



GENAN- VENDELSE AF BETON

Fra håndholdt indsats
til permanent praksisændring

En vejledning til bygherrer



ROSKILDE
KOMMUNE

INDHOLD

KORT FORTALT OM PROJEKTET BAG VEJLEDNINGEN 4

OM SELVE VEJLEDNINGEN 5

Formål 5

Indhold 5

VERDENSMÅLENE STILLER KRAV. OGSÅ TIL BYGGEBRANCHEN 6

Byggebranchen kan gøre en forskel 6

En fælles indsats for at nå konkrete mål 6

POTENTIALE OG UDFORDRINGER 8

FØR DU GÅR I GANG 9

Lokalt og afgrænset 9

Afdækning af potentiale 9

Bygherres rolle i processen 9

Bygherre har også et ansvar 9

ENTREPRISEFORMER OG ANSVARSFORDELING 12

Valg af entrepriseform 12

CO₂-BEREGNER.DK 14

Værktøj til beregning af mulig CO₂-besparelse 14

Beregnerens forudsætninger 15

FREMSTILLING AF GENBRUGSBETON 16

Styring og overvågning 16

Undersøgelser af beton før nedrivning 16

Ny udgave af DS/EN 206 DK NA 16

E.3.3 Genanvendt tilslag 17

Tabel: Krav for anvendelse af genanvendt tilslag 18

Tabel: Prøvningsmetoder og prøvningsterminer 18

Tilslagsmaterialer til genbrugsbeton 19

Nedknusning 19

Soldning 19

Vandmætning af tilslagsmaterialer 19

Mobile blandeanlæg 22

Håndtering af beton på mobile blandeanlæg 22

Receptoptimering og mobile blandeanlæg 22

BYGGEAFFALD 24

Fra affald til genanvendelse 24

Affald kan ophøre med at være affald 24

Undersøgelse af affaldstyper 25

ROSKILDEMODELLEN FOR HÅNDTERING AF BYGGEAFFALD 28

DEN JURIDISKE RAMME FOR GENANVENDT TILSLAG 30

BR 18 § 345 – Særligt for betonkonstruktioner 30

Genanvendelsesniveauernes relevans 32

Niveau A 32

Niveau B 32

Niveau C 32

Stikprøvekontrol for egenskaber og styrke 33

TAK TIL ALLE BIDRAGSYDERE 34

ORDLISTE 36

BILAG OG MATERIALER TIL FRI AFBENYTTELSE 39

BILAG 1 40

Udbudstekster 40

BILAG 2 43

Bestemmelse af densitet og absorption 43

FORMÅL & KORT FORTALT:

Vejledningen skal skabe grobund for, at flere udbud stiller krav om lokal genanvendelse af beton.

GENANVENDELSE:

Som offentlig bygherre har man en særlig mulighed for at gå forrest og vise vejen.

VERDENSMÅLENE:

Byggebranchen kan gøre en forskel.

BILAG:

Materialer til fri afbenyttelse.

**Genanvendelse af beton.
Fra håndholdt indsats til
permanent praksisændring
– En vejledning til bygherrer**

November 2021

Udarbejdet af Roskilde Kommune

Kontakt og yderligere information

Klaus Kellermann

roskilde.dk/baeredygtigt-byggeri

Foto: Torben Nielsen, Klaus Kellermann

Grafik: annabir.dk

**Bearbejdelse og tilrettelæggelse
af tekst: anna-k.dk**

ISBN: 978-87-973470-0-3

Roskilde Kommune

Rådhusbuen 1

4000 Roskilde

Kort fortalt om projektet bag vejledningen

Som et led i en ny Ejendomsstrategi har Roskilde Kommune besluttet at fokusere på cirkulær økonomi. Det betyder, at bl.a. ressourceforvaltningen i kommunens byggeprocesser skal være mere bæredygtig.

Det er ikke nogen enkel opgave. Derfor deltager kommunen i en række udviklings- og forsøgsprojekter, der kan generere viden og danne erfaringsgrundlag for fremtidige projekter.

”Genanvendelse af beton – fra håndholdt indsats til permanent praksisændring” er netop et sådant forsøgsprojekt. Og det har både bidraget med helt konkrete erfaringer med at genanvende beton og med vigtig viden om, hvordan cirkulær økonomi kan sikre en mere bæredygtig og miljøvenlig forvaltning af ressourcer.

Projektet er baseret på et samarbejde mellem Roskilde Kommune, Horten Advokatpartnerselskab og Pelcon Materials & Testing ApS – med bidrag fra en række forskellige aktører i byggebranchen. Projektet tager udgangspunkt i en række praktiske forsøg med genanvendelse af 1.000 tons nedknust beton. Alle forsøg er udført på Musicon i Roskilde, hvor bl.a. støbning af to plader med genanvendt beton skal bruges som fundamentsplader til ressourcepladser.



Påføring af curingmembran på den nystøbte beton. Foto: Torben Nielsen

Om selve vejledningen

Formål

Hvis du som bygherre ønsker at stille krav om genanvendelse af beton i dine udbud, er det vigtigt, at du har kendskab til praksis, fordele, lovgivning og de komplikationer, der er forbundet med processerne bag genanvendelse af beton. Det er vores håb, at denne vejledning vil give dig den fornødne indsigt og samtidig skabe grobund for, at flere udbud på sigt vil stille krav om lokal genanvendelse af beton.

Hvis mængden af udbud med krav om genanvendelse skal vokse, kræver det markedsinddragelse og volumen. Begge dele er helt centrale for omstillingen til cirkulær økonomi – både når det handler om genanvendelse af beton og om genanvendelse mere generelt. Mange private aktører har allerede erfaring på området, men hvis der skal skabes stærke forretningsmodeller, kræver det, at flere firmaer tør omstille til cirkulær økonomi, og derfor er det nødvendigt med et større volumen.

Som offentlig bygherre har man en særlig mulighed for at gå forrest og vise vejen. Selvom mange bygherrer allerede yder en stor indsats på området, er det afgørende, at erfaringerne også bliver delt med andre bygherrer. Erfaringsudveksling og videndeling er derfor selve fundamentet for projektet på Musicon.

Denne vejledning er tænkt som et skridt på vejen mod en fælleskommunal udbudspraksis på området: Et videnfællesskab, der kan udvikle og kommunikere resultater på tværs af kommuner og regioner og på den måde understøtte omstillingen til cirkulær økonomi.

Indhold

Vejledningen tager afsæt i et særligt fokus på offentlige bygherrer, men det har været vigtigt for os at sikre, at den er brugbar for forskellige typer af bygherrer. Selvom materialet i vejledningen specifikt omhandler genanvendelse af beton, adresserer de beskrevne arbejds-gange også omstillingen til cirkulær økonomi i en mere overordnet myndighedssammenhæng.

Som en del af denne vejledning indgår en CO₂-beregner, der giver dig mulighed for at vurdere den miljømæssige gevinst ved at genanvende beton på specifikke projekter. Det betyder, at du allerede før udbud har mulighed for at vurdere, om genanvendelse af beton giver mening i en miljømæssig kontekst.

Vejledningen indeholder også konkrete udbudstekster i form af bilag, som du frit kan bruge, når du vil lave udbud med krav om genanvendt beton.

Vær opmærksom på, at vejledningen beskriver genanvendelse af nedknust beton til styrkeklasser jf. DS/EN 206 DK NA. Vejledningen erstatter ikke gældende lovgivning på området, men skal altså udelukkende ses som et supplement.

Rigtig god læselyst.

Verdensmålene stiller krav. Også til byggebranchen

Den 25. september 2015 blev FN's Verdensmål for bæredygtig udvikling vedtaget af verdens stats- og regeringsledere på FN-topmødet i New York. Denne vedtagelse markerede en både omfattende og ambitiøs udviklingsdagsorden, som stiller krav til, at vi påtager os et globalt ansvar og retter opmærksomheden mod de områder, hvor vi som verdenssamfund kan arbejde for en bæredygtig udvikling.

Den 6. september 2019 indgik Folketinget en bred politisk aftale om en klimalov, som skal sikre, at Danmark når i mål med at reducere udledningen af drivhusgasser med 70 % (sammenlignet med niveauet i 1990) i 2030. Hvis det skal lykkes, er det vigtigt, at alle brancher går med – også byggebranchen.

Byggebranchen kan gøre en forskel

Byggematerialer står for en stor del af den globale udledning af CO₂ – både når de bliver produceret, og når de skal bortskaffes. Alene produktionen af beton tegner sig for mere end 8 % af verdens samlede CO₂-udledning. Samtidig er vi godt i gang med at opbruge nogle af Danmarks naturlige ressourcer: Grusgravene bliver tømt med så stor en hastighed, at fx Region Hovedstaden ventes at løbe tør for grus allerede i 2027, hvis ikke vi sænker forbruget mærkbart. Byggeri tærer, kort sagt, på vores ressourcer, både nationalt og globalt. Med Verdensmålene er vi fremover pålagt at tænke os om, når vi bygger. Det, vi bygger i dag, må ikke begrænse mulighederne for de generationer, der kommer i morgen.

En fælles indsats for at nå konkrete mål

Hvis vi skal løfte den udfordring, der følger med de 17 verdensmål, er det nødvendigt at fokusere på konkrete løsninger og resultater. I fællesskab.

I projektet "Genanvendelse af beton - fra håndholdt indsats til permanent praksisændring" har verdensmålene 8, 12 og 17 været retningsgivende og bestemmende for en række konkrete delmål med relevans for projektet.



VERDENSMÅL 8, DELMÅL 4:

Effektiv ressourceudnyttelse i forbrug og produktion

Frem til 2030 skal den globale ressourceeffektivitet inden for forbrug og produktion løbende forbedres, og vi skal bestræbe os på at afkoble økonomisk vækst fra miljøforringelse, i overensstemmelse med de 10-årige rammeprogrammer for bæredygtige forbrugs- og produktionsmønstre. De udviklede lande skal gå forrest.



VERDENSMÅL 12, DELMÅL 2:

Bæredygtig brug og håndtering af naturressourcer

Inden 2030 skal vi opnå en bæredygtig forvaltning og effektiv udnyttelse af naturressourcer.



VERDENSMÅL 12, DELMÅL 5:

Ansvarlig håndtering af kemikalier og spildprodukter

Inden 2030 skal affaldsmængden væsentligt reduceres gennem forebyggelse, reduktion, genvinding og genbrug.



VERDENSMÅL 12, DELMÅL 7:

Bæredygtig offentlig indkøbspraksis

Fremme bæredygtige offentlige indkøbspraksis, der er i overensstemmelse med nationale politikker og prioriteter.



VERDENSMÅL 17, DELMÅL 17:

Effektive partnerskaber, som bygger på erfaringer og ressourcestrategier

Tilskynde til og fremme effektive offentlige partnerskaber, offentligt-private partnerskaber og civilsamfundspartnerskaber, som bygger på erfaringer og ressourcestrategier fra partnerskaber.

Potentiale og udfordringer

Potentialet for genbrugsbeton – hvor nedknust beton udgør en del af tilslaget – er åbenlyst: Nedbrudte betonkonstruktioner bliver allerede i dag nedknust og genbrugt som vejfyld og lignende. Men betonen kan genanvendes langt bedre. Det nedknuste materiale kan nemlig erstatte nyt materiale i form af sten, grus og sand, som snart bliver en mangelvare. Og i takt med, at grusgravene i Danmark bliver tømt, bliver transporten mellem grusgrav og byggeplads længere, og CO₂-udledningen stiger derfor tilsvarende. Ved at bruge nedknust beton i fremstillingen af ny beton lokalt på byggepladsen, kan vi altså både afhjælpe en kommende ressourcetrængsel og reducere vores klimaaftryk.

Hvorfor er brugen af genbrugsbeton i ny beton så ikke mere udbredt? Potentialet er jo stort. Det skyldes flere ting. Dels er det et spørgsmål om tid. Hele ideen med at genanvende gammel beton som bestanddel i frisk beton er stadig så ny, at den skal have tid til at vinde

frem og blive en oplagt løsning på linje med almindelig fabriksbeton. Dels kræver det noget andet og mere af bygherre. Med genbrugsbeton kan du nemlig ikke bare bestille en vogn med standardbeton, som kan bruges i alle typer byggeri. Du er nødt til at stoppe op og vurdere, om du har behov for den stærkeste beton, der kan opdrives, eller om mindre kan gøre det. Du skal altså tage et aktivt valg. Og du skal også tage et større ansvar i processen, fordi du ikke bare får din betonleverance fra den nærmeste fabrik.

Er det en ulempe, at genbrugsbeton er noget mere besværligt at have med at gøre? Ja, selvfølgelig. Men er det nok til at affærdige potentialet? Slet ikke. Med brug af genanvendt beton følger både en stærkt øget bevidsthed om materialer, en mindsket udledning af CO₂ i forbindelse med transport, og en bæredygtig løsning på et støt stigende problem, nemlig manglen på råstoffer.



Måling af luftindhold i den friske beton. Foto: Torben Nielsen

Før du går i gang

Lokalt og afgrænset

Når du følger denne vejledning, er det en grundlæggende forudsætning, at der bliver genanvendt lokalt – altså, at de processer, der leder frem til, at betonen kan genanvendes, alle foregår på samme matrikel. Det er der to vigtige grunde til:

- Det giver en miljømæssig fordel, fordi den nedknuste beton ikke skal transporteres over større afstande.
- Den nedknuste beton kan få status som End-of-Waste i stedet for som affald eller byggevare, fordi den er blevet forarbejdet lokalt.

Afdækning af potentiale

Når du som bygherre skal vurdere, om det vil være hensigtsmæssigt at genanvende beton på et projekt, bør du vurdere muligheden ud fra en miljømæssig, en økonomisk og en tidsmæssig synsvinkel. Alle tre faktorer afhænger af hinanden i større eller mindre grad. Til dette vurderingsarbejde kan du bl.a. bruge CO₂-beregneren, som du finder beskrevet længere henne i vejledningen.

Bygherres rolle i processen

For at kunne gennemføre projekter med krav om genanvendelse af beton er der behov for en række specialkompetencer. Disse kompetencer vil i mange tilfælde skulle hentes uden for bygherreorganisationen eller indskrives som krav i udbudsmaterialet.

Det er ikke et standardkrav at forlange genanvendelse af beton i forbindelse med offentlige udbud. Som bygherre bør du derfor følge udbudsprocessen tættere end normalt. Det skyldes, at udbud med krav til genanvendelse af beton er afhængige af materialer, der først skal udvindes ved nedbrydning af betonkonstruktioner. Med andre ord: Din planlægning skal omfatte en kortlæg-

ning af dine eksisterende betonkonstruktioner med genanvendelsespotentiale, en afdækning af behovet for tilslagsmaterialer og en vurdering af de tidsmæssige rammer for udførelsen.

Bygherre har også et ansvar

Traditionelt bliver ansvaret for en byggeproces placeret hos rådgiver og entreprenør, men når det handler om projekter, der involverer genanvendelse, er det en rigtig god idé at indlægge mindre stop i processen, hvor du som bygherre tager praktisk del. Disse stop kan tilrettelægges, så de passer sammen med behovet for opbevaring af materialer i mellemdepot og med diverse prøvetagninger. På den måde får bygherre ansvaret for de genanvendte materialer i en eller flere mellempriorer, og både rådgiver og entreprenør kan operere med væsentligt lavere risiko – hvilket typisk vil komme til udtryk i lavere priser.

Som bygherre kan du altså med fordel tage ansvar i byggeprocessen. Det er også vigtigt at involvere myndighederne inden igangsættelse. Jo bedre de er informerede om processerne på forhånd, des større er sandsynligheden for et forløb uden overraskelser. Samtidig er det selvfølgelig nødvendigt at introducere evt. projektledere for de forskellige processer, så de kan tilrettelægge projektet med øje for dem.



Frontlæsser påfylder tilslag i det mobile blande anlæg. Foto: Torben Nielsen

Genanvendelsesniveauerne A, B og C

Nedknust beton kan sorteres i forskellige fraktioner af tilsalgsmaterialer og på den måde erstatte nyt sten- og sandmateriale fra grusgrav – i forskellige blandingsforhold. Og netop indsigten i disse blandingsforhold er helt central for at forstå, hvordan nedknust beton kan genanvendes og blive til nye betonkonstruktioner. Herunder kan du se de tre genanvendelsesniveauer, der efterfølgende bliver brugt som eksempler i denne vejledning.

A

Niveau A

100 % af stenfraktionen og 50 % af sandfraktionen erstattes af genbrugsmateriale.

B

Niveau B

100 % af stenfraktionen og 0 % af sandfraktionen erstattes af genbrugsmateriale.

C

Niveau C

20 % af stenfraktionen og 10 % af sandfraktionen erstattes af genbrugsmateriale.

Sortering af affaldsbeton til de tre genanvendelsesniveauer – A, B og C – kræver både viden om affaldsbetonens kvalitet og indhold og viden om rådgivning og styring af nedrivnings- og sorteringsprocesser, så der ikke slipper materiale med, der ikke kan indpasses i et af de tre niveauer.

For både niveau A og niveau B er der tale om betonsammensætninger, der introducerer et nyt ambitionsniveau inden for genanvendelse af nedknust betonmateriale. Fra 2021 er begge niveauer omfattet af DS/EN 206 DK NA.



Entrepriseformer og ansvarsfordeling

Valg af entrepriseform

Projektgruppen vurderer, at de to mest egnede entrepriseformer i forbindelse med genanvendelse af beton, er henholdsvis fagentreprise og hovedentreprise. På de følgende sider kan du læse kort om de væsentligste forskelle på de to entrepriseformer.



Soldning af den nedknuste beton. Foto: Klaus Kellermann

Fagentreprise

Det er mest hensigtsmæssigt at opdele fagentrepriser i følgende:

- Nedknusning, soldning og opbevaring af beton (på matrikel)
- Genanvendelse/genindbygning af beton.

Hver fagentreprenør er ansvarlig over for bygherre inden for egen entreprisegrænse. Opdelingen i flere fagentrepriser indebærer i udgangspunktet, at den entreprise, der bliver udført først, kan påvirke den, der følger efter – og ultimativt din retsstilling som bygherre. Det er derfor vigtigt, at du løbende kontrollerer, at betonen bliver håndteret som aftalt.

Fordele ved fagentreprise

Fagentreprise kan sikre en mere intens konkurrence om de enkelte kontrakter, fordi feltet af aktører er større. Samtidig kan opdelingen i fagentrepriser være velegnet i projekter, hvor betonen ikke umiddelbart kan genanvendes, men skal opbevares sikkert, indtil den kan bruges på et senere tidspunkt.

Ulemper ved fagentreprise

Fagentreprise stiller store krav til din bygherres kontrol af, hvordan betonen bliver håndteret – og til din bygherres styring af flere entreprenører på én gang.

Hovedentreprise

Hovedentreprise omfatter både nedknusning, soldning, opbevaring (mellemdepot på matriklen) og genanvendelse/genindbygning af beton.

Hovedentreprenøren er ansvarlig for alle faser af håndteringen af betonen – fra nedbrydning til genanvendelse.

Samtidig betyder entrepriseformen, at der kun kan være én fejlkilde, hvis håndteringen af beton

er mangelfuld. Det er derfor ret enkelt at placere ansvaret, og din retsstilling som bygherre er ikke i udgangspunktet afhængig af løbende kontrol på samme måde som ved fagentrepriser. Selvom hovedentreprenøren er ansvarlig over for bygherre, anbefaler projektgruppen, at du selv fører intensivt tilsyn, herunder med opfyldelsen af de fastsatte udfaldskrav (krav til forskellige prøver, der skal udføres).

Fordele ved hovedentreprise

Den store fordel ved hovedentreprise er, at kun én aktør har ansvaret for, at kontrakten bliver opfyldt. Der opstår altså ikke praktiske og juridiske grænseflader, der kan være svære at håndtere. Ofte skal du også bruge færre ressourcer i forbindelse med kontraktens opfyldelse (sammenlignet med fagentrepriser).

Ulemper ved hovedentreprise

Entrepriseformen er uhensigtsmæssig, hvis betonen ikke skal genanvendes lige efter nedbrydning. Så skal hovedentreprenøren nemlig påtage sig et ansvar (og risiko) for betonen i en længere periode.

CO₂-beregner.dk

Hvornår er genanvendelse den rette løsning?

Genanvendelse af beton giver mening på flere fronter: Dels er brugen af nedknust beton i nye konstruktioner med til at begrænse behovet for nyt sand og grus fra vores grusgrave. Dels hjælper genanvendelsen af nedknust beton med at nedbringe vores samlede CO₂-udledning.

Kørsel med sten og sand fra grusgravene til byggepladsen udleder store mængder CO₂. Det samme gælder, når vi kører nedknust beton væk i stedet for at genanvende den.

50 kilometers kørsel med 1.000 tons nedknust beton udleder mere end 4 tons CO₂

Forsøgsprojektet på Musicon har fået følgeskab af en online CO₂-beregner, der kan hjælpe dig med at sætte tal på den potentielle CO₂-besparelse, der er forbundet med dit konkrete projekt. Det betyder, at du kan kigge på dit eget projekts potentiale for at spare CO₂ – i stedet for at kigge på gennemsnitstal for udledning.

Værktøj til beregning af mulig CO₂-besparelse

Før du kan bruge beregneren til at vurdere de miljømæssige fordele ved at genbruge beton på et givent byggeprojekt, skal du indhente en række oplysninger og data. Du skal bl.a. kunne sætte tal på den mængde af nedknust beton, der er til rådighed – eller kan forventes at være til rådighed – og du skal også kende afstandene til grusgrav, sted for deponi, genanvendelseslokalitet og navn på betonleverandør. Når disse data er på plads, kan du bruge den online CO₂-beregner til at kalkulere mængden af CO₂-udledning, du kan spare miljøet for, hvis du vælger at genanvende beton på dit byggeprojekt.

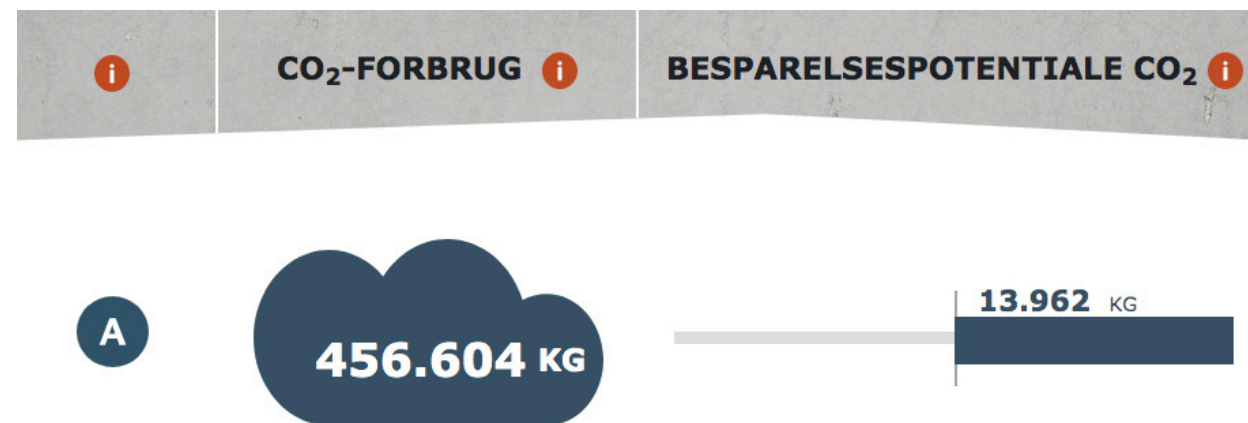
Beregneren tager udgangspunkt i de tre genanvendelsesniveauer, A, B og C, der er beskrevet tidligere, og sammenligner de tre genanvendelsesniveauer med brug af traditionel mobilbeton til in situ støbning som referenceværdi for CO₂-udledningen. Under udviklingen af CO₂-beregneren har vi haft fokus på at skaffe et tilstrækkeligt ensartet datagrundlag for de to forskellige processer (in situ støbning med genanvendt tilslagsmateriale vs. den mere traditionelle proces

med allokeret betonproduktion og transport til byggeplads for in situ støbning med ny beton). Betonrecepten (indholdet af cement og tilslagsmaterialer) har derfor også været den samme i begge processer.

Da der er tale om et værktøj til beregning af CO₂-besparelspotentialet, tager CO₂-beregneren ikke højde for hele livscyklussen for hver af de to processer, men koncentrerer sig kun om de elementer, der adskiller de to processer. Det er derfor vigtigt at understrege, at CO₂-beregneren ikke erstatter behovet for at lave LCA-beregninger med dedikerede værktøjer, som fx LCAbyg. LCAbyg er markedsstandarden for LCA-beregninger i DK og kan hentes gratis på <https://www.lcabyg.dk/>

Beregnerens forudsætninger

Det er en grundforudsætning for CO₂-beregneren, at den ikke kun bruger generiske data fra forskellige kilder, men i lige så høj grad baserer sig på projektspecifikke data som fx afstand til deponi og mængden af nedknust beton. Det betyder, at sammenligningen mellem genanvendt beton og mobilbeton – og deres respektive CO₂-udledning – ikke er statisk og derfor aldrig kan ses som en generel anbefaling. Det er altså kun, når du lader de projektspecifikke data indgå i beregningen, at du kan bruge resultatet til at vurdere, hvorvidt genanvendelse er den rigtige løsning.



Eksempel fra CO₂-beregner.dk på samlet besparelspotentiale for genanvendt beton niveau A

Fremstilling af genbrugsbeton

På de følgende sider kan du læse en kronologisk gennemgang af alle de processer, der er forbundet med fremstilling af genbrugsbeton. Hver proces er beskrevet så konkret og simpelt som muligt.

Styring og overvågning

Processen bag fremstilling af genbrugsbeton – herunder knusning, soldning og bunkeopbygning – kræver særlige kompetencer. Det er vigtigt, at arbejdet bliver styret og overvåget af aktører, der har erfaring på netop dette område – og ikke blot erfaring med industriel fremstilling af beton. Mange ting kan gå galt, og der skal ikke så meget til: Et forkert underlag, et jordforurennet soldningsanlæg eller 10 minutters fejlhåndtering med en frontlæsser er nok til at ødelægge en hel produktion med genanvendt tilslag. Knusning af 1.000 tons beton tager kun en halv dags tid og den efterfølgende soldning tager omtrent det samme. Tidsforbruget til overvågning af processen er altså ret begrænset.

Undersøgelser af beton før nedrivning

Inden nedbrydning bør betonkonstruktionen undersøges, så tilstand og eventuelle skader bliver kendt. Samtidig er det en god ide at opdele betonen i forskellige konstruktionsdele. Herefter kan arbejdet med at undersøge betonkvaliteten gå i gang. Det gøres ved at udtage borekerner, undersøge kvaliteten og fastlægge genbrugspotentialet.

Husk også, at miljøforhold under nedrivningen. bl.a. støv og støj, skal håndteres efter miljøaktivitetsbekendtgørelsen – herunder de fastsatte regler og normer i den pågældende kommune. I afsnittet ”Undersøgelse af affaldstyper” kan du læse mere om forureningsundersøgelser af den beton, der skal nedbrydes.

Ny udgave af DS/EN 206 DK NA

Den 1. januar 2021 trådte en ny udgave af DS/EN 206 DK NA i kraft: DS/EN 206 DK NA:2020. Og den har indflydelse på anvendelsen af genanvendt tilslag til beton. Ifølge denne udgave er det, under forudsætning af, at visse krav er opfyldt, nu tilladt:

- at erstatte 100 % af både fint og groft tilslag med genanvendt tilslag.
- at anvende genanvendt beton i alle eksponeringsklasser.

Fra den 1. januar 2021 er det altså ikke længere nødvendigt med en dispensation fra kommunen. Genanvendt tilslag, der opfylder de stillede krav, kan bruges på lige fod med traditionelt tilslag.

De vigtigste krav til genanvendt tilslag er beskrevet i DS/EN 206 DK NA:2020, afsnit E.3.3:

E.3.3 Genanvendt tilslag

Kravene i dette underpunkt omfatter genanvendt tilslag. Desuden omfatter de nedknust procestilslag anvendt af en gruppe af betonproducenter i mængder > 5 % af den totale tilslagsmængde, som angivet i punkt E.3.2.

Generelle krav:

b) Kan kun anvendes til beton i normal eller skærpet kontrolklasse.

c) Kan kun anvendes i eksponeringsklasse XO og XC1, medmindre tilslagsproducentens produktionskontrolsystem følger dokumenterede procedurer, der sikrer, at tilslaget udelukkende stammer fra betoner i eksponeringsklasser svarende til den ønskede anvendelse i tilslaget. For genanvendt tilslag, hvorom der ikke foreligger forhåndsviden skal frostbestandighed og alkalireaktivitet dokumenteres for relevante eksponeringsklasser, ved supplerende undersøgelser i form af hhv. frost/tø-prøvning samt betonprismetest eller petrografisk dokumentation af indhold af alkalireaktive partikler.

Supplerende krav:

d) tilslaget skal sorteres i fint og groft.

e) densitet, absorption og chloridindhold skal bestemmes ved prøvning med samme metoder og hyppighed samt krav til løbende kontrol som gældende for naturligt tilslag, jf. EN 12620 og dette nationale annekse.

h) betonens E-modul, krybning og udtørningsvind dokumenteres, hvor det er relevant, og det eftervises, i relevant omfang, at det bestemte E-modul, krybning og udtørningssvind er forsvarligt i relation til bæreevne og konstruktionssikkerhed. Metoder og termin er angivet i tabel DK NA-E.3.10.

i) groft genanvendt tilslag skal opfylde kategorier fra tabel 20 i EN 12620: Rcu95, Rb10-, Ra1-, FL0,2- og XRg0,5-. Bestemmelse skal dokumenteres mindst en gang pr. år.

j) groft genanvendt tilslag skal opfylde kategorier (Rcu95, Rb10-, Ra1-, FL2-, XRg1-). Bestemmelse skal dokumenteres mindst en gang pr. år.

Uddrag fra DS/EN 206 DK NA:2020

Tabel DK NA-E. 9 - Krav for anvendelse af genanvendt tilslag
Anvendelse i vægt-% af den totale tilslagsmængde

≤5%	>5%	
	Styrkeklasse ≤ C35/45	Styrkeklasse > C35/45
b. - c. -d. - e. - j. *	Krav: ≤ 10 % fint og ≤ 20 % groft Prøvning: b. - c. -d. - e. - i.	Krav: ≤ 10 % fint og ≤ 10 % groft Prøvning: b. - c. -d. - e. - i.
	Krav: > 10 % fint og/eller > 20 % groft Prøvning: b. - c. -d. - e. -h. - i.	Krav: ≤ 20 % fint og ≤ 50 % groft Prøvning: b. - c. -d. - e. -h. - i.

* I denne gruppe kan anvendes genanvendt tilslag der stammer fra beton, der ikke stammer fra konstruktionsbeton, f.eks. rør og betonvarer.

Genanvendt tilslag skal stamme fra betonkonstruktioner. Tilslag fra betonprodukter – som fx rør, brøndgods, betonvarer; belægningssten, porebeton, letklinkerblokke og puds og mørtel fra murværkskonstruktioner – må ikke bruges i produktion af genanvendt beton. Dog må beton med cement og tilslag, som opfylder denne standard, gerne anvendes. I tvivlstilfælde skal det dokumenteres, at betonen er sammensat som konstruktionsbeton.

Tabel DK NA-E.10 - Prøvningsmetoder og prøvningsterminer

	E-modul*	Krybning*	Udtørringssvind og autogent svind*
Prøvningsmetode	EN 12390-13	ASTM C512 eller EN 12390-17	EN 12390-16
Termin	28 døgn	7 – 56 døgn	7 – 56 døgn

*Prøvningen udføres på den aktuelle betonsammensætning.

Uddrag fra DS/EN 206 DK NA:2020

Tilslagsmaterialer til genbrugsbeton

Nedknust beton er et glimrende tilslagsmateriale til ny betonproduktion, når blot materialet er ”sundt”, veldokumenteret, deklareret (iht. DS/EN 12620) og opfylder de gældende krav til genanvendt tilslag i henhold til DS/EN 206 DK NA.

Når den ønskede maksimale stenstørrelse, D_{max}, er afklaret i forhold til betonens anvendelse, armering, dæklag mv. kan knusning og soldning sættes i gang, og der kan opbygges bunker af henholdsvis genanvendt sand (0-4 mm) og sten (de traditionelle fraktioner eller en bred fraktion, eksempelvis 4-25 mm). Bunkerne kan herefter – når de er klar og dokumenterede – bruges i betonproduktion på fuldstændig samme måde som naturlige tilslagsmaterialer.

Nedknusning

Selve nedknusningen af betonen foregår med kegle- eller kæbeknuser. Den optimale størrelse på det nedknuste materiale er 0-32 mm. Så kan det nemlig kategoriseres som stabilt grus KVII efter DS401.

Det er afgørende, at den valgte operatør har viden om håndtering af nedknust materiale, der skal anvendes som nyt tilslag. Nogle operatører foretrækker, at nedknusning og soldning foregår i én og samme arbejds-gang – vha. nedknusningsanlæg med separat sold – men de fleste operatører vælger at solde materialet efterfølgende, fordi det giver frihed til at bortskaffe dele af det nedknuste materiale som vejfyld og lignende.

Soldning

Soldning af den nedknuste beton kan foretages på henholdsvis 6 mm sold og 28 mm sold. I forsøgspro-jektet på Musicon resulterede brugen af disse sold i, at de 1.000 tons knust beton (0-32 mm) blev opdelt i tre bunker på henholdsvis 0-4 mm, 4-25 mm og 25-32 mm. Bunken med 25-32 mm sold blev ikke brugt i betonpro-duktionen på Musicon.

Efter soldning skal der udtages repræsentative prøver fra de bunker, der skal bruges i betonproduktionen (på Musicon: bunkerne på 0-4 mm og 4-25 mm), så der kan laves en generel tilslagsanalyse i henhold til DS/EN

12620. Det er vigtigt at udføre densitets- og absorptionsbestemmelser efter en modificeret metode (se bilag 2), men al anden prøvning af det genanvendte tilslag kan udføres ifølge de metoder, der er specificeret i DS/EN 12620.

Erfaring viser, at ny beton med genanvendt tilslag ofte har forbedrede friskbeton-egenskaber pga. bedre kornform og lavere densitet. Ved nedknusning af beton har det også vist sig, at tilslagsmaterialet nærmest pr. automatik fordeler sig i stenfraktioner, der kan bruges direkte i ny beton. Det er altså ikke nødvendigt med yderligere soldning, og ved den senere betonprodukti-on kan du nøjes med en enkelt silo til stentilslag.

Vandmætning af tilslagsmaterialer

Genanvendt tilslag har en højere absorptionsgrad end naturlige materialer. Det skyldes indholdet af cementpasta. Jo finere den nedknuste beton er, des lavere er indholdet af naturlige sten blandt kornene – og des højere er til gengæld porøsiteten og dermed absorp-tionen. Nedknust beton er derfor markant længere tid om at blive vandmættet – ofte dagevis – end naturlige materialer. Det betyder, at genanvendt tilslag (nedknust beton), der ikke er vandmættet, vil suge fugt fra betonen under blandingen. Sker det, vil betonens bearbejdelig-hed være betragteligt reduceret i rum tid efter sammen-blanding, og det kan give alvorlige problemer med både udstøbning og holdbarhed.

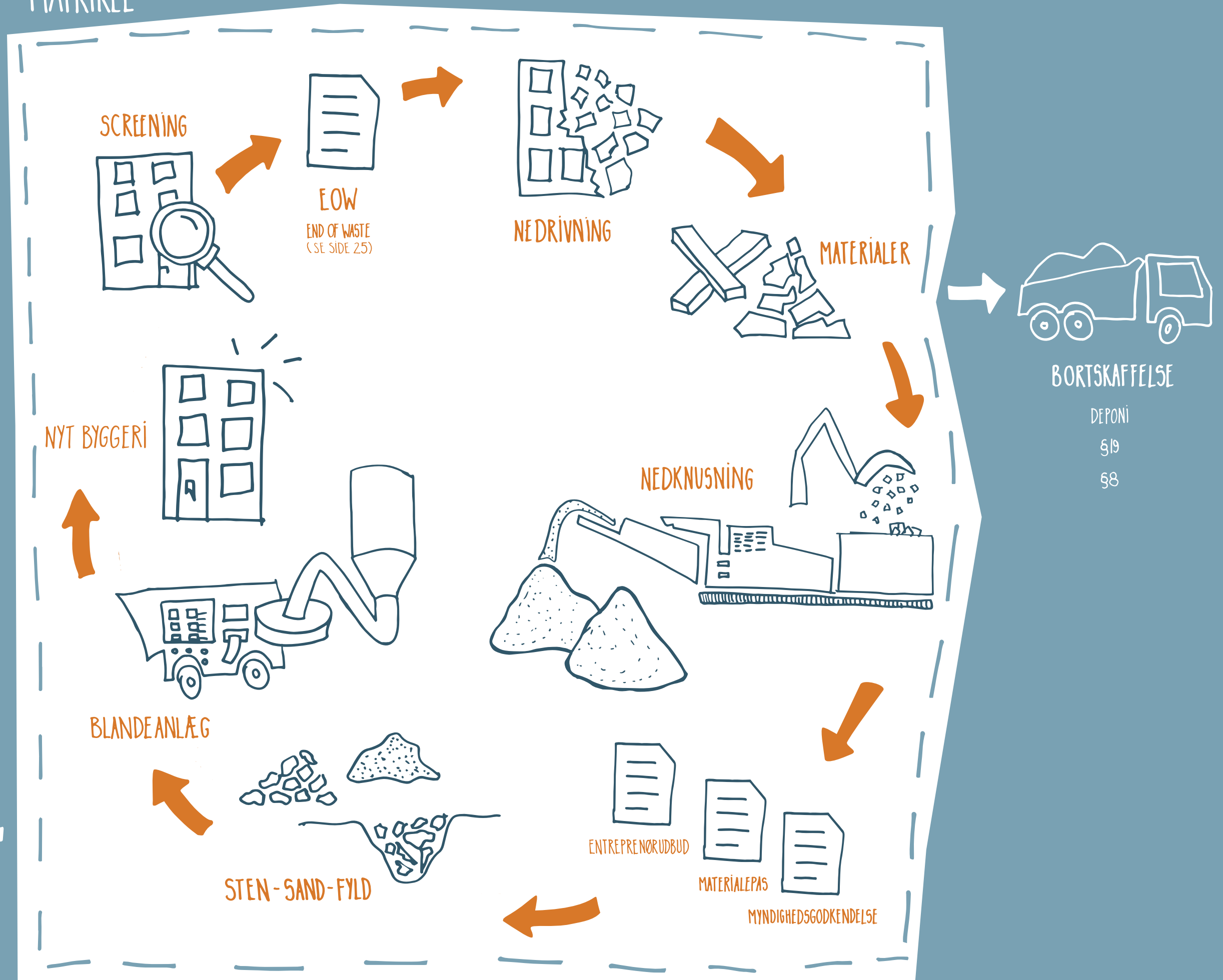


Det nedknuste materiale, der skal bruges som tilslag i genbrugsbetonen, skal være vandmættet, inden betonproduktionen bliver sat i gang.

Det danske efterårsvejr er normalt garant for rigelig regn og dermed vandmætning af materialebunkerne, mens produktion i tørre perioder (og især om sommeren) kræver, at bunkerne forvandes – fx med en havesprinkler. Som ved al anden betonproduktion skal indholdet

MATRIKEL

Illustrationen viser
de cirkulære principper
for genanvendelse
af beton



af fri fugt i tilslagsmaterialerne bestemmes, inden dagens betonproduktion går i gang. Husk, at nedknust beton skal udtørres i væsentligt længere tid end naturligt tilslag for at bestemme fugtindholdet.

Mobile blandeanlæg

Normale/små mobile blandeanlæg har en markant mindre produktionskapacitet end fabriksbeton. Derfor har fabriksbeton også eneret ved store støbninger. Men ved produktioner under 25 m³ beton pr. time kan normale/små mobile blandeanlæg sagtens løse opgaven, hvis der er tilstrækkeligt med plads på byggepladsen, og arbejdet kan foregå uden at genere evt. naboer med støv og støj.

Et mobilt blandeanlæg kræver håndtering og deltagelse af minimum tre personer:

- En certificeret og erfaren blandemester
- En person med gravemaskine/frontlæsser til løbende fyldning af de åbne materialesiloer
- En betonlaborant, som tester friskbetonen for sætmål, luftindhold og temperatur og derefter udstøber og afformer emner til trykprøvning.

Håndtering af beton på mobile blandeanlæg

Helt overordnet er der ingen forskel på fabriksbeton og beton, der er fremstillet på et mobilt blandeanlæg. Også på et mobilt blandeanlæg skal betonleverancen selvfølgelig tilpasses støbeteknik og -hastighed, så entreprenørens forventninger og produktionskapaciteten stemmer overens. I forbindelse med håndtering af betonen er der dog en række forhold, der er anderledes:

- Betonen bliver produceret og leveret i små læs – typisk 1m³.
- Tømmehøjden under blanderen kræver brug af flad kranspand uden strømpe og tømmeanordning — m.a.o. den lave kranspand skal tippes, når den skal tømmes.
- Kørsel via bånd direkte op i traditionel kranspand frarådes for beton med højt sætmål, fordi betonen risikerer at afblande.
- Betonen i den lave kranspand skal køres og løftes af et separat køretøj – fx frontlæsser/Manitou.

- Den flade kranspand kan fylde betonen direkte i pumpen ved støbning af høje vægge.
- Brug af to kranspande (en flad og en traditionel med strømpe) gør det nemt at fylde betonen i formen ved støbning af moderat lave vægge.
- Brug af to kranspande (en flad og en traditionel) gør betonen nem at placere, når der skal støbes gulve og terrændæk.

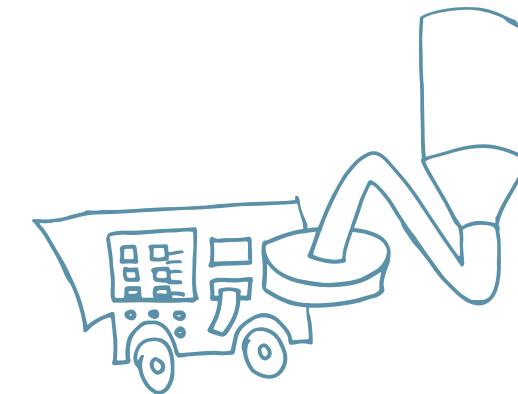
Receptoptimering og mobile blandeanlæg

Ved al betonproduktion skal der fastlægges en brugbar betonrecept, der sikrer, at betonens egenskaber – bearbejdelse, styrke og holdbarhed – bliver opfyldt. Det gælder naturligvis også for genbrugsbeton. Fastlæggelsen af en sådan betonrecept er baseret dels på erfaring og laboratorieforsøg, dels på udstøbning af standardiserede prøvelegemer og eftervisning af styrke og holdbarhedsegenskaber. Eftersom beton er mindst 28 døgn om at styrkeudvikle, skal udstøbning af prøvelegemer altså sættes i gang i god tid og mindst 1 ½ mdr. før, betonen skal produceres.

Opstilling og kalibrering af et mobilt betonblandeanlæg tager mindst en halv dag, og overførsel og indkøring af en betonrecept tager nogenlunde lige så lang tid. Ved dette forarbejde vil der normalt blive fremstillet 3-6 m³ beton, der ikke kan indgå i produktionen, og som enten skal bortskaffes eller bruges som fyld, hvis/hvor det er muligt.



Det tager væsentligt længere tid at bestemme fugtindholdet i det genanvendte tilslagsmateriale pga. cementpastaen. Det er vigtigt at være opmærksom på for at kunne justere dagens blanding og sikre korrekt betonstyrke og bearbejdelse.



Bemærk, at mobile betonblandeanlæg skal være certificerede satsblandeanlæg.

Fra DS/EN 206 DK NA:

Kravene til produktionskontrol er udarbejdet med udgangspunkt i, at beton blandes på satsblandeanlæg. Beton, der bliver blandet i en kontinuerlig proces i en blandesnegl er ikke omfattet af dette nationale annekst og vil derfor ikke kunne opfylde det.

Eksempel

Eksempel på fremstillingsprocessen fra projektet på Musicon

Ved støbningen af ressourcepladserne blev betonen kørt fra det mobile blandeanlæg til udstøbning med en frontlæsser. Frontlæsseren var forsynet med flad betonspand. Kørselstiden var generelt den begrænsende faktor, så betonproduktionen ventede ofte med et læs blandet beton klar til tømning. Eftersom det mobile blandeanlæg kun havde én silo til sand, måtte sandet til den østlige ressourceplads (der blev udført med niveau A-beton) forblendes i blandeanlægget, inden selve betonproduktionen kunne begynde. At have et ekstra tilslagsmateriale (både naturligt sand og genanvendt betonsand) resulterede i et lidt højere CO₂-forbrug: Dels blev logistikken en smule mere kompliceret, fordi det gav øget transport af materialer på pladsen, dels krævede det ekstra frit areal på byggepladsen.

Det mobile blandeanlæg på Musicon

Det mobile blandeanlæg, der blev brugt ved støbning af ressourcepladserne, var et 1,2 m³ computerstyret satsblandeanlæg fra Fibo Intercon. Anlægget var udstyret med to åbne siloer – en til sand og en til 4-25 mm genanvendt sten-tilslag. Anlægget var derudover forbundet med en cementsilo og med en flyveaskesilo. Begge siloer var monteret på vejeceller, så der kunne laves forbrugskontrol og sammenligning med de producerede mængder af beton. Blandekarret var monteret direkte på tre vejeceller. Anlægget var kalibreret af og i henhold til beskrivelsen fra Fibo Intercon, og kemikalier, der blev doseret via tre separate pumper, var både mærkede og kalibrerede.

Byggeaffald

Fra affald til genanvendelse

Af affaldsbekendtgørelsen (bekendtgørelse nr. 2159 af 9. december 2020 om affald) fremgår det, at det er kommunalbestyrelsen, der afgør, om et stof eller en genstand er affald. Det er også kommunalbestyrelsen, der afgør, om affald er egnet til materialenyttiggørelse, herunder fx genanvendelse.

Definitionen på ”affald” fremgår af affaldsbekendtgørelsen:

”Ved affald forstås i denne bekendtgørelse ethvert stof eller enhver genstand, som indehaveren skiller sig af med eller agter eller er forpligtet til at skille sig af med.”

Affaldsbekendtgørelsen definerer genanvendelse som værende:

”Enhver nyttiggørelsesoperation, hvor affaldsmaterialer omforarbejdes til produkter, materialer eller stoffer, hvad enten de bruges til det oprindelige formål eller til andre formål. Heri indgår omforarbejdning af organisk materiale, men ikke energiodnyttelse og omforarbejdning til materialer, der skal anvendes til brændsel eller til opfyldningsoperationer.”

Når et stof eller en genstand først er klassificeret som affald, indtræder en række juridiske og tekniske barrierer for nedriveren og bygherren.

Affaldet skal indsamles, anvises, håndteres og bortskaffes via de kommunale affaldsordninger.

Affaldsproducerende virksomheder skal ifølge affaldsbekendtgørelsen sortere deres bygge- og anlægsaffald i en række fraktioner, herunder bl.a. en betonfraktion.

Dette krav gælder, hvis den samlede affaldsmængde fra det pågældende bygge- og anlægsarbejde overstiger 1 ton. Men ifølge affaldsbekendtgørelsen skal affaldsproducerende virksomheder også kildesortere deres affald. Og dette krav om kildesortering betyder, at affaldet skal sorteres på det sted, hvor det er blevet genereret.



Når kildesorteringen sker på en sådan måde, at affaldsbetonen bliver egnet til genanvendelse i niveau A, B eller C, kan bygherren bruge den sorterede genanvendelige affaldsbeton i stedet for at lade den indsamle via en kommunal affaldsordning.

Siden 2010 har kildesorteret genanvendeligt erhvervsaffald nemlig været konkurrenceudsat. Kommunerne har derfor som udgangspunkt ikke haft mulighed for at etablere ordninger eller tilbyde indsamling af genanvendeligt erhvervsaffald. Hensigten er, at affaldsproducenterne selv skal bære ansvaret for håndtering af affaldet.

Den affaldsbeton, der, som følge af mangler/urenheder, ikke kan placeres i et af de tre niveauer (og altså ikke kan genanvendes i et givent projekt), bliver kørt til bortskaffelse og vil derved blive omfattet af de kommunale affaldsordninger, eftersom bygherren skiller sig af med affaldet.

Affald kan ophøre med at være affald

Projektet ”Genanvendelse af beton - fra håndholdt indsats til permanent praksisændring” har, som nævnt, vist,

at affaldsbetonen – efter sortering i genanvendelsesniveauerne A, B og C – kan bruges af bygherren uden om den kommunale affaldsordning. Men projektet har også vist, at betonaffald efter sortering og en række nyttiggørelsesoperationer vil kunne klassificeres som End-of-Waste ifølge affaldsbekendtgørelsen.

End-of-waste betyder, at affaldet ophører med at være affald, og at det derfor ikke længere er omfattet af affaldsreglerne.

Udover, at End-of-Waste er et mål i en bæredygtig udvikling og cirkulær økonomi, vil retsvirkningen også være, at bygherren ikke bliver pålagt en affaldsafgift.

Undersøgelse af affaldstyper

Forud for visse byggearbejder skal bygherren ifølge affaldsbekendtgørelsen foretage en screening af bygningen for at afdække, om bygningen kan indeholde problematiske stoffer, herunder PCB. Screening skal foretages ved nedrivningsarbejder, som frembringer mere end 1 ton affald, og ved udskiftning af termoruder, der er fremstillet i en bestemt periode. På baggrund af resultatet fra screeningen foretages en kortlægning af bygningen.

Affaldsbekendtgørelsen indeholder også krav om, at bygherre skal indgive anmeldelse til kommunalbestyrelsen. Anmeldelsen skal bl.a. indeholde oplysning om de forventede affaldsmængder- og typer.

De nævnte krav – om screening og kortlægning for fx PCB – indebærer og forudsætter, at nedriver/bygherre samarbejder med den relevante miljømyndighed om at lave undersøgelser af, hvilke affaldstyper der er indeholdt i den bygning, der skal rives ned. Bygherren skal undersøge affaldet og – om nødvendigt – lave prøver. Hvis ikke dette krav bliver mødt, kan der ikke laves en retvisende anmeldelse til kommunen.

Affald kan ophøre med at være affald og i stedet få status som End-of-Waste, hvis

- stoffet eller genstanden har gennemgået en genanvendelsesoperation eller en anden nyttiggørelsesoperation

- stoffet eller genstanden skal anvendes til specifikke formål

- der findes et marked for eller en efterspørgsel på et sådant stof eller en sådan genstand

- stoffet eller genstanden opfylder de tekniske krav til de specifikke formål og lever op til gældende lovgivning og normer vedrørende produkter

- anvendelsen af stoffet eller genstanden ikke får generelle negative indvirkninger på miljøet eller menneskers sundhed.

Arbejdet udføres ved at undersøge historiske data om bygningen, herunder dens bestanddele og anvendelse.



Det er altid en god ide at lave en miljørapport eller en miljølogbog, som følger nedrivnings- og sorteringsprocessen på tæt hold. På den måde kan du sikre, at de betonfraktioner, der egner sig til genanvendelse, kan identificeres og bestemmes UDEN risiko for sammenblanding med de fraktioner, der ikke er egnede.



Nedknust beton i tre fraktioner. Foto: Klaus Kellermann

Roskildemodellen for håndtering af byggeaffald

Som en del af forsøget med genanvendelse af byggematerialer på Musicon har Roskilde Kommune udarbejdet en procedure for, hvordan du kan håndtere byggematerialer fra nedrivning. Målet med proceduren er at undgå, at nedtagne materialer, der kan genanvendes, bliver opfattet som byggeaffald eller byggevare med dertilhørende mærkningskrav efter byggevareforordningen.*

Det byggeaffald, der forlader materialestrømmen, bliver håndteret på normal vis af den lokale affaldsmyndighed, fordi det er uegnet til genanvendelse.

Fordelen ved proceduren er, at materialet aldrig skifter hænder. Der er hele tiden tale om samme bygherre, og derfor skal det ikke behandles som byggevare. Hertil kommer, at ansvaret for processen er opdelt i flere

bidder, som du som bygherre selv kontrollerer. Og det øjeblik, der skrives et udbud med krav om genbrugsmaterialer, ligger der allerede tilstrækkelig dokumentation (materialepas) på materialet til, at en entreprenør kan bruge det direkte.

Det helt afgørende for dig som bygherre er, at du selv kan tage et delansvar i processen. Al prøve-dokumentationen er lavet og kan derfor risikovurderes i forbindelse med genanvendelse ganske som normalt. Der kan altså skabes et incitament i markedet for genanvendelse, ved at man som bygherre tager en del af risikoen og kun overlader den del af udførelsesrisikoen til entreprenøren, som denne aktør reelt har indflydelse på.



Udstøbning af prøvelfelt. Foto: Torben Nielsen.

Proceduren er som følger:

1

Kommunen vurderer – på baggrund af en miljørapport – hvorvidt der er byggematerialer fra den kommende nedrivning, der har potentiale til genanvendelse/genindbygning i fremtidigt byggeri. Hvis det er tilfældet, bliver det tilføjet som et udbudskrav til selektiv nedrivning, hvor nedriver får udfaldskrav til renhed af de pågældende materialer.

2

Når nedrivningen er overstået, bliver de nedtagne materialer kontrolleret i forhold til udbudskrav. Hvis de overholder de beskrevne krav, kan de testes yderligere for egnethed til genanvendelse. Det er typisk en specialrådgiver, der tester på foranledning af bygherre.

3

Når testresultaterne er kendte, kan bygherre vurdere, hvorvidt de nedtagne materialer er af en type, der

- kan genanvendes direkte uden yderligere undersøgelser
- skal undersøges yderligere, før man kan vurdere egnetheden til genanvendelse
- skal kategoriseres som regulært byggeaffald og forlade materialestrømmen, fordi de er uegnede til genanvendelse.

4

Resultatet bliver derefter skrevet ned i et lokalt materialepas, der følger materialet videre i processen. I materialepasset kan man aflæse, om materialet er godkendt til genanvendelse eller yderligere undersøgelse, og man kan indskrive særlige begrænsninger for anvendelse af de materialer, der skal undersøges. Udover miljøforhold er der også anført byggeteknisk egnethed og begrænsning i materialepasset, der sammen med billede, mærkning og analyseresultater udgør en samlet dokumentation for materialet.

5

Den lokale byggemyndighed godkender genindbygning af materialer med medfølgende materialepas, hvis dokumentationen er fyldestgørende i forhold til det, materialet ønskes brugt til.

* (Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) nr. 305/2011 af 9. marts 2011 om fastlæggelse af harmoniserede betingelser for markedsføring af byggevarer og om ophævelse af Rådets direktiv 89/106/EØF).

Den juridiske ramme for genanvendt tilslag

Projektering og udførelse af betonkonstruktioner skal ske i overensstemmelse med en række krav til normer og standarder (DS/EN'er) om bygnings- og betonkonstruktioner, egenskaber, produktion m.v. De fremgår alle af Bygningsreglementet (BR 18, § 345):

BR 18 § 345 – Særligt for betonkonstruktioner

Projektering og udførelse af betonkonstruktioner skal ske efter de generelle regler for alle konstruktioner, som fremgår af BR 18, § 344 og er angivet i form af en række DS/EN'er. Derudover skal betonkonstruktioner overholde de særlige krav for sådanne konstruktioner i BR 18, § 345, som er:

1. DS/EN 1992-1-1. Betonkonstruktioner, Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner med DS/EN 1992-1-1 DK NA.
2. DS/EN 1992-1-2. Betonkonstruktioner, Brandteknisk dimensionering med DS/EN 1992-1-2 DK NA.
3. DS/EN 1992-3. Betonkonstruktioner til opbevaring af væsker og pulvere med DS/EN 1992-3 DK NA.
4. DS/EN 206. Beton, specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse og DS/EN 206 DK NA Beton – Materialer – Regler for anvendelse af DS/EN 206 i Danmark.
5. DS/EN 1520. Præfabrikerede armerede elementer af letbeton med lette tilslag og åben struktur med bærende eller ikke-bærende armering med DS/EN 1520 DK NA for konstruktioner i letbeton med lette tilslag.
6. DS/EN 12602. Præfabrikerede armerede komponenter af autoklaveret porebeton med DS/EN 12602 DK NA for konstruktioner af autoklaveret porebeton.

Se også afsnittet "Tilslagsmaterialer til genbrugsbeton".

Genanvendelsesniveau	A	B	C
Genanvendt sand, %	50	0	10
Genanvendt sten, %	100	100	20



Bortsorteret affald fra soldningen. Foto: Klaus Kellermann

Genanvendelsesniveauernes relevans

Genanvendt tilslag niveau A og B er relevant for produktion af beton på både mobile blandeanlæg og betonfabrikker, mens Niveau C primært er relevant for fabriksbeton.

Niveau A

Genanvendelsesniveau A er meget ambitiøst, men absolut praktisk muligt at gennemføre uden de store problemer. På mobile blandeanlæg kræver niveau A (50/50-blanding af henholdsvis naturligt og genanvendt sand) enten en ekstra silo, eller at de to typer sand bliver forblandet, inden betonproduktionen sættes i gang. Det er ganske overkommeligt.

Udfordringen ved niveau A er i forhold til fabriksbeton. Her bliver der nemlig behov for to ekstra siloer til nedknust tilslag i henholdsvis sand- og stenfraktionen. Desuden er der risiko for, at den nedknuste beton i sandfraktionen begynder at danne klumper i de – ofte – høje siloer, hvilket skaber produktionsproblemer. Det er især ved nedknusning af 0-1 år gammel beton, at problemet gør sig gældende. Det skyldes, at nyere beton potentielt indeholder en vis mængde uhydratiseret cement, som kan reagere med fugt i siloen.

Tekniske krav til dokumentation – Niveau A

Det genanvendte tilslag skal testes og dokumenteres i henhold til kravene i DS/EN 206 DK NA og DS/EN 12620:

- DS/EN 206. Beton, specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse og DS/EN 206 DK NA Beton – Specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse – Regler for anvendelse af DS/EN 206 i Danmark.
- DS/EN 12620. Præfabrikerede armerede komponenter af autoklaveret porebeton med DS/EN 12620 DK NA for konstruktioner af autoklaveret porebeton.

For hver fraktion af sand og sten skal der laves en serie laboratorietests, og materialerne skal deklareres i henhold til gældende regler. Bemærk, at hvis der tale om

en større fortsat produktion af genanvendt tilslag, skal materialerne holdes i bunker, som hver især skal testes. Målingen af de genanvendte materials absorption og densitet (i laboratorie) bør udføres efter en modificeret udgave af prøvningsmetoden (se bilag 2). De genanvendte materialer behøver ikke at blive CE-mærket, hvis de er leveret af bygherre selv – og derfor ikke er en handelsvare.

Niveau B

Der er i princippet ingen større praktiske problemer ved Genanvendelsesniveau B: På mobile blandeanlæg kræver niveau B ikke en ekstra silo, da man kan klare sig med de sædvanlige to tilslagssiloer – en til sand og en til groft tilslag. For beton, der bliver fremstillet på fabrik, er udfordringen ved niveau B mindre end ved niveau A, men der er stadig brug for en ekstra silo til nedknust tilslag i stenfraktionen.

Tekniske krav til dokumentation – Niveau B

De tekniske krav til dokumentation for niveau B svarer til kravene for niveau A.

Niveau C

På niveau C bliver en mindre mængde genanvendt tilslag ”drysset” i de eksisterende, naturlige materialer. Niveau C er derfor primært det naturlige valg for fabriksbeton, hvor løsningen stille og roligt kan konsumere alt fabrikkens affald uden nævneværdige problemer. Den gunstige indflydelse på ressourceforbruget er dog begrænset, og det giver ingen egentlig CO₂-besparelse.

For mobile blandeanlæg er niveau C ikke en attraktiv løsning. De praktiske udfordringer med at blande de naturlige materialer op med små mængder genanvendt beton vil nemlig med al sandsynlighed koste mere CO₂, end der kan vindes. Altså både mere arbejde og en højere pris for et ringere CO₂-regnskab.

Tekniske krav til dokumentation – Niveau C

Også ved Niveau C skal materialerne testes i henhold til kravene i DS/EN 206 DK NA og DS/EN 12620 – fuldstændig ligesom ved niveau A og B.

Stikprøvekontrol for egenskaber og styrke

Produktionen af genbrugsbeton er omgivet af de samme krav til dokumentation og kontrol som al anden betonproduktion med omfang og frekvens i henhold til DS/EN 206 DK NA:

- Friskbetonen skal testes efter DS/EN 12350-serien for sætmål, luftindhold og temperatur, og resultaterne skal være godkendt, inden betonen må indbygges. Beton, der ikke opfylder kravene, skal kasseres og må ikke indbygges.

- Prøvelegemer skal udstøbes, afformes og lagres til trykprøvning. Den hærdede betons styrke skal testes på prøvelegemer efter typisk 2 og 28 hærdedøgn iht. DS/EN 12390-serien.



Materiale fra nedbrydning. Foto: Klaus Kellermann

Tak til alle bidragsydere

Denne vejledning er udarbejdet i samarbejde med:

Henriette Soja, advokat og partner med speciale i miljø-, plan- og byggeret hos Horten Advokatpartnerselskab, **Annelouise Dalgaard Pedersen**, advokat og partner med speciale i udbudsret hos Horten Advokatpartnerselskab, **Peter Laugesen**, adm. direktør i Pelcon Materials & Testing ApS med speciale i betontechnologi, **Tine Aarre**, Kvalitetschef hos Pelcon Materials & Testing ApS, og **Klaus Kellermann**, arkitekt og bæredygtighedsansvarlig i Roskilde Kommune.

Ovennævnte personer har alle erfaring med forskellige dele af processerne forbundet med udfærdigelse af udbud med krav om genanvendelse af nedknust beton.

Foruden nævnte personer har **Johan Koefoed Johnsen**, CEO i XPJourney hjulpet med udarbejdelsen af en webbaseret platform for CO2-beregneren, og **Julie Rønholdt**, bæredygtighedskonsulent ved Niras, har trykprøvet metodeforudsætningerne i CO2-beregneren.

Herudover har en lang række personer og firmaer bidraget i forbindelse med gennemførelsen af projektet.

En særlig tak til **Jonas Callesen**, formand i Optimus Anlæg A/S, **Henrik B. Jeppesen**, managing director i Fibo Intercon A/S og **Henrik Hvid**, driftsdirektør i MIS Recycling A/S samt LH Hockerup A/S for assistance i forbindelse med udførelsen af praksisforsøg på Musicon.



Støbning af bundplade. Foto: Torben Nielsen.

Ordliste

Absorptionsbestemmelse: Beregning af vandmængde i tilslagsmaterialer.

Affald: Ethvert stof eller enhver genstand, som indehaveren skiller sig af med, agter at skille sig af med eller er forpligtet til at skille sig af med.

Mobilt betonblandeanlæg: Et blandeanlæg, der er bygget på et chassis med hjul og derfor kan transporteres.

Densitetsbestemmelse: Beregning af betonens densitet/vægtfylde.

Eksponeringsklasse: Jf. DS/EN 206-1. Erstatte tidligere miljøklasser.

E-modul: Elasticitetsmodul/E-modul: Et tal, der beskriver et materiales evne til at modstå elastisk deformation under kraftig påvirkning.

End-of-Waste: Den fase, hvor affald ophører med at være affald, fordi de kumulative bestemmelser i affaldsbekendtgørelsen er opfyldt.

Fabriksbeton: Fællesbetegnelse for beton, der er produceret på betonfabrik. Kaldes også færdigbeton.

Genanvendelse: Enhver nyttiggørelsesoperation, hvor affaldsmaterialer omforarbejdes til produkter, materialer eller stoffer, hvad enten de bruges til det oprindelige formål eller til andre formål.

Genindbygning: Proces, hvor nedknust beton bliver brugt som tilslagsmateriale i ny beton.

In situ støbning: Støbning af betonkonstruktion på stedet.

Kegleknuser: Type af nedknuser, der først og fremmest bruges til at knuse natursten af forskellig art.

Kildesortering: Sortering af bygge- og anlægsaffald i forskellige fraktioner på det sted, hvor affaldet er genereret. Hovedparten består af beton, tegl, asfalt, jord og sten, og langt størstedelen kan genbruges.

Krybning: Når et betonlegeme bliver udsat for en kraft/last, vil der ske en momentan deformation, som med tiden vil fortsætte med at vokse, selvom kraften/lasten er uændret. Det kaldes krybning.

Kæbeknuser: Type af nedknuser, der først og fremmest bruges til at knuse natursten, beton og murbrokker.

Mobilbeton: Fabriksbeton, der bliver brugt ved in situ støbning på byggeplads – fx med en betonkanon.

Nedknusning: Findeling af materiale til mindre fraktioner, der kan videreforarbejdes.

Procestilslag: Fællesbetegnelse for forskellige typer af tilslag, f.eks. udvasket procestilslag, nedknust procestilslag og genanvendt tilslag.

Ressourceeffektivitet: Central del af produktcirklen i cirkulær økonomi (sammen med øget genanvendelse og reduceret affaldsdannelse).

Ressourcestrategi: Del af styringsgrundlaget for affaldshåndteringen i Danmark.

Sandfraktion: Fraktion, der typisk dækker over materiale med kornstørrelsen 0-4mm.

Soldning: Sigtning af materiale i fraktioner af bestemte kornstørrelser.

Stenfraktion: Fraktion, der typisk dækker over materiale med kornstørrelsen 4-35mm

Styrkeklasse: Betons trykstyrkeklasse er udtryk for den karakteristiske trykstyrke i MPa ved 28 døgns hærdning. Styrkeklassen angives som f.eks. C20/25, hvor første tal angiver cylindertrykstyrken (f_{ck},cyl), og andet tal angiver terningestyrken (f_{ck},cube).

Tilslagsanalyse: Fællesbetegnelse for forskellige analyser, der kan laves af tilslagsmaterialer, fx humusindhold, petrografisk beskrivelse og sigteanalyse.

Tilslagsmateriale: Hovedbestanddelen af beton. Tilslag udgør normalt mellem 65 og 75 % af betonens volumen.Traditionelt tilslag består af naturlige sand- og stenmaterialer og nedknust klippe.

Udtørringssvind: Reduktion af enten længde eller volumen af et materiale som følge af ændret fugtindhold. Udtørringssvind kan medføre revnedannelse.

Uhydratiseret cement: Cement, der endnu ikke har været i forbindelse med vand og derfor ikke har dannet en skal af bindemiddel/cementpasta, der øger materialets tæthed og styrke.



BILAG OG MATERIALER TIL FRI AFBENYTTELSE

Bilag 1

Det er projektgruppens opfattelse, at der på nuværende tidspunkt er så begrænset erfaring med genanvendelse af beton, at der vil være meget få – om nogen – aktører, som kan opfylde et mindstekrav til tidligere erfaring med sådanne opgaver. Det er derfor projektgruppens anbefaling, at mindstekrav alene anvendes, hvis Bygherre har en klar forventning om, at markedsaktørerne kan opfylde det.

Udbudstekster

Bemærk: Udbudsteksterne herunder er baseret på en forudsætning om, at kontrakten konkurrenceudsættes i licitation i henhold til tilbudsloven¹.

Bilaget er udarbejdet som et inspirationskatalog. Det er altså ikke et krav (og i nogle tilfælde heller ikke hensigtsmæssigt), at indarbejde alle elementer af nedenstående i et udbud.

Bilaget er struktureret omkring følgende udbudsretlige emner:

- Egnethedskriterier
- Tildelings- og underkriterier (konkurrenceparametre)
- Kontraktkrav.

Egnethedskriterier

Betegnelsen “Egnethedskriterier” bruges om de kriterier, Bygherre fastlægger for at kunne vurdere virksomhedernes (generelle) egnethed til at løfte en udbudt opgave. Vurderingen af virksomhederne egnethed baseres på dokumentation for virksomhedernes erfaring.

Erfaring med genanvendelse af beton kan bringes i spil i flere faser af egnethedsvurderingen. I det følgende Eksempel 1.1 er kravet om erfaring beskrevet som et mindstekrav:

Eksempel til brug for udfyldelse af 1.1

Det er et krav, at ansøger har udført mindst [x] lignende opgaver inden for de seneste fem år regnet fra ansøgningsfristen. Med “lignende opgaver” forstås i denne sammenhæng opgaver, som omfatter (a) nedknusning af beton, (b) soldning af beton, og (c) genanvendelse af beton. En opgave skal for at være lignende indeholde **[elementerne (a), (c) og/eller (c)]**.

I begrænsede udbudsprocesser (dvs. udbudsprocesser med prækvalifikation) skal Bygherre på baggrund af nogle på forhånd oplyste kriterier udvælge de ansøgere, som får adgang til at afgive tilbud. Et eksempel på en formulering med henblik på udvælgelse findes i Eksempel 1.2, som giver mulighed for at “belønne” en ansøger, som har relevant erfaring, uden at der stilles mindstekrav dertil. Som alternativ til en begrænset licitation kan Bygherre vælge at anvende en indbudt licitation (dvs. hvor Bygherre selv udvælger feltet af tilbudsgivere). Det er i så tilfælde vigtigt, at Bygherre sikrer, at de indbudte tilbudsgivere har den fornødne erfaring.

Eksempel til brug for udfyldelse af 1.2

Ved udvælgelsen vil Bygherre udvælge de [antal indsættes] ansøgere, som har mest erfaring med lignende opgaver. Med “lignende opgaver” forstås i denne sammenhæng opgaver, som omfatter (a) nedknusning af beton, (b) soldning af beton, og (c) genanvendelse af beton. En opgave skal for at være lignende indeholde **[elementerne (a), (c) og/eller (c)]**.

Konkurrenceparametre

Konkurrenceparametre er de kriterier, der opstilles af Bygherre i udbudsgrundlaget, og som afgør, hvilken af de tilbudte løsninger der bedst opfylder det valgte tildelingskriterium. Inden for tilbudsloven skal Bygherre vælge mellem tildelingskriteriet “den laveste pris” eller “det økonomisk mest fordelagtige tilbud”, jf. tilbudslovens § 8. Vælges tildelingskriteriet “det økonomisk mest fordelagtige tilbud”, skal Bygherre fastsætte en række underkriterier (konkurrenceparametre). Eksempel 1.3 indeholder et forslag til et kvalitativ konkurrenceparameter.

Eksempel til brug for udfyldelse af 1.3

Ved vurderingen af tilbuddene i forhold til underkriteriet “Kvalitet” vil Bygherre lægge vægt på, i hvilket omfang de tilbudte tiltag understøtter opfyldelse af de fastsatte udfaldskrav.

Til brug for Bygherres evaluering af tilbuddene i forhold til ovenstående kriterium skal tilbuddet indeholde en beskrivelse af de tiltag, som tilbudsgiver vil iværksætte for at opnå de aftalte udfaldskrav, herunder fx:

- ekstra uddannelse
- kontrolplaner
- tilsyn/kvalitetssikring.

Ved evalueringen lægges der alene vægt på de tiltag, der går videre end de krav, som er indeholdt i udbudsgrundlaget.

Kontraktkrav

Særligt følgende kategorier af kontraktkrav vil være relevante at overveje – uanset om kontrakten udbydes i fag- eller hovedentreprise:

• Udførelseskrav

I det omfang tilbudsgiverne har konkurreret på “opfyldelsesrobustheden” af udfaldskrav (Eksempel 1.3), er det vigtigt, at vindende tilbudsgiver kontraktuelt forpligtes til at realisere den tilbudte løsning, se Eksempel 1.4.

• Udfaldskrav og dokumentation

Udfaldskrav skal overholdes, ligesom kontraktgrundlaget skal beskrive de relevante dokumentationskrav (prøvetagning). Bygherre kan overveje at bodsbehæfte manglende overholdelse af udfaldskrav. Projektgruppen er dog meget optaget af, at Bygherre ikke hindrer genanvendelse af beton gennem for restriktive sanktionsbestemmelser, men snarere overvejer om Bygherre ved at involvere sig i projektet kan mindske risikoen for, at udfaldskrav ikke opfyldes (se fx Eksempel 1.5).

• Uddannelse

Det kræver en særlig indsigt at sikre genanvendelse, og denne indsigt er – lige nu – ikke almindelig. Projektgruppen anbefaler derfor, at Bygherre stiller uddannelse i genanvendelse af beton til rådighed som en Bygherreleverance. Leverancen indebærer, at Bygherre påtager sig at uddanne det relevante mandskab, se Eksempel 1.5. Det er en afgørende forudsætning for, at Bygherre kan påtage sig denne undervisning, at undervisningen sker ved kompetente personer.

• Økonomiske styringsinstrumenter

Til sikring af, at Entreprenøren opfylder Entrepri-sekontrakten i overensstemmelse med det aftalte, kan Bygherre overveje at gøre brug af et eller flere økonomiske styringsinstrumenter, se Eksempel 1.6 og Eksempel 1.7.

1 Lovbekendtgørelse 2007-12-07 nr. 1410 om indhentning af tilbud i bygge- og anlægssektoren.

Bilag 2

Eksempel til brug for udfyldelse af 1.4

Entreprenøren er over for Bygherre forpligtet til at realisere udbudsgrundlaget i overensstemmelse med sit tilbud.

Eksempel til brug for udfyldelse af 1.5

For at sikre, at de personer, som af Entreprenøren beskæftiges under Entreprisekontrakten, har et minimum af forståelse for genanvendelse af beton, gennemfører Bygherre et **[grundlæggende introduktionskursus i genanvendelse af beton]**. Alle personer, som er beskæftiget med Entreprisekontraktens opfyldelse, er forpligtede til at deltage i dette kursus. Bygherre påtager sig med undervisningen intet ansvar for Entreprenørens korrekte opfyldelse af Entreprisekontrakten. Det er således op til Entreprenøren at sikre, at Entreprisekontrakten opfyldes i overensstemmelse med det aftalte.

Eksempel til brug for udfyldelse af 1.6 [Betalingsplan]

Entreprenørens vederlag forfalder til betaling i overensstemmelse med nedenstående betalingsplan:

Rate 1: Prøvetagning af nedbrudt beton (renhed og styrke) %

Rate 2: Prøvetagning af beton efter indbygning %

Rate 3: Aflevering* %

* Det er en betingelse for, at der kan ske Aflevering i henhold til Entreprisekontrakten, at Entreprenøren har udført alle arbejder, herunder at kvalitetsdokumentation, driftsvejledninger mv. er afleveret til, kontrolleret og godkendt af Bygherre.

Det er endvidere en betingelse for “Aflevering”, at der er gennemført afleveringsforretning omfattende alle arbejder, og at der ved denne ikke er påvist væsentlige mangler ved disse.

Eksempel til brug for udfyldelse af 1.7 [Løbende dokumentation for kvalitetssikring]

Det er afgørende for Bygherre at modtage dokumentation for, at arbejderne er udført i overensstemmelse med Entreprisekontrakten og dennes bilag.

Entreprenøren er derfor kun berettiget til betaling for arbejder, for hvilke Entreprenøren har leveret dokumentation for opfyldelsen af de aftalte udfaldskrav. Entreprenøren skal – inden faktura kan fremsendes til Bygherre – fremsende udkast til faktura, samt dokumentation for dokumentation for de omfattede arbejder. Endelig faktura kan ikke fremsendes til Bygherre, før Bygherre (eller dennes rådgiver) har godkendt Entreprenørens udkast.

Bestemmelse af densitet og absorption

I DS/EN 12620 er det specificeret, at densitet og absorption af tilslag skal bestemmes iht. DS/EN 1097-6. Når det drejer sig om tilslag af nedknust beton, bør denne metode dog modificeres for at give et retvisende resultat.

Modificeret metode til bestemmelse af densitet og absorption for tilslag af nedknust beton

I modsætning til naturligt tilslag, der overvejende består af partikler med forholdsvis sammenlignelige egenskaber, består nedknust beton af partikler med meget forskellige egenskaber – fra næsten rene sten til klumper af porøs pasta.

I følge DS/EN 1097-6 skal groft tilslag indledningsvis vaskes på 4 mm og 32 mm sigterne. I tilslag af nedknust beton består underkorn (<4 mm) primært af fragmenter af mørtel og cementpasta. Disse underkorn er både lettere og har en højere absorption end fraktionen > 4 mm, der i højere grad består af sten og sten med lidt mørtel.

Hvis tilslaget vaskes, bliver der ikke taget højde for underkornenes øgede absorption og lavere densitet, og de målte densitets- og absorptionsegenskaber vil derfor ikke være retvisende for materialet.

PELCON anbefaler derfor at tage følgende alternative metode i brug ved bestemmelse af densitet og absorption for tilslag af nedknust beton:

1. Materialet testes som modtaget.
2. En repræsentativ prøve (to gange den normale mængde materiale, jf.DS/EN 1097-6) bringes i v.o.t. tilstand.
3. Prøven deles i to.

4. Hver delprøve vejes.
5. Den ene delprøve bruges til densitetsbestemmelse, fx i pyknometer som beskrevet i DS/EN 1097-6.
6. Den anden delprøve bruges til at bestemme absorptionen, dvs. tørres i varmeskab ved 105°C til konstant vægt.

Ved at benytte denne metode undgår man dels at vaske prøven, og dermed ændre det samlede materiales egenskaber, dels at skulle hælde vandet fra prøven i pyknometeret. I standardversionen af densitets- og absorptionsbestemmelse risikerer man nemlig at miste noget af det fine materiale, når vandet bliver hældt fra.

Det er ikke en god løsning af måle densitet og absorption af underkorn separat og efterfølgende indregne dette i den totale absorption. Også sandmaterialet skal i henhold til DS/EN-1097-6 vådsigtes, inden målingen udføres. Dermed mangler den formodede høje absorption i 0-63µm fraktionen, der stort set udelukkende består af cementpastapartikler.

