpas højt til at skabe det nødvendige træk

“Vi er godt på vej med plastiske beregningsmetoder, som ovenikøbet kan tages i anvendelse i overensstemmelse med gældende Eurocodes. Disse beregningsmetoder vil gøre det muligt at spare mere end 30 procent på materialeforbruget af beton og armering”, siger Professor på DTU Byg, Henrik Stang.

“Futurecem cementerne bliver lanceret i 2020. Disse cementtyper har et 30 procent lavere CO<sub>2</sub>-aftryk sammenlignet med de cements, der findes på det danske marked i dag. Det kommer til at betyde en markant reduktion fra betonindustrien i takt med, at de cements tages i anvendelse”, siger Managing Director i Aalborg Portland, Michael Lundgaard Thomsen.

Betonbranchen står således sammen om, at det er muligt at nå målsætningerne og en række ekspertudtalelser og undersøgelser underbygger dette.

---

“WE SHOW THAT BY CONSIDERING ALL STAGES IN THE VALUE CHAIN, REDUCTIONS OF UP TO 80 PERCENT CO<sub>2</sub> EMISSIONS COMPARED TO THE 1990 VALUES IS ACHIEVABLE BY 2050 WITHOUT USING CARBON CAPTURE AND STORAGE TECHNOLOGIES.”

KONKLUSION FRA KAREN SCRIVERNER I RAPPORTEN “A SUSTAINABLE FUTURE FOR THE EUROPEAN CEMENT AND CONCRETE INDUSTRY” 2018.

---

på udviklingen. På den anden side skal målsætningen også være realistisk. Med udgangspunkt i baggrundsdokumenterne som anført på omslagssiden og med udgangspunkt i nødvendigheden af at bidrage til den grønne omstilling, så er det bestemt realistisk at opfylde målsætningen.





# HVORDAN MÅLER VI EFFEKTEN AF INITIATIVET?

Målsætningen for reduktion af CO<sub>2</sub>-udledning fra betonbyggeriet i Danmark skal nås gennem en række af tiltag, der hver især bidrager mere eller mindre til reduktion af udledningen. Men hvordan måler vi på det?

Beregning af byggematerialers, bygninger og bygværkers miljøbelastning er ikke helt ukompliceret. Der er da også igennem de seneste mange år arbejdet på at udvikle værktøjer, metoder og standarder for, hvordan miljøaftryk kan beregnes. Vi er slet ikke i mål med at have valide beregningsværktøjer og data, og det er der fortsat behov for at få udviklet videre på. Effektiviteten skal måles dels på materialeniveau, dels på bygningsniveau.

Effekten af Bæredygtig Beton Initiativet vil løbende blive vurderet ved beregning af betonprodukternes miljøvaredeklarationer (EPD) og ved vurdering af hele bygningers samlede aftryk, når bæredygtige betonløsninger implementeres. Derfor er det også vigtigt ved initiativets opstart at få defineret et udgangspunkt – en baseline, se afsnittet "Betonbranchen og anvendelse 2019".

På bygningsniveau findes der ligeledes mange forskellige værktøjer og beregningsmetoder. Bæredygtig beton initiativer vil lægge sig op af de beregningsmetoder, der til en hver tid er de mest anerkendte af branchen i Danmark. Pt er det LCAByg værktøjet fra SBI og metoderne som grundlag for DGNB certificeringer på byggeriområdet.

På anlægsområdet anvendes de metoder som Vejdirektoratet kommer til at foreskrive til beregning af CO<sub>2</sub>-udledningen fra anlægsbyggeri.

"I branchen mangler ambitionerne ikke, og derfor foreslår branchen selv ambitiøse nye mål og regler for at håndtere den store klimaudfordring i byggeriet. Beton- og byggebranchens "Bæredygtigt Beton Initiativ", der har som ambition at reducere CO<sub>2</sub>-aftrykket fra betonbyggeri med mindst 50 pct. frem til 2030 gennem nye løsninger, genbrug, og reduceret forbrug, er et af eksemplerne", siger Administrerende direktør i Rambøll, Ib Enevoldsen

"Danske betonproducenter har siden 2010 arbejdet med miljøvaredeklarationer, men efterspørgslen har været begrænset. I 2020 får betonbranchen et værktøj som gør det muligt at beregne miljøvaredeklarationer på produktniveau og som automatisk er 3. parts kontrolleret af uvildig part. Det bliver et meget centralt værktøj til at måle på effekten af dette initiativ", siger Dorthe Mathiesen, Dansk Beton.



CERTIFICERINGSORDNINGEN FOR BÆREDYGTIGT BYGGERI DGNB OPERERER MED REFERENCEBYGGERIER. MILJØAFTRYKKET PÅ BYGNINGSNIVEAU ER FASTSAT TIL EN CO<sub>2</sub>-UDLEDNING PR. M<sup>2</sup> BEBYGGELSE PR. ÅR.



PÅ MATERIALENIVEAU BEREGNES ET BYGGEMATERIALES MILJØPÅVIRKNING VED HJÆLP AF LIVSCYKLUSVURDERINGER. RESULTATET AF BEREGNINGERNE SAMLES TYPISK I SÅKALDETE MILJØVAREDEKLARATIONER (PÅ ENGELSK "ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATIONS" – EPD)



DER SKER LØBENDE INVESTERINGER I AT REDUCERE UDLEDNINGERNE FRA CEMENTFREMSTILLING. AALBORG PORTLAND HAR I EN 5 ÅRIG PERIODE FRA 2010 REDUCERET CO<sub>2</sub>-UDLEDNINGEN MED 77.000 TON.



# SÅDAN BLIVER INITIATIVET KONKRET

Bæredygtig Beton Initiativet er initieret og drives af Branchefællesskabet Dansk Beton. En lang række partnere har givet tilsagn om at deltage i Bæredygtig Beton Initiativet.

De konkrete aktiviteter der skal bidrage til at nå målsætningen er tredelt:

## DANSK BETON PROJEKTER

Dansk Beton igangsætter løbende og driver mindre udviklingsaktiviteter, som har til formål at bringe nye løsninger i spil for den danske betonbranche. Eksempler på Dansk Beton projekter er "Nulspildsprojektet" (2018) og "EPD-Projektet" (2019-2020)

## PARTNERPROJEKTER

Der er mange bygherrer, arkitekter, rådgivere og entreprenører som arbejder med at bruge beton mere bæredygtigt. Egentlige byggeprojekter hvor beton anvendes mere bæredygtigt kan blive Partnerprojekter under Bæredygtig Beton Initiativet. For nogle udvalgte partnerprojekter tilbyder Dansk Beton at få gennemført en uvildig analyse af effekten af de bæredygtige tiltag i projektet og sammenholde det med et relevant referencebyggeri. Partner projekter vil automatisk blive indstillet til Bæredygtig Beton Prisen, der uddeles ved en stor prisfest hvert andet år. På den måde vil vi gennem initiativet opbygge valide data både på materialeniveau men også på bygningsniveau.

## FORSKNINGS- OG UDVIKLINGSPROJEKTER

Der er løsninger som kræver videreudvikling og måske endda dybdegående forskning. Der vil fortsat være brug for at igangsætte udviklingsprojekter støttet med fondsmidler eller gennem Offentlig-private-partnerskaber (OPP). Partnerne tilknyttet Bæredygtig Beton Initiativet vil stå først til at kunne indgå i samarbejde om fondsfinansierede udviklingsprojekter. Der er ved opstart allerede igangværende udviklingsprojekter – fx. DGNB projektet finansieret af InnoBYG og LCA Ph.d projekt på DTU om genanvendelse af beton. Disse to projekter er med til at kick-starte initiativet og løber i 2019 og 2020.



# SYNLIGHED

Vi ser ind i en 10-årig periode med stort fokus på at nå visionen for Bæredygtig Beton Initiativet. Som en vigtig del af arbejdet er det nødvendigt at skabe omtale, synlighed og opmærksomhed om arbejdet. Vi arbejder med synlighed på følgende måde:

## PRISFEST

Hvert 2. år nominerer Dansk Beton en række partnerprojekter til at modtage "Bæredygtig Beton Prisen". Prisen uddeles ved en stor prisfest, der afholdes hvert 2. år. Næste gang er i 2020.

## KONFERENCER

Dansk Beton vil stå bag en større conference om bæredygtig beton. Her præsenteres konkrete projekter – både Dansk Beton Projekter – Partner Projekter og Udviklingsprojekter. Målet er at skabe international bevågenhed for derved at give Danmark en førerposition på know-how indenfor bæredygtigt betonbyggeri.

Bæredygtig Beton initiativet formidles i dagligdagen via portalen [www.bæredygtigbeton.dk](http://www.bæredygtigbeton.dk) og ellers i nyhedsbreve, via sociale medier, presseomtaler, debatoplæg, politiske møder, deltagelse i konferencer, osv.

---

**PARTNERPROJEKTER UNDER BÆREDYGTIG BETON INITIATIVET NOMINERES AUTOMATISK TIL BÆREDYGTIG BETON PRISEN.**

**FØLG MED I AKTIVITETERNE FRA BÆREDYGTIGBETON INITIATIVET PÅ [BÆREDYGTIGBETON.DK](http://BÆREDYGTIGBETON.DK)**

---



! ARMERING TIL BETON UDGØR FRA CA. 30 TIL 200 KG PR. M<sup>3</sup> BETON FOR HÅRDT ARMEREDE BETONKONSTRUKTIONER.

! EN TYPISK DANSK BETON TIL PASSIV MILJØPÅVIRKNING I STYRKEKLASSE 20 UDLEDER CA. 200 KG CO<sub>2</sub> PR. M<sup>3</sup>.

! I DANMARK PRODUCERES ÅRLIGT CA. 10 MIO TON BETON FORDELT PÅ FABRIKSBETON OG ELEMENTER SAMT BETONVARER SOM RØR, BELÆGNINGSSTEN OG BLOKKE.

# BETONBRANCHENS BASELINE ANNO 2019

Beton bliver anvendt til en lang række forskellige anvendelser og ofte benyttes de samme termer om forskellige anvendelser. For at differentiere termene, er der i denne publikation foretaget en opdeling mellem Anlæg/infrastruktur og byggeri.

## ANLÆG

Denne kategori inkluderer motorvejsbroer, havneanlæg, pumpestationer, vejanlæg, belægninger, kloakering og specialprodukter. Konstruktionstyperne udgøres eksempelvis af fundamenter, bundplader, brodæk, søjler, støttemure, kantsten, belægningssten, fliser, brønde, rør og brøndbunde.

## BYGGERI

Denne kategori er i figuren til højre underopdelt i 2 segmenter. Det ene segment forholder sig til større byggerier.

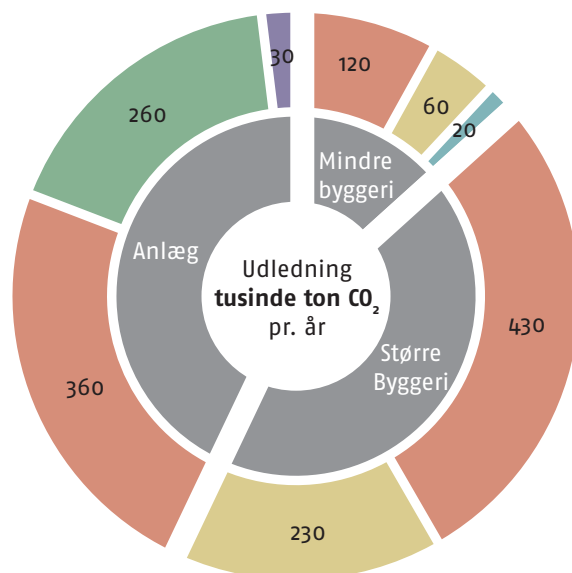
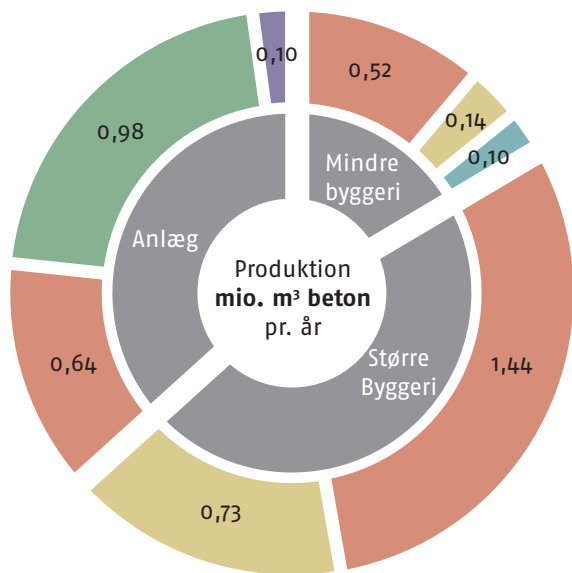
Dette inkluderer etageejendomme, lejligheder, kontorer, parkeringskældre, produktions- og sportshaller, hospitaler, skoler, hoteller, stadions, gyllebeholdere og stalde. Konstruktionstyperne udgøres eksempelvis af fundamenter, gulve, elementer – dæk, ribbeplader, vaffelplader, vægge, facader, søjler, bjælker, trapper, altaner, tagplader, skakte, L-elementer og spalteriste.

Det andet segment forholder sig til mindre boligbyggeri. Dette inkluderer parcelhuse, rækkehuse og beboelse op til 3-4 etager. Konstruktionstyperne udgøres eksempelvis af rendefundamenter, bloksten, isoleringsblokke, rilleblokke, udstøbningsblokke, gulve og letbetonelementer.

Figuren til højre viser en grafisk fremstilling af den årlige betonproduktion i Danmark målt på m<sup>3</sup> beton og CO<sub>2</sub>-udledning.







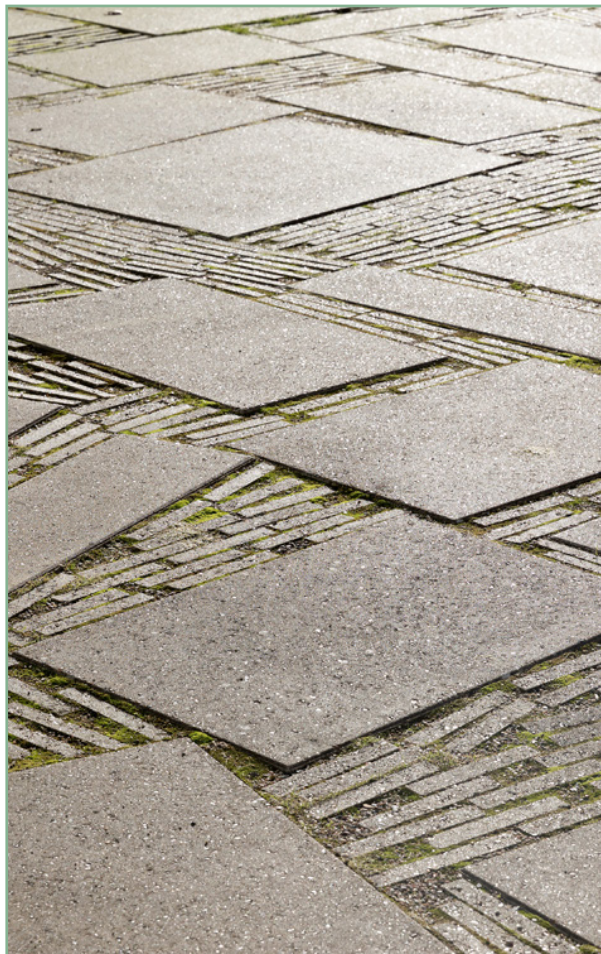
**Fabriksbeton**  
(beton leveret med rotervogn)

**Betonelementer**  
(præfabrikerede betonelementer)

**Betonblokke**  
(Blokprodukter i beton)

**Belægningssten**  
(belægningssten og fliser i beton)

**Afløb**  
(afløb og brønde i beton)



## PARTNERE OG ORGANISERING

Bæredygtig Beton Initiativet drives og styres af Branchefællesskabet Dansk Beton.

De deltagende partnere i Bæredygtig Beton initiativet ses på bæredygtigbeton.dk.

Bæredygtig Beton Initiativet er organiseret på følgende måde:

### STYREGRUPPE

Der er nedsat en styregruppe, som forholder sig til konkrete faglige aktiviteter med tilhørende økonomi. Styregruppen har det overordnede ansvar for fremdrift, økonomi samt formidlingsaktiviteter. Styregruppen konstitueres med en formand én gang pr. år.

### DANSK BETONS BESTYRELSE

Styregruppen for Bæredygtig Beton Initiativet er forpligtet til at indmelde status for initiativet og økonomi forbundet med drift af initiativet skal altid godkendes i Dansk Betons bestyrelse.

### DAGLIG LEDELSE

Branchedirektøren for Dansk Beton varetager den overordnede styring og daglige drift af Bæredygtig Beton Initiativet.

### PARTNERKOMITÉ

Partnerkomitéen sammensættes med en repræsentant fra hver aktør i værdikæden – dvs. bygherre, arkitekt, rådgiver, entreprenør og vidensinstitution. Partnerkomiteen består endvidere af formanden for styregruppen samt branchedirektøren for Dansk Beton. Partnerkomitéen har til opgave at vurdere indstillede partnerprojekter, igangsætte analyser, pege på tværgående mulige udviklingstiltag, bidrage til lobby og initiering af større fondsfinansierede udviklingsaktiviteter.

### AD HOC UDVIKLINGSGRUPPER

Der nedsættes ad hoc grupper til varetagelse af konkrete aktiviteter på alle tre niveauer af projekttyper.





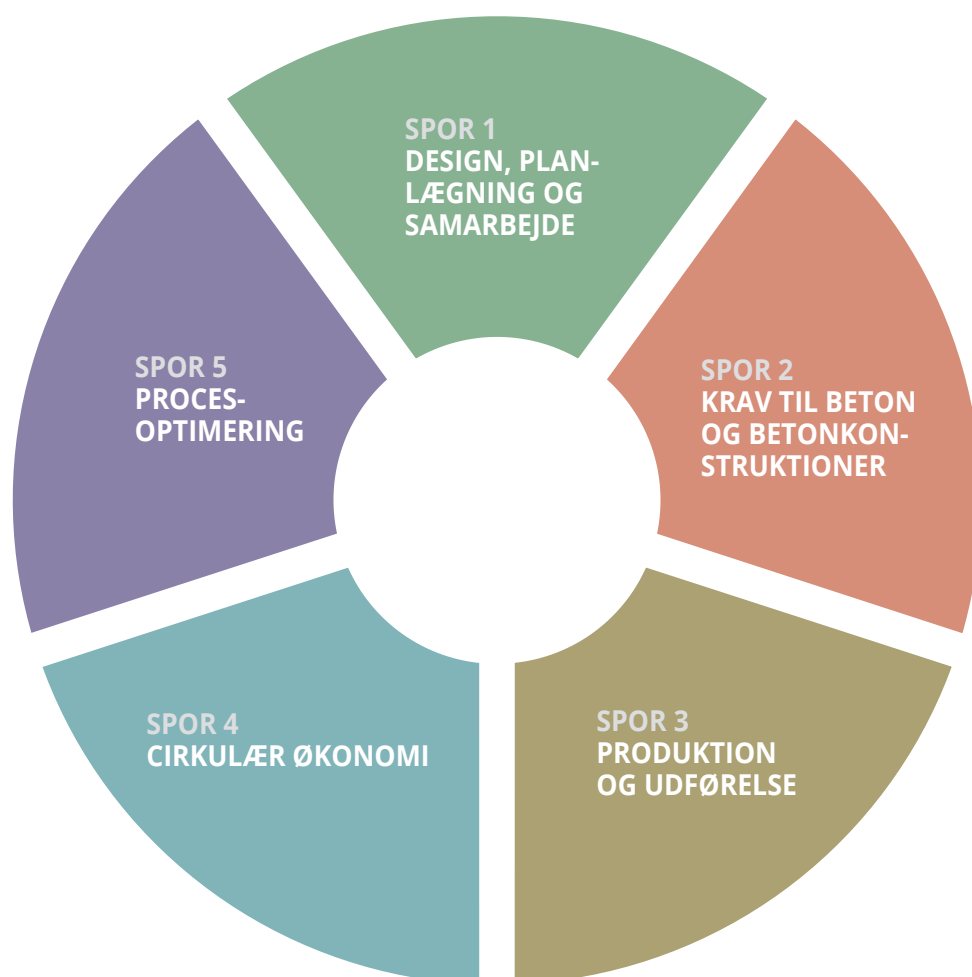
## BÆREDYGTIGE SPOR

Med udgangspunkt i debatoplægget "Bæredygtig optimering af betonkonstruktioner" udarbejdet af Teknologisk Institut og Rambøll for Dansk Beton i 2018 er der udpeget 5 overordnede spor for arbejdet med bæredygtige betoninitiativer. De fem spor er:

- Spor 1: Design, planlægning og samarbejde
- Spor 2: Krav til beton og betonkonstruktioner
- Spor 3: Produktion og udførelse
- Spor 4: Cirkulær økonomi
- Spor 5: Procesoptimering

For hvert spor er der identificeret et katalog med eksempler på mulige konkrete initiativer, som kan bidrage til at målsætningen for CO<sub>2</sub>-reduktion.

For hver aktivitet er der beregnet et overslag for CO<sub>2</sub>-potentialet og givet et bud på tidshorizonten for implementering.





## SPOR 1

# DESIGN, PLANLÆGNING OG SAMARBEJDE

---

Der er store muligheder for at reducere CO<sub>2</sub>-udledningen fra betonkonstruktioner ved i langt højere grad at tænke det tidligt ind i faserne vedrørende design, planlægning og samarbejde. Mulighederne findes blandt andet gennem udvikling og implementering af nye værktøjer til optimering af betonkonstruktioner.





I dag bygges langt mere komplekst end i fx 1960erne. Der er efterspørgsel efter at udnytte mulighederne for at tegne og dimensionere mere komplekse konstruktioner for at skabe bygninger med større rum og fleksibilitet. Derfor presses betonkonstruktioner mere til grænsen for at få længere spænd og slankere konstruktioner. Det stiller højere krav til armering og beton og de stigende styrke- og armeringskrav til mere spektakulært byggeri vurderes at smitte af på "standardbyggeriet", hvor der ser ud til at være en tendens til at armeringsmængder og -dimensioner er blevet øget.

Undersøgelser peger på at der er store muligheder for at reducere CO<sub>2</sub>-udledningen fra betonkonstruktioner ved i langt højere grad at tænke det tidligt ind i forbindelse med design og planlægning. Det omfatter bl.a. optimering af konstruktionselementer og brug af nyeste viden, designværktøjer og materialer. Der udvikles f.eks. hele tiden på digitale værktøjer og beregningsmetoder, som gør det muligt at optimere på materialeforbruget til betonkonstruktioner. Der er store besparelser af hente og værktøjerne og datakraften er til stede. Nye teknologier, som 3D printede konstruktioner har også potentiale til på langt sigt at skabe materialeoptimerede konstruktioner, hvor materialeforbruget via nye produktionsteknologier potentielt kan reduceres markant.



## CO<sub>2</sub>-MÅLSÆTNING

At nye designmetoder og samarbejdsformer kan bidrage med minimum 150.000 ton CO<sub>2</sub>-reduktion svarende til ca. 20 procent af branchens samlede målsætning for CO<sub>2</sub>-reduktion frem mod 2030.





## KATALOG OVER MULIGE INITIATIVER

### 1.1 Materialebesparende bagvægge og facadeelementer

Generel optimering af specielt bagvægge og facadeelementer kan spare materialer og tilføje værdi i form af ekstra boligkvadratmeter. Det fravælges i dag ofte pga. produktionstekniske hindringer og pris i forhold til fremstilling af de traditionelle plane elementer. Der er brug for indsatser der samler branchen, hvis optimerede designløsninger skal i anvendelse herunder mere promovning og en vurdering af, hvad optimerede elementer må koste i forhold til den bæredygtighedsværdi de skaber.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **15 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2024**

### 1.2 Automatisk design og optimering af hver enkelt konstruktionselement

Automatiserede designmetoder vil fremme mulighederne for at regne og optimere på de enkelte konstruktionselementer og samlinger i stedet for at de hårdst belastede konstruktionselementer bliver dimensionsgivende for hele konstruktionen. Udvikling af automatiske designværktøjer vil bidrage til en højere grad af differentiering i betonstyrker, armeringsbehov, udformning af elementer og samlinger. Det vil medvirke til at undgå unødige overkapacitet og dermed reducere den samlede miljøbelastning.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **50 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2026**

### 1.3 Implementering af topologioptimeringsværktøjer i betonindustrien

Topologioptimeringsværktøjer udbredes mere og mere i industrien til at designe komponenter der er optimeret i forhold til funktionsegenskaber og materialeforbrug. Videreudvikling og anvendelse af disse værktøjer til anvendelse i byggeriet kan bidrage til optimering af betonelementers formgivning og armering. Det vil skabe helt nye arkitektoniske udtryk og reducere materialeforbruget. Det kræver dog, at produktionsapparatet følger med for at kunne realisere betonelementer med fri formgivning og "organisk" armering.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **20 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2027**

### 1.4 Udvikling og øget anvendelse af lettere konstruktionsbeton

Letklinkerbeton og gasbeton anvendes hyppigt i mindre byggeri, men ikke ret ofte i større, mere krævende og komplekst byggeri. Udvikling af lettere konstruktionsbeton til bredere anvendelse kan medvirke til at reducere konstruktionens egenvægt og dermed bidrage til at reducere mængden af beton og armering. Lavere vægt kan også medføre forbedret isolerings- og brandmodstandsevne samt reducere transportomkostninger og dieselforbrug.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **50 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2025**

### 1.5 Reduktion af styrkeklassen for in-situ beton under terræn

Der anvendes relativt store mængder beton under terræn. Der er tendens til at ex. fundamenter i dag bliver klassificeret med højere miljøklasser og styrkeklasser end tidligere. Der er muligheder for at reducere CO<sub>2</sub> ved i højere grad at differentiere de krav der stilles til beton under terræn med udgangspunkt i specifik anvendelse. Ex. kan uarmeret grovbeton med lavere miljøaftryk anvendes i visse tilfælde i stedet for konstruktionsbeton.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **50 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2021**

### 1.6 Fra lineær elastisk til plastisk beregning

Plasticitetsteorien giver muligheder for at reducere armeringsmængden vha. omfordelinger af snitkræfter. Eksempelvis i vægge, som ofte indeholder armering udover det bæreevnemæssige nødvendige pga. dørhuller og gennemføringer. En reduktion af armeringen har imidlertid indflydelse på konstruktionens robusthed, fleksibilitet og udnyttelsesgrad. For implementering og anvendelse af nyeste designværktøjer kræver det at normerne understøtter brugen af nye beregningsprincipper.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **40 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2020**

### 1.7 Øget anvendelse af efterspændte konstruktioner i byggeriet

Efterspænding af konstruktioner ses som en mulighed for at imødekomme behovet for mere komplekse og fleksible bygninger. Det mindsker eller minimerer behovet for stabiliserende vægge, søjler og bjælker. Teknikken anvendes oftest for at opnå høje spændvidder, men kan også bruges til at reducere mængden af materiale. Der kan bl.a. opnås stor stabilitet ved efterspænding af bygningskerner og in-situ støbte etagedæk. Teknikken har i mange år været anvendt til broer for at opnå stor spændvidde og opfylde revnekrav.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **20 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2021**

### 1.8 CO<sub>2</sub>-akkumulerende beton

Beton optager CO<sub>2</sub> gennem levetiden, og det går hurtigere på flader med mere åben struktur og større overfladeareal. Det sker gennem en karbonatiseringsproces, hvor CO<sub>2</sub> reagerer med faser i cementpastaen og danner kalk. En del af den CO<sub>2</sub>, der er kemisk afgivet under fremstilling af cement, kan optages igen. Det er svært at estimere, hvor meget CO<sub>2</sub> der hvert år optages af den eksisterende bygningsmasse igen, men det er sandsynligvis i størrelsesordenen +100 tusinde ton CO<sub>2</sub>. Der er brug for designregler og retningslinjer for hvordan dette i højere grad kan udnyttes, både i konstruktioners levetid ved at tænke i måder at øge overfladearealet, og i forbindelse med nedknusning af beton.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse (fra opførelse af nye bygninger og nedknusning af 2 mio ton. årlig betonaffald): **20 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2025**

### 1.9 Varmeakkumulerende beton

Hærdnet beton har gode varmeakkumulerings egenskaber og kan i højere grad end i dag udnyttes til at nedbringe energiforbruget i bygningerne. Der er brug for at tænke de tunge bygninger sammen med varme og energisystemerne i bygningerne i fremtiden, således at betonen i højere grad kan udnyttes termisk. Eksempelvis ligger der et (dog ukendt) potentiale i at kombinere betonfundamenter, betonpæle med udnyttelse af jordvarme.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **15 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2025**

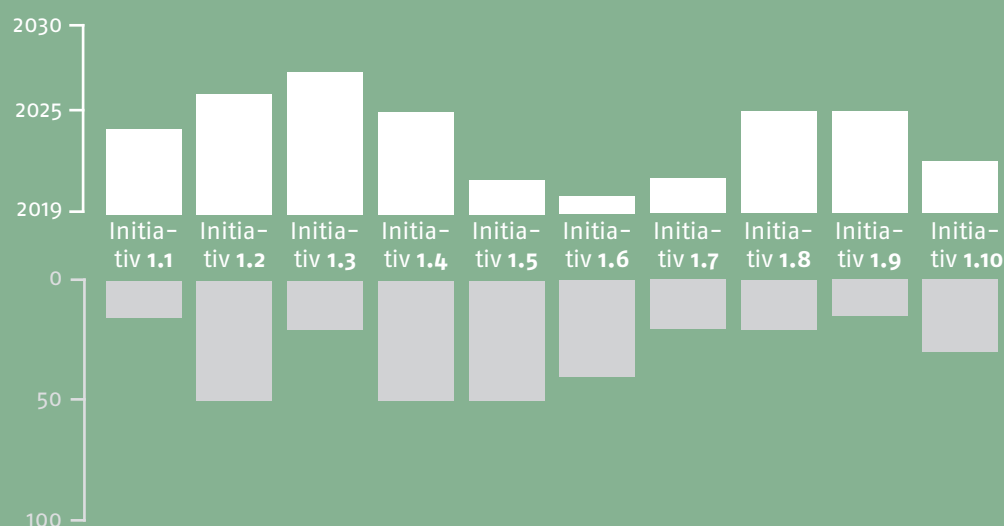
### 1.10 Tidlig inddragelse af alle parter

Bæredygtig optimering vanskeliggøres ofte pga. pres på økonomi og tid og til tider utilstrækkeligt samarbejde. Tidspres kan føre til overdimensionering, uhensigtsmæssig planlægning og udførelsesfejl. Eksempelvis ved at planlægge in-situ arbejdet til sommerhalvåret og elementarbejdet til vinterhalvåret. Derudover kommer de bæredygtige løsninger oftest først på bordet, hvis byggeriets parter samles tidligt i forløbet.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **30 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2022**



Tusinde ton CO<sub>2</sub>





## SPOR 2

# KRAV TIL BETON OG BETONKONSTRUKTIONER

---

Design af betonkonstruktioner er reguleret af de til enhver tid gældende normer og standarder. De krav der stilles til styrker, armering, betonsammensætning etc. har som det primære formål at sikre, at betonkonstruktioner er holdbare og sikre at færdes i. På den anden side er der eksempler på, at mulighederne for at reducere betonkonstruktioners CO<sub>2</sub>-udledning begrænses i standarderne.





Normer og standarder regulerer design af betonkonstruktioner, herunder valg af armering og beton. Derudover kan der være krav i projektspecifikationer og fra entreprenøren, som har indflydelse på valg af materialer. Kravene til valg af delmaterialer og sammensætning af beton sikrer, at der opnås en tilfredsstillende holdbarhed og den forventede designlevetid. Heri ligger der et grundlæggende forsigtighedsprincip, og med god grund, over de muligheder der tillades for valg af delmaterialer og sammensætning af beton til forskellige eksponeringsklasser. Men i takt med stigende pres på at bygge mere bæredygtigt betyder det også et pres på at optimere betonkonstruktioner i forhold til bl.a. CO<sub>2</sub>-udledning. Spørgsmålet er, om de stillede krav er unødvendigt skrappe, så der bruges større mængder, højere styrker og mere armering end nødvendigt.

En anden udfordring er, at standardiseringen ofte pågår meget langsomt og at det sjældent er tænkt ind i udviklingsprojekter, om teknologien og løsningerne kan implementeres i lovgivningen. Der er flere eksempler på super visionære projekter, hvor løsningerne aldrig er kommet i spil, fordi det ikke er blevet implementeret i normer og standarder.



## CO<sub>2</sub>-MÅLSÆTNING

At ændringer, justeringer og nye tilføjelser i gældende normer og standarder kan bidrage med minimum 125.000 ton CO<sub>2</sub>-reduktion svarende til ca. 15 procent af branchens samlede målsætning for CO<sub>2</sub>-reduktion frem mod 2030.





## KATALOG OVER MULIGE INITIATIVER

### 2.1 Fjerne barrierer i normer og standarder

Der er i dag barrierer i normer, standarder og projektspecifikationer, som begrænser mulighederne for at reducere CO<sub>2</sub>-udledningen. Eksempelvis indeholder normgrundlaget en del minimumskrav til armeringen, som kan hæmme optimeringen af specielt de le-tarmede konstruktionsdele (fundamenter, terrændæk mv.) Derudover er der krav til valg af delmaterialer og betonsammensætning, som kan hæmme implementering af nye delmaterialer og nye betonsammensætninger. Der er brug for en kortlægning af barrierer og langt større aktivitet på standardiseringsområdet for at skabe dokumentation for at ændre på kravene.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **40 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2027**

### 2.2 Specifikation af betons styrke til 28, 56 og 91 døgn

Mange betoner har en øget styrketilvækst efter 28 modenhedsdøgn, som kan udnyttes til at reducere CO<sub>2</sub>-aftrykket ved at specificere trykstyrken til senere terminer. Det gælder særligt for betoner med høje indhold af mineralske tilsætninger, som ofte har en langsommere styrkeudvikling. En analyse underbygget med specifikke forsøgsresultater kan være med til at kortlægge potentialet for forskellige betontyper med forskellige delmaterialer og betonsammensætninger som grundlag for implementering i kravspecifikationer.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **65 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2021**

### 2.3 Dansk system for CO<sub>2</sub>-klasser

Inddeling af beton i CO<sub>2</sub>-klasser kan være en vej til at skabe bedre muligheder for arkitekter og rådgivere til at vælge de mest bæredygtige betontyper. I Norge og Sverige har man indført lignende systemer. Så opgaven er at udvikle et system som letter valget af materialer for arkitekter og rådgivere og som samtidig er operationelt i Danmark og danske forhold i produktionen.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **40 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2022**

### 2.4 Funktionsbaserede krav

I dag anvendes der erfaringsbaserede materialekrav til beton afhængig af styrkeklasse og eksponeringsklasse. Der er krav til kvaliteten af delmaterialer og overordnet sammensætning af betonen, herunder bl.a. cementtype, vand-cement-tal, minimum cementindhold, luftindhold mm. Disse krav er et resultat af mere end 30 års danske erfaringer. Betonproducenter sammensætter i dag betoner indenfor rammerne heraf, men oplever en stigende efterspørgsel på funktionsbaserede betoner, som har egenskaber der går udover det, som er obligatorisk at foreskrive. Fx betoner som er egnet til glitning, hurtig udtørring, lodrette støbninger eller særlig god til huldækfuger. Funktionsbaserede krav til beton, baseret på





målte egenskaber, kan åbne muligheder for at for at designe betoner med lavere miljøaftryk. Det anvendes dog kun meget sjældent, da det medfører større usikkerhed dels pga. manglende erfaring med betonernes holdbarhed og dels pga. ansvarsforhold. For at et funktionsbaseret koncept kan blive operationelt vil det kræve en systematik og viden omkring den prøvning og dokumentation, der er nødvendig fra producentens side.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **90 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2025**

### 2.5 Nedbringe mængden af armering ved øget anvendelse af stålfiberarmeret beton

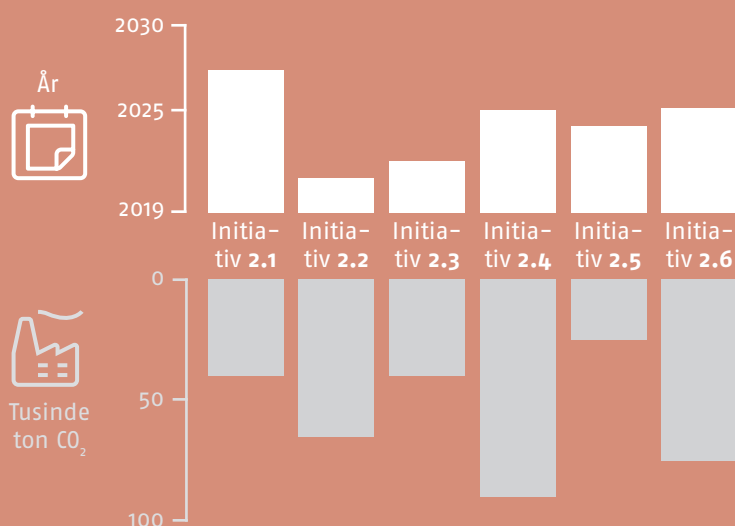
Fiberarmering kan potentielt erstatte noget af den traditionelle armering til visse konstruktionstyper såsom terrændæk og fundamenter. Udfordringen er dog, at projekteringsgrundlaget i Eurocode 2 ikke understøtter andre armeringstyper end armeringsstænger af ribbestål. Rådgivere vil ikke tage ansvaret, og der er ikke et økonomisk incitament til at løbe denne risiko. I dag kommer dokumentationen således ofte fra fiberproducenten ud fra producentens egne designregler. Danmark er pt. ikke repræsenteret i det europæiske normarbejde for stålfiberarmeret betonkonstruktioner. Der bør udvikles og implementeres et grundlag for at udnytte stålfiberarmeret beton i Danmark.

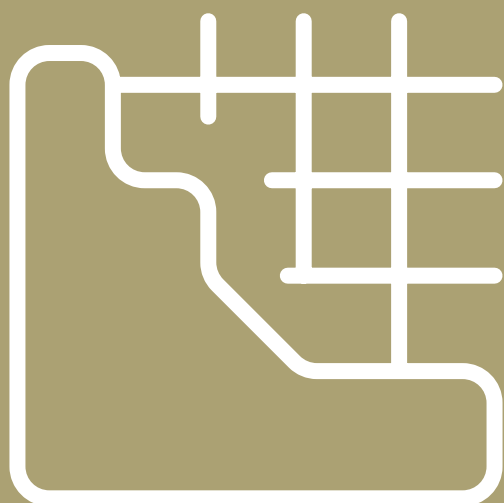
- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **25 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2024**

### 2.6 Adskillelse af eksponerings- og styrkeklasse

I Danmark er der tradition for at styrkeklasse og eksponeringsklasse følger hinanden, hvilket er et operationelt og velfungerende system. I visse tilfælde kan der dog være muligheder for bæredygtig optimering ved at adskille de to krav fx kan der være brug for høj styrke uden at betonen er udsat for et hårdt eksponeringsmiljø. Det kan give producenter mere frihed til at sammensætte betoner med lavere miljøaftryk.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **75 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2025**





## SPOR 3

# PRODUKTION OG UDFØRELSE

---

Der er mange processer og aktører involveret i produktionsfasen for at levere betonbyggeri til tiden og med den rette kvalitet. Danmark er vant til at arbejde med optimering af betonrecepter og anvendelse af alternative delmaterialer som kan nedbringe cementindholdet i betonen.



Betonkonstruktioner til byggeriet består af en blanding af in-situ støbt beton og betonelementer. Der er mange processer og aktører involveret i produktionsfasen for at levere betonbyggeri til tiden og med den rette kvalitet.

Danmark er vant til at arbejde med optimering af betonrecepter og anvendelse af alternative delmaterialer som kan nedbringe cementindholdet i betonen. Fx har flyveaske været brugt siden 1980'erne og har medvirket til at danske betoner i sammenligning med andre lande typisk udleder mindre CO<sub>2</sub>. Markedet for cementer og delmaterialer til beton udvikler sig imidlertid hele tiden, og lige nu kigger vi ind i en kritisk mangel på kulfyret flyveaske.



## CO<sub>2</sub>-MÅLSÆTNING

At ændrede produktions- og udførelsesprocesser og indførelse af mere miljøvenligt produktionsudstyr på fabrikker og på byggepladser kan bidrage med minimum 350.000 ton svarende til ca. 45 procent af branchens samlede målsætning for CO<sub>2</sub>-reduktion frem mod 2030.





## KATALOG OVER MULIGE INITIATIVER

### 3.1 Udvikling og implementering af nye cementtyper

Det er cementen i betonen som er den primære bidragsyder til betonens samlede CO<sub>2</sub>-aftryk. Derfor er der også stor fokus på at udvikle nye cementtyper med reduceret CO<sub>2</sub>-aftryk. Futurecem er en ny cementtype udviklet af Aalborg Portland, som forventes lanceret i 2020. Det kræver dog ændring af de danske standarder for at kunne anvende denne cement i Danmark. Der kunne være andre cementtyper som skal udvikles eller implementeres på det danske marked.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **250 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2020-2030**

### 3.2 Transportoptimering af beton til byggepladsen

Leveringsproblemer og forsinkelser under transport og støbning betyder ressourcespild og unødvendig kassation bl.a. når betonens modenhed er overskredet. Det har entreprenører og betonleverandører meget fokus på, men der vurderes at være potentiale for optimering. Eksempelvis gennem udvikling af et forbedret logistiksystem, hvor bestiller og leverandør kan kommunikere direkte omkring leveringstidspunkt, -sted og -mængder. Værktøjer der kan styre støbetakter og logistik meget præcist og som giver et tydeligt og overskueligt overblik over situationen på byggepladsen. Det kan bl.a. inkludere anvendelse af intelligente droner, der med visualisering og dataudveksling understøtter støbeprocessen.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **1,5 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2025**

### 3.3 Entreprenørens differentierede betonvalg

Blandt producenter og entreprenører er der en opfattelse af, at mange entreprenører er meget pressede på tid og ofte vælger den samme beton af høj kvalitet til det hele, da det er den nemmeste og hurtigste løsning. Der er ofte ikke det store økonomiske incitament til at differentiere betonvalg. Derudover vil højere grad af differentiering stille højere krav til kvalitetsstyringen.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **50 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2022**

### 3.4 Bæredygtig adfærd i produktion og på byggeplads

Transport af beton medfører direkte miljøpåvirkninger samt andre miljøgener – støj og støv. Der peges på, at det kan reduceres ved forbedret logistikplanlægning og chaufføruddannelse. Der er meget inspiration at hente fra den øvrige transportbranche. Der peges på fordelene ved, at chauffører gennemfører kørekurser med fokus på sikkerhed, effektivitet og brændstofbesparelser. Hos entreprenører peges på, at der er mulighed for at reducere ressourcespild og øge effektiviteten gennem indsamling og analyse af data og erfaringer fra store og små støbninger.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **4 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2023**

### 3.5 Reduktion af cement- og klinkerindhold

Optimering af betonrecepter foregår løbende ud fra pris, ydeevne (styrke) og af produktionshensyn (afformning, opspænding, løft, transport, udførelse etc.) indenfor betonstandardens regler. Det vurderes, at der er muligheder for, at miljøhensyn i højere grad indgår i receptoptimeringen af både elementbeton og færdigblandet beton. Af muligheder peges bl.a. på, at udnytte grænserne for tilsætning af SCM materialer som delvis erstatning for cementklinker, øget brug af pakningsberegninger til at optimere cementindholdet og anvendelse af skræddersyede additiver. Grønnere betoner kan dog have konsekvenser for betonens egenskaber, herunder bl.a. betonens bearbejdighed og dens tidlige styrke. Som eksempel er nedenstående beregning af CO<sub>2</sub>-potentialet baseret på, at der kan spares 5 procent CO<sub>2</sub> for alle betoner i Danmark.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **70 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2021**

### 3.6 Materialebesparelse med digital fabrikation

Der er en generel opfattelse af, at digital fabrikation og automatisering af elementbyggeriet ud fra 3D modeller kan være med til at øge bæredygtigheden. Flere projekter har allerede vist mulighederne for at udnytte digital fabrikation og nye forskallingsmaterialer til at opnå større frihed til produktion af betonelementer med nye former og udtryk.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **50 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2024**

### 3.7 Mindre pumpning af beton

Der er en tendens til at beton pumpes i højere og højere grad end tidligere. Det har alt andet lige betydet at pastamængden i betonen er øget for at kunne producere betoner, der kan pumpes. Der ligger et potentiale i at optimere på betoner der skal pumpes for at nedbringe pastamængden, men der ligger også et potentiale i at prøve at begrænse anvendelsen af pumpebeton fx til store fundamenter og andre steder, hvor betonen måske godt kan udlægges med bånd.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **35 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2025**

### 3.8 Optimeret brug af data, sensorer mv.

Der findes muligheder for betonbranchen i at optimere produktion og udførelse ved smart og øget brug af data og sensorer. I dag er betonbranchens virksomheder blandt de virksomheder i Danmark, som besidder allerflest data. Fx kan udnyttelse af nyeste værktøjer til databehandling, som deep learning algoritmer, potentielt være med til at finde hidtil ukendte mønstre og sammenhænge, der kan bidrage til at optimere produktion og udførelse, sammensætning af beton, spild, transport etc.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **10 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2024**

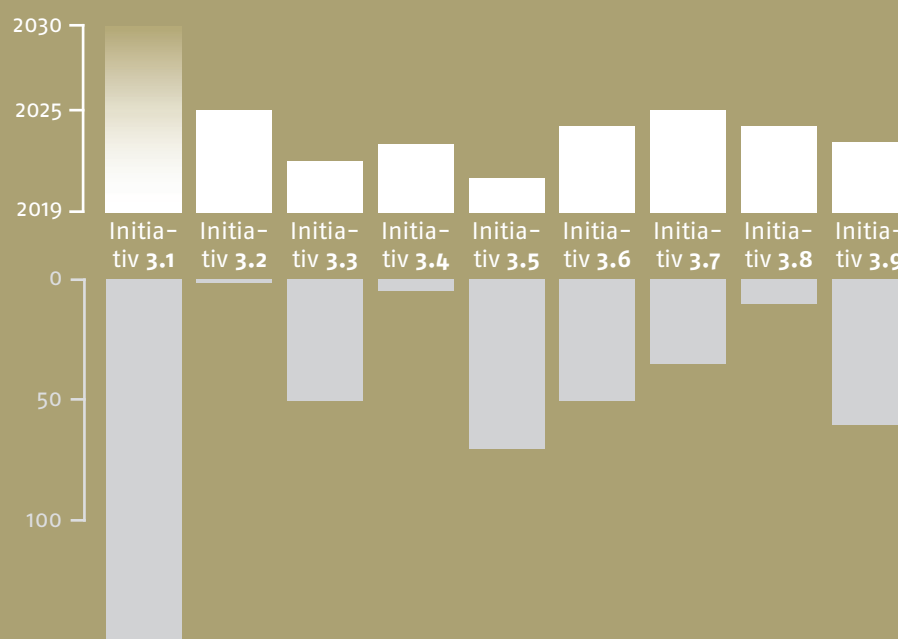
### 3.9 Fordoblet levetid af betonbelægninger

I Danmark produceres knap 1 mio m<sup>3</sup> beton som anvendes til fremstilling af fliser og belægningssten. Levetiden af en betonbelægning er afhængig af kvaliteten men i ligeså høj grad af udførelsen af belægningen, herunder opbygning af bærelag, udførelse af fuger osv. Der findes i betonbranchen stor viden om, hvordan man sikrer lang levetid af betonbelægninger, men det vurderes af halvdelen af alle belægninger bliver lagt forkert med forkortet levetid som resultat. Der ligger et potentiale i at sikre, at fliser og belægninger i beton udføres i henhold til gældende vejregler, standarder og vejledninger. Potentialet vurderes til at være en fordobling af levetiden på halvdelen af alle belægningsopgaver.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **60 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2023**



Tusinde ton CO<sub>2</sub>





## SPOR 4

# CIRKULÆR ØKONOMI

---

Cirkulær økonomi handler om at sikre vores råstofforsyning til de fremtidige generationer. Det kræver, at vi bl.a. begynder at bruge vores gamle betonbygninger til fremstilling af nye. Det kan ske ved genanvendelse af nedknust beton til fremstilling af ny beton, genbrug af hele konstruktionselementer og ved i højere grad af udnytte og bevare det eksisterende råhusbyggeri. Dermed er der potentiale for at spare både jomfruelige materialer og CO<sub>2</sub>.





De seneste år har genbrug, genanvendelse og cirkulær ressourceudnyttelse og -økonomi været på dagsorden hos myndigheder, politisk, på uddannelsessteder og i branchen. På betonområdet er der gennemført en række demonstrationsprojekter, som viser, at genanvendelse og genbrug af beton er muligt. Nogle affaldshåndteringsvirksomheder er godt i gang med at processere og få godkendt gammel beton som råmaterialer til fremstilling af ny beton.

På tilsvarende måde har betonproducenter bl.a. gennem Nulspildsprojektet (2018) arbejdet med at udvikle procedurer for at genanvende spild fra egen produktion. Der genereres mellem 2-8 procent spild på danske betonfabrikker. Beton er stort set ikke et spildprodukt på byggepladser i modsætning til mange andre byggematerialer. Mulighederne i at designe fleksible bygninger, som nemt kan skilles ad og genanvendes til nye byggerier udforskes og udvikles i disse år og giver store muligheder for materiale- og CO<sub>2</sub>-besparelser på den lange bane. På den korte bane er der muligheder for at se på udnyttelse af hele konstruktionselementer fra den eksisterende bygningsmasse - fx bjælker, søjler og dæk - til opførelse af nye bygninger.



## CO<sub>2</sub>-MÅLSÆTNING

At implementering af den cirkulære økonomi kan bidrage med minimum 35.000 ton CO<sub>2</sub>-reduktion fra betonbyggeri svarende til ca. 5 procent af branchens samlede målsætning for CO<sub>2</sub>-reduktion frem mod 2030.





## KATALOG OVER MULIGE INITIATIVER

### 4.1 Implementering af nulspildsløsninger på samtlige betonfabrikker i Danmark.

I Nulspildsprojektet gennemført i 2018 er det vist, at det er muligt at få genanvendt det restbeton, som genereres på fabrikkerne i produktionen. Spildprocenten ligger i 2018 ca. på 2 procent for fabriksbeton og produktion af betonvarer, hvor den er noget højere ca. 8 procent ved fremstilling af huldæk på elementfabrikker. Flere fabrikker er begyndt at introducere løsningerne, der gør det muligt at tage materialet ind i produktionen igen. Der er dog stadig udfordringer med fx håndtering af finstof, variationer i produktioner som kræver videreudvikling og bedre procedurer.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **1 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2021**

### 4.2 Fleksible og holdbare konstruktioner

Der ses et pres på vores ressourcer, hvorfor det er vigtigt at vi fremover tænker fleksibilitet og lang levetid ind i vores konstruktioner. Betonbygninger som let kan ombygges til fremtidens behov for boliger vil spare ressourcer og CO<sub>2</sub>, hvis betonkonstruktionerne kan bestå og transformeres fremfor at blive revet ned og genanvendt til veje eller ny beton. Der er derfor behov for at udvikle nye konceptuelle løsninger for betonbygninger med ekstra lang holdbarhed og stor fleksibilitet.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **25 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2021**

### 4.3 Genbrug af hele konstruktionselementer fra eksisterende bygninger

Langt størstedelen af den beton som rives ned i dag bliver fragtet til affaldsstationer, hvor den nedknauses. Der er dog et potentiale for at se på at udnytte eksisterende konstruktionselementer til opførelse af nye bygninger. Dermed spares både materialer og CO<sub>2</sub> til fremstilling af nye konstruktionselementer. Det er dog ikke uproblematisk og der rejser sig en række spørgsmål, fx: Hvordan skal de nedtages og indbygges i nyt byggeri? Lever de op til gældende normer og standarder? Hvordan er kvaliteten og hvordan skal den dokumenteres? Hvem påtager sig ansvaret? etc.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **15 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2025**



#### 4.4 Udvikling af koncepter for design til adskillelse

"Design for adskillelse" har et stort potentiale for at spare ressourcer og CO<sub>2</sub> i fremtidigt byggeri og der er allerede nu eksempler på udviklings- og demonstrationsprojekter som fx Circle House. Der efterspørges byggerier, som giver en stor grad af mulighed for at udnytte de indgående byggekomponenter uden at introducere nye ressourceforbrug. Det er afgørende at produkter og materialer som er designet til adskillelse bliver belønnet i miljøvaredeklarerationer, således at effekten af at produkterne kan gennemgå mange livscyklertilskrives aftrykket på produktet. Dvs. der er brug for at beregninger fremover dækker mere end blot den første livscyklus. 3D printteknologier er også en teknologi som er interessant her, da 3D print løsninger kan udvikles til at kunne adskilles igen også i unik formgivning.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse **35 tusinde ton** (høstes i fremtiden når bygningens konstruktionsdele genbruges til opførelse af nye bygninger), estimeret implementeringsår: **2025**

#### 4.5 Anvendelse af nedknust genanvendte betontilslag

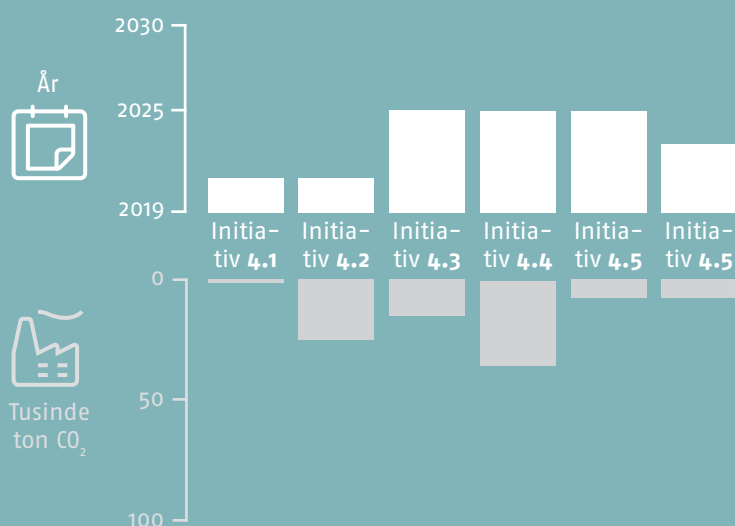
Anvendelse af nedknust genanvendte betontilslag som tilslag i lavkvalitetsbetoner i de byer med størst pres på de naturlige ressourcer. Flere affaldshåndteringsvirksomheder er begyndt at oparbejde affaldsbeton til nye råmaterialer til anvendelse i beton. Sådanne produkter skal fremmes yderligere og metoder for betonindustrien til at anvende disse produkter skal udvikles og implementeres.

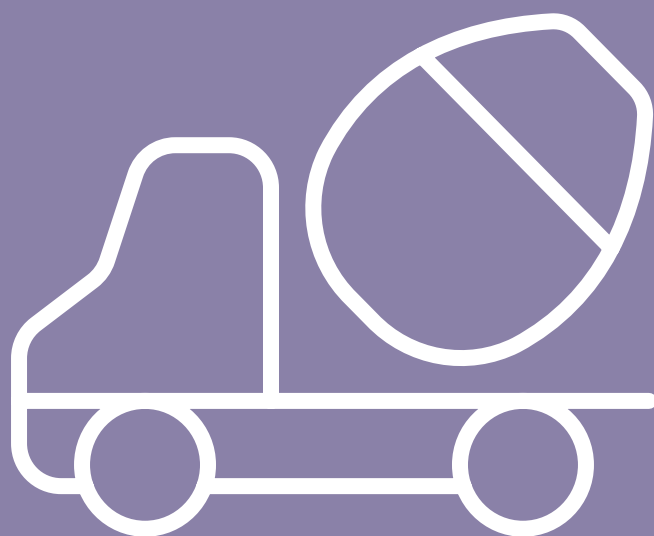
- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **7,5 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2025**

#### 4.6 Klassificeringssystem af betoner med genbrug

Flere og flere kommuner og bygherrer ønsker at benytte materialer, som er helt eller delvist baseret på genanvendte materialer. I betonindustrien leveres i dag beton med genbrugsmaterialer i på lige fod med almindelig beton uden genbrugsmaterialer. Dette skyldes at sådanne betoner har skal leve op til de samme krav som beton uden genbrug skal leve op til. Men for at skabe en større efterspørgsel på sådanne betontyper og for at skabe et endnu større incitament hos betonvirksomhederne til at købe genbrugstilslag og til at anvende sit eget spildmateriale, er der behov for at udvikle et klassifikationssystem, som gør det let tilgængeligt for rådgivere og arkitekter at foreskrive løsninger baseret på genanvendelse.

- Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **7,5 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2023**





## SPOR 5 PROCES- OPTIMERING

---

Produktionsapparatet, maskiner, køretøjer – betonindustrien er en tung industri – også i forhold til det maskinel der anvendes. Det bidrager alt sammen til betonbranchens samlede CO<sub>2</sub>-udledning. Udsiftningen er i gang på fabrikker og på byggepladser, men gevinster og muligheder skal kortlægges og implementeres.





Udskiftning af diseldrevne køretøjer med eldrevne, udskiftning af maskiner med højere effektivitet og lavere energiforbrug, større betonbiler, som kan transportere mere materiale, muligheder for optimeret kørsel osv. Det er alt sammen tiltag som er i gang, og som har en betydelig påvirkning på betonbranchens samlede aftryk. På tilsvarende vis er der processer på byggepladser vedrørende håndtering af beton, som kan optimeres for at nedbringe CO<sub>2</sub>-udledningen.



## CO<sub>2</sub>-MÅLSÆTNING

At den grønne omstilling i produktionsapparatet, og på byggepladserne for de processer der vedrører betonbyggeriet, kan bidrage med minimum 25.000 ton CO<sub>2</sub>-reduktion svarende til ca. 3 procent af branchens samlede målsætning for CO<sub>2</sub>-reduktion frem mod 2030.





## KATALOG OVER MULIGE INITIATIVER

### 5.1 Udskift af dieseldrevne lastbiler, betonkanoner og trucks på fabrikker

Der anvendes en del maskiner i betonindustrien i form af trucks, betonpumper, betonkanoner, lastbiler, osv. osv. Der kører eksempelvis ca. 600 betonkanoner i Danmark med leverancer af færdigblandet beton. Der sker en stor udvikling i udvikling af eldrevne køretøjer også til erhvervskørsel, og her ligger også et potentiale for betonindustrien i at udskifte maskiner fra dieseldrevent til eldrevent.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **40 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2026**

### 5.2 Dispensation for køre-hviletidsbestemmelser for transport af frisk beton

Betonkanonerne er underlagt køre-hviletidsregler til trods for at andre lignende transportere er fritaget. Beton har en meget begrænset holdbarhed, og kan derfor sammenlignes med letfordærlige varer, som er fritaget for køre-hviletidsreglerne. En betonkanon skal holde cirka en times pause om dagen fordelt på tre forskellige pauser, hvilket i dagligdagen gør, at de fleste fabrikker har flere biler tilknyttet end nødvendigt. Alle fabrikker kunne reducere deres daglige flåde med skønnet 10-15 procent, hvis betonkanonerne bliver fritaget for køre-hviletidsreglerne. Fritagelse fra køre-hviletidsreglerne vil betyde færre biler på vejene og dermed mindre udledning af CO<sub>2</sub>. Beton skal leveres på byggepladsen inden der er gået 90 minutter (om sommeren af og til inden 60 minutter) og derfor kan pauser på 15 minutter og 30 minutter, som køre-hviletidsreglerne foreskriver, betyde at hele læs beton bliver kasseret med stort ressourcetab til følge.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **2,5 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2022**





### 5.3 Uddannelse af maskinførere

Uddannelse af maskinførere kan medvirke til at hele kæden af medarbejderne i produktionen bidrager med bæredygtige initiativer. En dygtig og veluddannet maskinfører er bevidst om, hvilke muligheder der er for at producere belægningssten, fliser og blokke ved at udnytte en korrekt indstilling af blokstensmaskine. Først og fremmest gælder det om at undgå kassationer i produktionen, da kasserede produkter kræver ekstra energi at knuse ned for at indgå som produkt til andre formål. Dernæst kan en korrekt indstillet maskine også betyde reduktion af cementindholdet, hvilket igen giver en lavere CO<sub>2</sub>-belastning ved det færdige produkt. Derfor er uddannelse af maskinførere også en del af løsningen for at nå i mål med Bæredygtig Beton initiativet.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **2,5 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2023**

### 5.4 Større totalvægt på betonbilerne ifm. transport

Transport er en ret væsentlig faktor for den samlede CO<sub>2</sub>-udledning i forbindelse med levering af beton. Betonkanonerne – hvori betonen opbevares under transporten frem til byggepladsen – kan sagtens rumme en større mængde end tilfældet er idag. Begrænsningen ligger derfor ikke i selve volumen af tromlen, men i regler om totalvægt og akseltryk på lastbilerne. Hvis lastbilerne får lov til at laste mere – altså med andre ord have flere kubikmeter med på hvert læs – så vil CO<sub>2</sub>-udledningen på hver udkørt m<sup>3</sup> beton kunne reduceres. Langt de fleste leverancer bliver nemlig kørt ud med maksimal last altså fx 10 m<sup>3</sup> på et læs. Ved en støjning på fx 200 m<sup>3</sup> vil man istedet for 20 læs måske kunne nøjes med 15 læs. Om det er muligt med den nuværende vognpark at ændre lovgivningen kræver en nærmere undersøgelse, men hvis dette ikke kan lade sig gøre, må de virksomheder, som bygger lastbilerne til at tænke i mere kreative og bæredygtige løsninger.

■ Potentiel årlig CO<sub>2</sub>-besparelse: **2,5 tusinde ton**, estimeret implementeringsår: **2022**



Tusinde ton CO<sub>2</sub>

