

HÅNDBOG I CIRKULÆR ØKONOMI

Byggeri København
Københavns Kommune

3. UDGAVE, 24. MARTS 2021



De største ændringer i denne 3. udgave i forhold til 2. udgave (version 2 fra 3. september 2020):

- Indledningen er blevet skrevet om i forlængelse af, at cirkulær økonomi fremover håndteres gennem DGNB.
- Principperne for cirkulær økonomi er blevet videreudviklet herunder tilføjelse af principperne Skalerbarhed og Processer. Der er også tilføjet flere eksempler generelt og princippet Ambition er udvidet med relevante illustrationer og baggrund.
- Den cirkulære økonomiliste er udvidet med yderligere muligheder.
- Der præsenteres for første gang udførlige erfaringsopsamlinger fra ni projekter med cirkulær økonomi i Københavns Kommune

Byggeri København tager forbehold for fejl, ændringer og mangler i teksten.

Byggeri København modtager gerne kommentarer vedr. indholdet i håndbogen.

Kontakt: Jens Runge, y69d@kk.dk eller Anders Østerskov Knudsen, IV94@kk.dk

1. Byggeri Københavns arbejde med cirkulær økonomi	5
1.1. Introduktion	5
1.2. Cirkulær økonomi gennem DGNB	7
1.3. Cirkulære principper	10
1.4. Cirkulære principper - gennemgang	12
1.4.1. OPSTART	12
1.4.2. MÅL	16
1.4.3. STRATEGIER	17
1.4.4. HANDLEMULIGHEDER	19
1.4.5. OPMÆRKSOMHEDSPUNKTER	22
2. Byggeri Københavns cirkulære økonomiliste	24
LAVTHÆNGENDE FRUGTER	25
BETON, nedrevet fraktion og nyt materiale	25
CLT, cross laminated timber, nyt materiale	27
GIPS, (ikke-bærende skillevægge)	27
GLAS (vinduer), nedrevet fraktion og nyt materiale	28
GLASULD, nedrevet fraktion og nyt materiale	29
LYSAMATURER, nedrevet fraktion	30
MINERALULD, nedrevet fraktion og nyt materiale	30
MURSTEN, nedrevet fraktion	31
SKILLEVÆG, demonterbar Ytong-skillevæg	32
STÅL, nedrevet fraktion og nyt materiale	33
TAGPAP, nedrevet fraktion	33
TAGSTEN, nedrevet fraktion	34
TEGL TIL FACADE, nyt materiale	34
TRÆ, nedrevet fraktion	35
3. Byggeri Københavns vidensopsamling fra projekter med cirkulær økonomi	37
3.1. Introduktion	37
3.2. Center for diabetes (CfD), Hans Kirks Vej 8	38
3.3. Center for Specialundervisning for Voksne (CSV), Ryparken 81	41
3.4. Guldberg Skole - De Gamles By (GABYS), Sjællandsgade 38-42 og Edith Rodes Vej 4 og 8	44
3.5. HAFNIA, Rosenvængets Hovedvej 35	50
3.6. Heerup Skole Kapacitetsudvidelse (HSK), Frederiksgaards Allé 13	51
3.7. Jacob Michaelsens Minde (JMM), Aggershvile Allé 1, 2942 Skodsborg	53

3.8. Ketsjersportens Hus (KET), Kløvermarksvej 34.....	55
3.9. Rønnebo, botilbud, Bystævneparken 26-27	56
3.10. Ungecenter Sundby Idrætspark, Frankrigsgade 35	57
4. Anvendt litteratur.....	58

1. Byggeri Københavns arbejde med cirkulær økonomi

1.1. Introduktion

Byggeri København ønsker gennem sit byggeri at bidrage til udvikling af markedet for cirkulær økonomi.

Målet er at mindske CO₂-udledningen og brugen af ikke fornybare jomfruelige råstoffer.

Formålet med denne håndbog er at opsamle den viden om cirkulær økonomi, som Byggeri København er med til at skabe gennem sin egne byggerier.

Byggeri København ønsker at dele sine erfaringer med branchen og at være med til på denne måde at bidrage til udviklingen af markedet.

Håndbogen er grundlaget for den videre udvikling af cirkulær økonomi i Byggeri København og for prioriteringen af indsatserne.

Håndbogen er delt op i fire dele:

1. Første del beskriver Byggeri Københavns tilgang til cirkulær økonomi, og hvordan vi arbejder med det i vores byggeprojekter.
2. Anden del er Byggeri Københavns cirkulær økonomi-liste, hvor vi har samlet en række bud på, hvad der konkret kan arbejdes med i det enkelte byggeprojekt.
3. Tredje del er Byggeri Københavns erfaringsopsamling fra projekter, der arbejder med cirkulære tiltag.
4. Fjerde del er referencerne til den litteratur, der er brugt.

Københavns Kommunes Borgerrepræsentation besluttede den 19. september 2019, at alle nye byggeprojekter skulle screenes for om og hvordan, der kunne arbejdes med cirkulær økonomi i projekterne. Det var baggrunden for, at en række projekter fra det tidspunkt fik et klart politisk mandat til at arbejde med cirkulær økonomi.

Den 24. juni 2020 besluttede Borgerrepræsentationen, at alle kommunens egne nybyggerier og omfattende renoveringer skulle DGNB-certificeres til henholdsvis guld og sølv.

Endelig besluttede Københavns Kommunes Økonomiudvalg den 23. februar 2021, at cirkulær økonomi skulle håndteres gennem DGNB-systemet. Samtidig blev det besluttet, hvordan det kunne sikres, at alle projekter arbejder med cirkulær økonomi samtidig med, at enkelte udvalgte projekter skulle have et øget særskilt fokus på cirkulær økonomi. Beslutningen om at håndtere cirkulær økonomi gennem DGNB sikrer, at Københavns Kommune fremadrettet arbejder målrettet med cirkulær økonomi i alle sine nye projekter.

DGNB-systemet er den overordnede ramme for arbejdet og gør det muligt at screene vores projekter for muligheder inden for cirkulær økonomi og kommunikere denne screening, det løbende arbejde og resultaterne gennem DGNB's kriterier og indikatorer med tilhørende pointsystem.

I en form for dialog med DGNB-systemet og i et forsøg på at konkretisere, hvad cirkulær økonomi er, og hvordan der kan arbejdes med det, har Byggeri København opstillet 29 principper. Målet er at styrke dialogen og udviklingen af markedet for cirkulær økonomi.

Byggeri København prioriterer sit arbejde med cirkulær økonomi i det enkelte byggeprojekt og i porteføljen i forhold til FN's verdensmål, Københavns Kommunes strategier herunder Økonomiforvaltningens og Byggeri Københavns strategier.

Byggeri København arbejder primært med cirkulær økonomi på bygningsniveau. Cirkulær økonomi på dette niveau skal forstås således, at når en bygning opfylder en funktion, kræver det et input af energi og ressourcer, der normalt fører til et output af affald, CO₂, spildevand og lignende. Cirkulær økonomi handler om at nedbringe outputtet og ideelt set at fjerne det.

Byggeri København har som strategisk mål at bygge billigere. Det betyder, at Byggeri København er opmærksom på konsekvensen for byggeriets pris ved at indarbejde nye krav til bæredygtighed herunder krav til cirkulær økonomi. Derfor er det afgørende, at der er et klart mandat fra politikerne til at arbejde med potentielt fordyrende tiltag. Mandatet er også vigtigt, fordi arbejdet med cirkulær økonomi sker i et umodent marked, og fordi prissætning af kravene derfor er usikker. Byggeri København ønsker på sigt og i takt med at markedet modnes at håndtere arbejdet med cirkulær økonomi på planlægningsstadiet uden, at der er behov for et eksplicit mandat.

Endelig ønsker Byggeri København at fremme anvendelse af designværktøjer, som styrker cirkulær økonomi herunder det nationalt anerkendte værktøj til livscyklusanalyser, LCAbyg, og materialepas, som på sigt skal være med til at give den grundlæggende væsentlige information til at håndtere materialer på vejen gennem deres livscyklus.

1.2. Cirkulær økonomi gennem DGNB

I forbindelse med Økonomiudvalgets beslutning i februar 2021 præciserede Byggeri København tilgangen til cirkulær økonomi gennem DGNB. DGNB indeholder ca. 27 kriterier og ca. 116 indikatorer, hvor der er større eller mindre elementer af cirkulær økonomi. Det er et stort antal og derfor har Københavns Kommune udpeget otte kriterier med underkriterier (indikatorer), som der skal være ekstra fokus på i arbejdet med cirkulær økonomi. De er oplistet på side 8. Nedenfor gennemgås hvilke projekter, der skal arbejde med cirkulær økonomi og hvordan.

Hvilke projekter?

Kravet til cirkulær økonomi gennem DGNB gælder alle projekter i Københavns Kommune, som har fået og får midler til planlægningsfasen, dvs. idéoplæg og byggeprogram, fra og med budget 2021.

Hvordan?

Projekterne fastlægger point i de udvalgte kriterier og indikatorer i samarbejde med Byggeri Københavns specialister inden for cirkulær økonomi. Det skal gøres i den relevante matrix fra DGNB-systemet.

Projektet skal herunder inden for projektets økonomiske ramme implementere flest mulige af de cirkulære elementer, som løbende er udviklet i arbejdet med cirkulær økonomi, og som for de flestes vedkommende vil fremgå af denne håndbog.

Projekter, som *ikke* skal DGNB-certificeres, følger de samme kriterier i DGNB-systemet og den samme proces med tildeling af point. Dette angiver ambitionsniveauet i projektet for arbejdet med cirkulær økonomi, men fører ikke til en certificering. Pointgivningen foretages i samarbejde mellem projektleder eller projektchef, rådgiver og Byggeri Københavns specialister i cirkulær økonomi.

Herudover skal der i enkelte udvalgte projekter arbejdes med et særskilt øget fokus på cirkulær økonomi for at sikre løbende udvikling af området. I disse projekter gives der også point i de udvalgte kriterier, og i disse projekter vil der sandsynligvis skulle afsættes ekstra midler til cirkulær økonomi. Det kan både være projekter, som DGNB-certificeres, og projekter som ikke certificeres. Byggeri Københavns projektleder eller projektchef vil vide, om projektet er omfattet af et særskilt øget fokus.

Det er Byggeri København, der i forbindelse med kommentering af budgetnotater til planlægningsbevillinger vurderer, om et projekt skal arbejde med et særskilt fokus på cirkulær økonomi. Det vurderes ud fra projektets karakter og muligheder for at kunne bidrage til området. Det er denne håndbog, som er grundlaget for vurderingen. Vurderingen præsenteres i ansøgningen om planlægningsbevilling for Københavns Kommunes Borgerrepræsentationen således, at det i forbindelse med de to årlige forhandlinger om budget er muligt for Borgerrepræsentationen at tilvælge eller fravælge, om projektet skal arbejde med cirkulær økonomi.

Eventuel ekstra finansiering til indsatsen for cirkulær økonomi vurderes som et led i planlægningsfasen, og der søges om den ekstra finansiering i anlægsbevillingen.

Opfølgning

Det er et politisk ønske i Københavns Kommune, at der årligt følges op på, hvilket niveau i DGNB, der opnås i de enkelte byggeprojekter, hvad angår cirkulær økonomi. Derfor skal følgende leveres i hvert byggeprojekt:

- Hvis der laves DGNB-certificering, skal vurderingen af de otte kriterier indgå som en del af den samlede matrix og afleveres ved hvert faseskift fra byggeprogram til aflevering.
- Hvis der ikke laves DGNB-certificering, skal projektet ved hvert faseskift fra byggeprogram til aflevering aflevere en udfyldt matrix for de relevante kriterier og indikatorer. Det skal bestemmes fra starten af projektet, hvornår der skal indsendes dokumentation på de enkelte kriterier og indikatorer.

De udvalgte kriterier

De otte kriterier, som er oplistet nedenfor, har Byggeri København vurderet, er de vigtigste til at understøtte cirkulær økonomi.

Der stilles generelt ikke krav om point i kriterierne ud fra en betragtning om, at cirkulær økonomi er så tidlig i sin udvikling, at det ikke giver mening at låse bestemt kriterier og indikatorer frem for andre.

En undtagelse herfra er dog krav i de kriterier og indikatorer, som fremgår af *Københavns Kommunes miljøkrav til DGNB* til nybyggeri og omfattende renoveringer over 20 millioner kroner. De skal følges under alle omstændigheder for den gruppe byggerier over 20 millioner. I alle øvrige projekter skal det vurderes, hvorledes kravene skal håndteres og sammenholdes med de gældende krav i *Miljø i byggeri og anlæg 2016*.

Der henvises generelt til DGNB-systemet og til den til enhver tid gældende manual for mere information om de enkelte kriterier.

Det gælder for alle kriterierne nedenfor at alle indikatorer skal vurderes. Vær opmærksom på krav til nybyggeri og omfattende renoveringer over 20 mio. kr. i *Københavns Kommunes miljøkrav til DGNB*.

- Kriterie PRO1.1 Kvalitet i forberedelsen af projektet
- Kriterie PRO1.4 Bæredygtighedsaspekter i udbudsmaterialet
- Kriterie PRO2.1 Byggeplads/byggeproces
- Kriterie ENV1.1 Livcyklusvurdering af bygning (LCA)
- Kriterie ENV1.2 Miljøfarlige stoffer
- Kriterie ENV1.3 Ansvarsbevidst ressourceindvinding
- Kriterie ECO2.1 Fleksibilitet og tilpasningsevne
- Kriterie TEC1.6 Nedtagning og genanvendelse

Dette kriterie er afgørende i arbejdet med cirkulær økonomi. Aktuelt er kriteriet svært at arbejde med, dels fordi det er nyt, dels fordi det metodisk er uklart beskrevet i manualen til DGNB (2020-versionen). Dette er også en væsentlig grund til, at der ikke stilles særlige pointkrav ud over dem bestemt af Teknik- og Miljøforvaltningen i *Københavns Kommunes krav til miljø i DGNB*. Danish Green Building Council arbejder på en revision af kriteriet. I første omgang er det indikator 3.1. og 3.2, som der skal arbejdes med.

1.3. Cirkulære principper

For at strukturere arbejdet med prioritering af cirkulær økonomi, i dialog med DGNB-systemet, i det enkelte byggeprojekt har Byggeri København lavet oversigten *Cirkulære principper* side 11. De cirkulære principper er udviklet, før Københavns Kommune gik over til at håndtere cirkulær økonomi gennem DGNB-systemet og udviklingen må vise i hvor høj grad, DGNB-systemet kan optaget og måske overtage indholdet i principperne.

De cirkulære principper er en retningspil for det enkelte projekt, og det er sammen med DGNB Byggeri Københavns grundlag for at træffe beslutninger på tværs af sin portefølje om cirkulær økonomi.

Forklaring til de Cirkulære principper

De Cirkulære principper er en samlet operationel opstilling af principper, som Byggeri København i kraft af sin dialog med andre aktører og markedet ser i forhold til cirkulær økonomi. Nedenfor gennemgås opstillingen først overordnet, dernæst ses selve opstillingen, og endelig gennemgås hvert enkelt princip i opstillingen mere grundigt.

Principperne indledes med to principper, der handler om opstarten. Det første princip siger, at Byggeri København skal lave en prioritering af cirkulær økonomi i forhold til de andre væsentlige områder, der er i byggeprojektet. Herefter og i høj grad i sammenhæng med dette sættes et ambitionsniveau for selve arbejdet med den cirkulære økonomi.

Dernæst oplistes de tre vigtigste mål, hvor de to overordnede er reduktion i brug af CO2 og råstoffer og underordnet dem reduktion af vores affaldsmængder. Målene siger, hvad ambitionen skal forholde sig overordnet til.

Dette understøttes i næste niveau af, hvilke fire overordnede strategier, der er inden for den cirkulære økonomi for at nå de tre mål. De fire opstillede strategier i dette niveau kommer fra en akademisk teoretisk udvikling af forretningsmodeller inden for cirkulær økonomi.

Herefter oplistes 15 handlemuligheder for cirkulær økonomi delt i tre rækker. Den første række handler om materialerne og konstruktionsprincipperne. Den anden handler om, hvordan vi dokumenterer og videregiver information om bygningen og vedligeholder den, så den opretholder sin værdi. Den sidste række handler om samarbejdet med markedet, nye måder at tænke på og værktøjer til at fremme en cirkulær økonomi.

Opstillingen afsluttes med fem afgørende opmærksomhedspunkter, det er vigtigt at være opmærksom på i byggeprojektet, eftersom de konkrete cirkulære løsninger er u prøvet i markedet.

De cirkulære principper er lavet med udgangspunkt og inspiration i den internationale og danske udvikling og forståelse af cirkulær økonomi, både generelt og mere specifikt i byggeriet: Affaldshierarkiet er udviklet af Europakommissionen i 2008. De fire strategier eller forretningsmodeller i fjerde række er udviklet af en række personer fra 2013 til 2020, hvor Bocken mfl. i 2013 beskriver grundlæggende cirkulære forretningsmodeller, Giessdoerfer mfl. i 2017 kategoriserer et cirkulært system og Konietzko mfl. i 2020 konkretiserer cirkulære forretningsmodeller til praktiske handlemuligheder. Den cirkulære model med de 15 principper kommer fra bogen *Building a Circular Future*, 3. version 2018. Endelig har Byggeri København bidraget med 10 principper og delvist bearbejdet dem, som kommer fra de nævnte kilder.

CIRKULÆRE PRINCIPPER

marts 2021

OPSTART

Prioritering

Vurder cirkulær økonomi i forhold til projektets andre prioriteter.

Ambition

Sæt et ambitionsniveau, der styrker og udvikler markedet.

MÅL

CO2

Brug den bedst mulige løsning med mindst mulig CO2-påvirkning.

Råstoffer

Undgå at anvende jomfruelige ikke fornybare råstoffer.

Affald

Gentænk ved brug af affaldshierarkiet processerne i byggeriet for at mindske affald.

STRATEGIER

Mindreforbrug

Brug færre ressourcer, materialer og produkter, smartere m2 og mindre energi fra design til recirkulering.

Holdbarhed

Reparer, vedligehold og anvend materialer og produkter i længere tid.

Cirkularitet

Bevar materialer og produkter i deres naturlige og tekniske cirkler.

Viden

Styrk produkter, beslutninger og processer med dokumentation og ressourcekortlægning.

HANDLEMULIGHEDER

Materialekvalitet

Vælg sunde materialer med egenskaber, som sikrer, at de kan recirkulere.

Levetid

Design bygningen med fokus på dens samlede levetid.

Standarder

Design en enkel bygning, hvor mindre dele passer ind i et større system.

Samlinger

Vælg samlinger, som kan holde til gentagen samling og adskillelse.

Nedtagning

Lav en plan for adskillelse og nedtagning.

Dokumentation

Dokumentér materialerne og ressourcerne for at sikre deres kvalitet.

Identifikation

Identificér de enkelte elementer fysisk, så den korrekte information kan genfindes.

Vedligehold

Lav korrekt vedligeholdelsesplan for at sikre værdien af materialerne.

Sikkerhed

Oprethold sikkerhedsprocedurer for at håndtere alle faser af bygningens liv.

Overgangsfaser

Bevar informationen om, hvordan materialerne skal håndteres i overgangsfaser.

Forretningsmodeller

Lav nye forretningsmodeller for at fuldende den cirkulære økonomi.

Incitament

Skab positivt økonomisk afkast for alle parter i værdikæden.

Service

Tænk i nye services og ejerformer frem for nye produkter.

Partnerskaber

Skab partnerskaber og samarbejder for at styrke den cirkulære økonomi.

Værktøjer

Udvikl og styrk værktøjer, som fremmer cirkulær økonomi.

OPMÆRKSOMHEDSPUNKTER

Innovation

Imødekom cirkulær innovation, men vær opmærksom på risici.

Ansvar

Håndter ansvar for materialer og processer i projektet.

Leverancesikkerhed

Sørg for at materialer og produkter kan leveres til projektet.

Processer

Giv nye processer tid, og gør dem tydelige og realiserbare.

Skalerbarhed

Fokuser på de emner, der har størst effekt eller potentiale.

1.4. Cirkulære principper – gennemgang

Nedenfor gennemgås hvert enkelt af de 29 principper nærmere.

1.4.1. OPSTART

Prioritering

Vurder cirkulær økonomi i forhold til projektets andre prioriteter.

Projektchefen eller projektlederen foretager altid en lang række prioriteringer i byggeprojektet. Med indsatsen om cirkulær økonomi er der endnu et parameter, der skal tages i betragtning. Det er vigtigt, at arbejdet med cirkulær økonomi ses i forhold til de øvrige væsentlige forhold i projektet f.eks.

- Levering af de funktioner som Københavns Kommunes bestillere og borgere har brug for
- Krav fra lokalplan
- Tekniske krav
- Byggeri Københavns strategi om billigere og bedre byggeri til tiden
- DGNB-certificering

Hvis der er afsat en økonomi på forhånd til cirkulær økonomi, så er dette en del af prioriteringen. Hvis der ikke er afsat økonomi til projektet, så er de otte udvalgte kriterier i DGNB-systemet med til at prioritere arbejdet med cirkulær økonomi.

Ambition

Sæt et ambitionsniveau, der styrker og udvikler markedet.

Ambitionsniveauet hænger sammen med prioriteringen i projektet. Mens prioriteringen er en ramme sat af økonomi og krav, er ambitionen, hvad Københavns Kommune vil bidrage med til cirkulær økonomi inden for den ramme.

Ambitionen kan fastsættes ud fra pointniveauet i de otte udvalgte kriterier i DGNB og ét eller flere af de 29 principper i oversigten for eksempel multifunktionel brug af de byggede m², et mindre forbrug af materialer, eller at arbejde med specifikke cirkulære materialer og produkter.

Ud over de cirkulære principper er Byggeri Københavns cirkulære økonomiliste side 23 og Byggeri Københavns vidensopsamling på cirkulære projekter side 36 gode steder at hente inspiration til at sætte ambitionen i byggeprojektet.

Man kan også inddrage de nedenstående fire illustrationer i sit projekt for at få inspiration og viden i forhold til at sætte et ambitionsniveau.

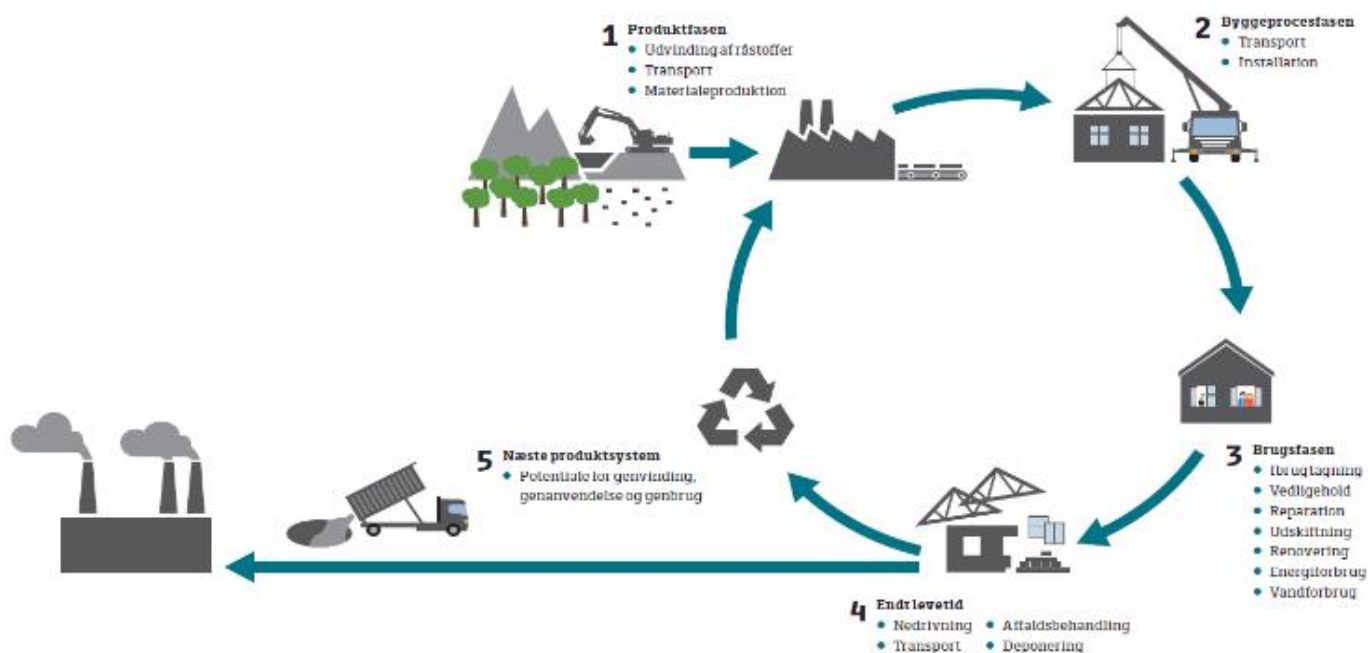


Illustration 1: Introduktion til LCA på Bygninger, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2016).

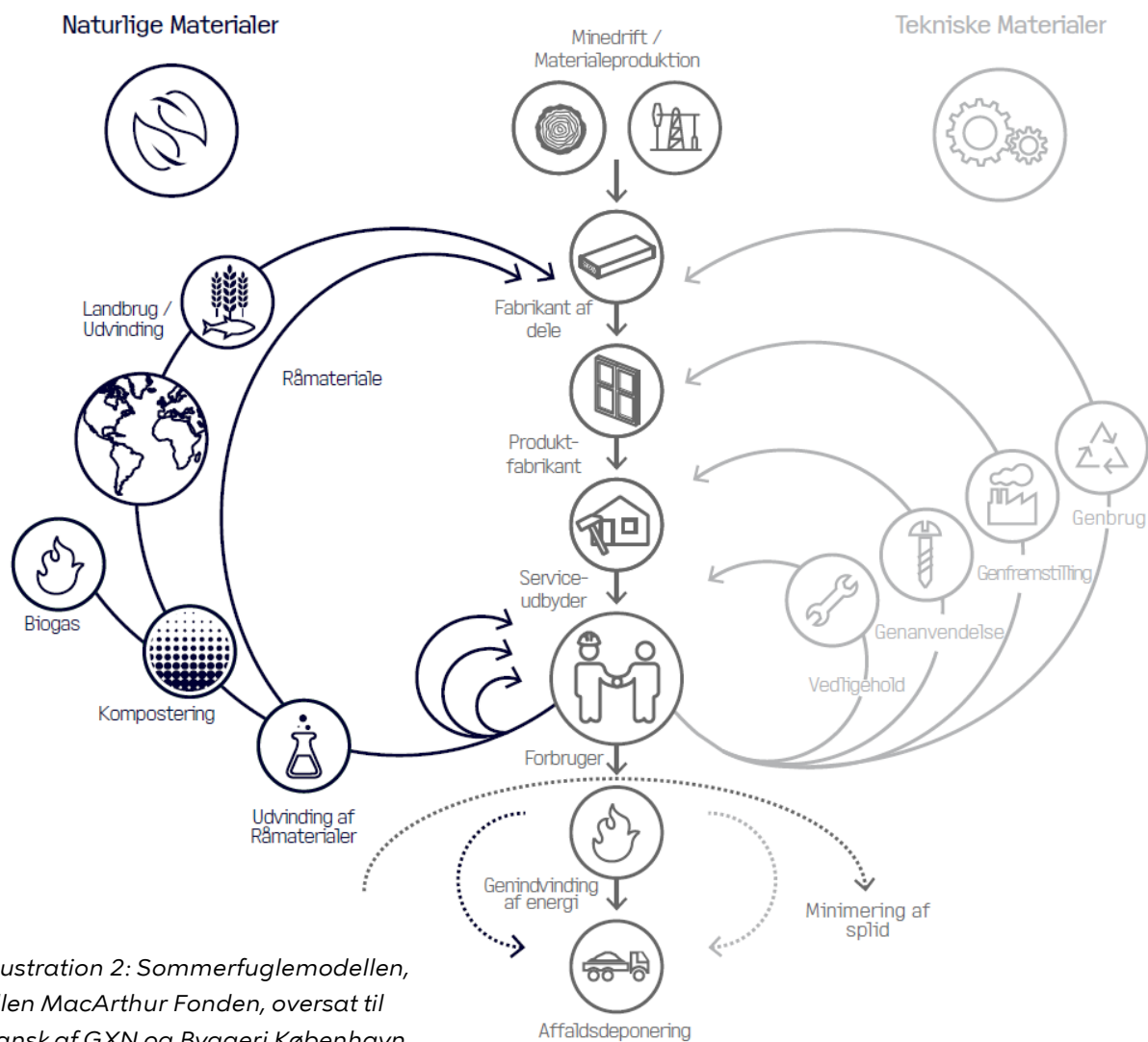


Illustration 2: Sommerfuglemodellen, Ellen MacArthur Fonden, oversat til dansk af GXN og Byggeri København

Den første illustration er den klassiske forståelse, som EU har defineret af materialers og bygningers cirkularitet i et cirkulært system. Den viser de fem faser, som det er vigtigt at forholde sig til i forbindelse med et byggeri: Produktfase, byggeprocesfase, brugsfase, endt levetid og næste produktsystem. Ved at inddrage denne model kan man i byggeprojektet vurdere, hvilke dele man vil arbejde med, og hvad man kan have indflydelse på.

Den anden illustration er en mere detaljeret forståelse af, hvordan både naturlige og menneskeskabte ressourcer kan cirkulere i et system. Denne model kaldes Sommerfuglen og er udviklet af Ellen MacArthur Fonden. Den beskriver visuelt at mindre cirkler, kræver færre ressourcer til at bibeholde en funktion. Cirklerne til venstre repræsenterer ressourcer fra naturen, mens dem til højre er menneskeskabte ressourcer. Figuren viser, at målet er at mindske produktionen af affald. Find yderligere inspiration under princippet Cirkularitet.

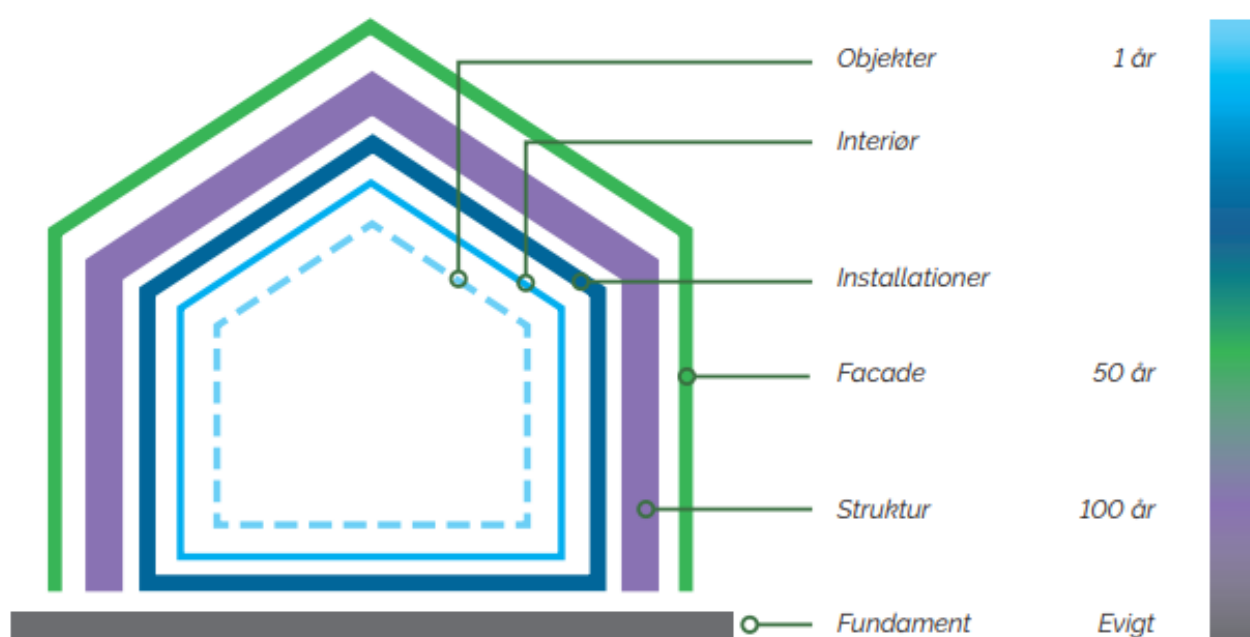


Illustration 3: Regeringens Klimapartnerskaber, Bygge og Anlægssektoren, side 18, Steward Brands lagmodel

Den tredje illustration er Stewart Brands klassiske lagmodel. Den model kan man bruge til at se på, hvilke bygningsdele man vil prioritere.

Endelig kan man orientere sig i materialepyramiden fra Arkitektskolen i København (KADK) og Centre for Industrialised Architecture (CINARK) udgivet i 2019. Materialepyramiden adresserer miljøpåvirkningen pr. m³ eller pr. kg. fra forskellige typer materialer som aluminium, træ og tegl. Pyramiden er interaktiv og derfor giver det bedst mening at anvende den på materialepyramiden.dk. Nedenfor er illustreret toppen af materialepyramiden, med de materialer der udleder flest kg CO₂-ækvivalenter pr. m³.



Illustration 4; Materialepyramiden, Arkitektskolen i København (KADK) og Centre for Industrialised Architecture (CINARK), 2019.

I forbindelse med fastsættelsen af ambitionsniveauet skal det også vurderes, hvor mange point, der skal gives i 8 udvalgte kriterier og alle deres underkriterier (indikatorer) i DGNB-systemet.

Der stilles generelt ikke krav om point i kriterierne ud fra en betragtning om, at cirkulær økonomi er så tidlig i sin udvikling, at det ikke giver mening at låse bestemte kriterier og indikatorer frem for andre.

En undtagelse herfra er dog de kriterier og eller indikatorer, hvor der er stillet krav til point og til håndtering i øvrigt i Københavns Kommunes krav til miljø i DGNB. De er markeret med en asterisk.

- Kriterie PRO1.1. Kvalitet i forberedelsen af projektet
- Kriterie PRO1.4. Bæredygtighed i entrepriseudbud
- *Kriterie PRO2.1. Byggeplads/Byggeproces
- *Kriterie ENV1.1. Livcyklusvurdering (LCA)
- *Kriterie ENV1.2. Miljøfarlige stoffer
- *Kriterie ENV1.3. Ansvarsbevidst ressourceindvinding
- *Kriterie ECO2.1. Fleksibilitet og tilpasningsevne
- *Kriterie TEC1.6. Nedtagning og genanvendelse

1.4.2. MÅL

CO₂

Brug den bedst mulige løsning med mindst mulige CO₂-påvirkning.

Det vigtigste mål inden for cirkulær økonomi er, at reducere vores CO₂-udledning ved opførelse, brug og adskillelse af bygninger.

Bygninger er ofte komplekse konstruktioner, og derfor er det væsentligt at undersøge f.eks. valget af den bærende konstruktion set i den konkrete sammenhæng og funktion. Brug LCA-analyser til at vurdere den bedste løsning, hvad angår CO₂.

Et eksempel på bærende konstruktioner er at anvende træ i stedet for beton. Træ har jf. materialepyramiden en lavere indlejret energi end beton, så at bygge i træ anses for at være CO₂-besparende kontra at bygge i beton.

Råstoffer

Undgå at anvende jomfruelige ikke fornybare råstoffer.

Det andet væsentlige mål med cirkulær økonomi er at blive mere ressourcebevidst, hvad angår jomfruelige ikke fornybare råstoffer som grus. Hovedstadsregionen har ikke udtømmelige ressourcer af jomfruelige materialer, hvorfor skal disse hentes fra steder, som kræver længere transportafstande. Tænk derfor over, om det kan være en fordel både i forhold til råstofferne og i forhold til CO₂ ved transport, men også ved forarbejdning, at udnytte de råstoffer, som allerede er bygget ind i eksisterende bygninger, hvis det er nødvendigt at nedrive dem.

Eksempel: Man kan sikre, at nedrevet konstruktionsbeton bliver genanvendt som tilslag i ny konstruktionsbeton.

Affald

Gentænk ved brug af affaldshierarkiet processerne i byggeriet for at mindske affald.

Affaldshierarkiet side 17 viser de forskellige niveauer, materialer kan recirkuleres på. Jo højere i hierarkiet man kan indplacere materialet, jo mindre forarbejdning kræver det for at få nyt liv, og dermed følger ofte en besparelse i udledningen af CO₂ og en besparelse i råstoffressourcer.

Der er tale om 'downcycling' af materialets værdi, når materialets nuværende materielle værdi ødelægges for at kunne genanvendes på ny. Dette er tilfældet i affaldshierarkiets trin om 'genanvendelse', 'anden nyttiggørelse' og 'bortskaffelse og deponering'.

Affaldsforebyggelse eller direkte genbrug

Ved affaldsforebyggelse eller direkte genbrug er materialet endnu ikke blevet til affald ifølge affaldsdefinitionens betydning, jf. Affaldsbekendtgørelsens § 2, stk. 1: "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."

Materialer kan opnå en status som affald af planlægnings- eller holdbarhedsmæssige årsager. Undgå produktionen af affald og spild af materialer ved at planlægge med henblik på affaldsforebyggelse eller

direkte genbrug, så materialer ikke ødelægges unødigt. Anvend derfor også materialer, der er holdbare, som ikke er forurenede, og som har mulighed for at blive genbrugt direkte.

Forberedelse med henblik på genbrug

Nogle få og enkle handlinger gør materialet i sin nuværende form brugbart igen, f.eks. rensning af brugte mursten. Det vigtige er, at genstanden kan bruges igen til samme formål, som før den blev til affald, uden f.eks. at skulle smeltes om eller på anden måde nedbrydes.

Genanvendelse

Genanvendelse er, når affaldsmaterialer omskabes til nye produkter, materialer eller stoffer, uanset om de anvendes til det oprindelige formål eller til andre formål. Materialet nedbrydes eller findeles, f.eks. beton eller gips som knuses og indgår i produktionen af nye betonelementer eller gipsplader.

Anden nyttiggørelse

Anden nyttiggørelse opdeles i to: 1) anden endelig materialenyttiggørelse og 2) forbrænding af affald med energiudnyttelse. I begge tilfælde er der tale om, at materialet efterfølgende ikke kan recirkuleres. Anden endelig materialenyttiggørelse kan f.eks. være knust beton, der anvendes som bærelag i en vej i stedet for jomfrueligt grus. Forbrænding af affald med energiudnyttelse sker f.eks. med de københavnske husholdningers restaffald, eller når træaffald sendes til forbrænding i stedet for at finde anvendelse længere oppe i affaldshierarkiet.

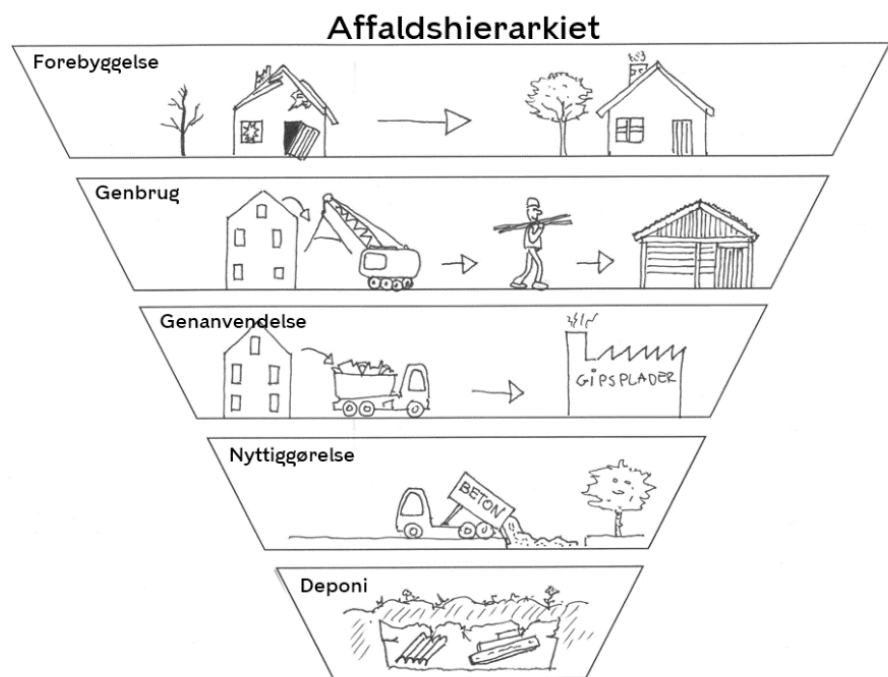


Illustration 5: Byggeri Københavns egen gengivelse af affaldshierarkiet.

Bortskaffelse og deponering

Bortskaffelse og deponering er sidste mulighed, hvor man ikke kan gøre andet med materialet end at deponere det. Det vil sige at man f.eks. graver et hul i jorden, isolerer det fra den omgivende jord og deponere materialet her indtil, der forhåbentligt på et tidspunkt bliver mulighed for at håndtere materialet, så det kan komme videre i systemet forsvarligt.

1.4.3. STRATEGIER

Mindreforbrug

Brug færre ressourcer, materialer og produkter, smartere m² og mindre energi fra design til recirkulering.

Et mindre forbrug af ressourcer skal forstås som muligheden for at bygge den efterspurgte funktion med færre ressourcer og mindre energi for eksempel ved brug af lette konstruktioner eller eldrevne maskiner på byggepladsen. Ligeledes er det et mindreforbrug af ressourcer, når den samme m² kan være med til at opfylde flere funktioner, eller når det ikke er nødvendigt overhovedet at bygge en bygning. På den måde optimeres forbruget af ressourcer.

Et eksempel er at planlægge til multifunktionalitet, hvor flere brugere eller funktioner er i fokus, så bygningerne har de bedste vilkår for at stå tomme så lidt som muligt.

Holdbarhed

Reparer, vedligehold og anvend materialer og produkter i længere tid.

Design bygningen, så den opfylder den ønskede funktion, men implementer løsninger, der gør bygningen fleksibel, så den let kan ombygges til at udfylde nye funktioner. Undersøg mulighederne for design til adskillelse for at gøre en ombygning så enkel som mulig. Design ligeledes bygningen, så muligheden for at reparere og vedligeholde bygningen og materialerne tilgodeses.

Gør det enklere at udskifte de lag i bygningen, som oftest udskiftes. Stewart Brands lagmodel side 14 er relevant her. Det bør ligeledes undersøges, hvorvidt det er muligt at renovere og bygge om som alternativ til nedrivning og nybyg.

Cirkularitet

Bevar materialer og produkter i deres naturlige og tekniske cirkler.

Anvend materialer, der kan cirkuleres uden at miste nævneværdig værdi. Anvend ikke materialer der kan gøre skade på det naturlige økosystem. Implementer enkle løsninger til recirkulering af materialerne f.eks. design til adskillelse, som gør det muligt at recirkulere materialerne og ressourcer uden, at de taber værdi. Dette skader miljøet mindst muligt og antages at spare mest mulig CO₂ og flest mulige ressourcer.

Find inspiration i Sommerfuglemodellen om recirkulering af ressourcer fra de naturlige og de tekniske cirkler på side 13. Modellen beskriver, at der ikke kan laves byggematerialer uden at anvende naturlige ressourcer. Mængden af de naturlige ressourcer, der anvendes, kan således mindskes ved recirkulering.

Der mangler aktuelt gode eksempler på, at man kan lave byggeri eller dele af byggeri eller bygningsdele eller materialer, som kan cirkulere inden for den naturlige cirkel. Det udestår at se, hvor langt man kan komme inden for denne cirkel. Der vil ofte være blandet en eller anden form for binder eller et andet materiale, som giver styrke til produktet, ind i det, som ellers var et rent biologisk materiale.

Byggeri København gør opmærksom på platformen [Byggekulaert.dk](https://byggekulaert.dk), hvor det er muligt at købe, sælge og efterspørge genbrugsmaterialer. Platformen er udviklet af Gladsaxe Kommune og Gladsaxe Erhvervsby med henblik på at gøre genbrugsmaterialer tilgængelige på markedet.

Viden

Styrk produkter, beslutninger og processer med dokumentation og ressourcekortlægning.

Brug viden og dokumentation til at styrke strategier som mindreforbrug, holdbarhed og cirkularitet og til at give mulighed for at træffe funktionsmæssige, byggetekniske og designrelaterede beslutninger på et oplyst grundlag. Viden og dokumentation styrker ligeledes fremtidig fleksibilitet og muligheden for enkel recirkulering af ressourcer, materialer og produkter. Viden og dokumentation kan f.eks. fastholdes gennem et materiale- og eller bygningspas. Se mere om pas under princippet Dokumentation.

Styrk f.eks. recirkulering af fraktioner gennem kortlægning. Ved nedrivning foretages ressourcekortlægningen, og den kan bidrage til at vise, hvordan forskellige fraktioner skal prioriteres, håndteres og cirkuleres, når en nedrivning af eksisterende byggeri gennemføres.

1.4.4. HANDLEMULIGHEDER

Materialekvalitet

Vælg sunde materialer med egenskaber, som sikrer, at de kan recirkulere.

Vælg materialer i høj kvalitet for at bevare dem så længe som muligt. Vælg materialer, som ikke indeholder giftige stoffer, og som dermed bidrager til et sundt klima nu og i fremtiden. Vælg materialer, der er så rene som muligt, fordi det letter genbrug og genanvendelse.

Det er væsentligt at overveje at designe bygninger, hvor udgangspunktet for designstrategien er genbrugte og genanvendte materialer. På den måde bidrager bygherren til at trække markedet i en cirkulær retning.

Vær opmærksom på materialer med certificeringer som Cradle-to-Cradle og Svanemærket. Det vil også være relevant for dette princip at bidrage til udviklingen af materialepas.

Eksempel: I byggeprogrammet til Guldberg Skole – De Gamles By står der: "Det færdige byggeri skal [...] sikre, at de indbyggede materialer i fremtiden kan genbruges. Dette skal tilvejebringes via designmæssige greb, der fremmer design til adskillelse og genbrug uden funktionstab, kvalitetstab eller væsentlige materialetab i forbindelse med genbrug af byggevarer."

Levetid

Design bygningen med fokus på dens samlede levetid.

Sørg for, at de bygningsdele, som holder længere, giver plads til, at andre dele af bygningen, som holder kortere, kan ændres uden store forhindringer. Se Stewart Brands lagmodel på side 14 til inspiration. Lav en fleksibel bygning, som let kan ændres i forhold til fremtidige krav. Tænk på bygningen som en midlertidig sammensætning af materialer og design, som også tjener det formål at bevare materialernes værdi. Det kan også kaldes en materialebank. Vær opmærksom på, at god renovering er væsentlig for at bevare værdien af materialerne.

Standarder

Design en enkel bygning, hvor mindre dele passer ind i et større system.

Brug modulære systemer, hvor dele let kan udskiftes. Brug præfabrikerede elementer for at sikre hurtigere og bedre samling og adskillelse, og design en ny enklere del, hvis sammensætningen af elementer bliver for kompleks.

Man kan også forstå det som 'uafhængige' dele. F.eks. hvis der ikke skal skæres ud til et vindue i et beton-element, men vinduet sættes ved siden af betonelementet, så dette forbliver intakt.

Samlinger

Vælg samlinger, som kan holde til gentagen samling og adskillelse.

Gør samlingerne synlige for at gøre samling og adskillelse nemmere og hurtigere. Brug mekaniske samlinger for at undgå at skade materialerne. Hvis lim og lignende er nødvendigt så brug en udgave, der kan opløses igen.

Design til adskillelse er central her.

Nedtagning

Lav en plan for adskillelse og nedtagning.

Ligesom der er en plan for at bygge bygningen, skal der også være en enkel plan for adskillelse og nedtagning for at sikre en hurtig og let adskillellesproces med en minimal produktion af affald. Tænk på konstruktiv stabilitet under adskillelsen og sørg for at planen tager hensyn til nabobygninger, mennesker og natur.

Design til adskillelse og selektiv nedrivning er centrale her.

Dokumentation

Dokumentér materialerne og ressourcerne for at sikre deres kvalitet.

Sørg for at bevare al relevant bygningsdata fra materialeniveau til den samlede bygning. Gør al information tilgængelig for relevante personer i hele bygningens levetid. Sørg for et tydeligt ansvar for og ejerskab til dataene og en god tilgængelighed til dem. Byggebranchen arbejder hen imod at anvende BIM-modeller til at håndtere disse oplysninger, hav derfor en god dialog med den IKT-ansvarlige for projektet.

Vær opmærksom på materialer med miljøvaredeklarationer (EPD), for at sikre troværdig dokumentation af materialet.

De data og informationer der findes på materialerne, kan med fordel samles til et materialepas. Dette giver overblik over materialets indhold. Hvis alle materialerne i en bygning er dokumenteret, kan de sammensættes til et bygningspas. Et bygningspas er en oversigt over de samlede materialepas som bygningen indeholder.

Identifikation

Identificér de enkelte elementer fysisk, så den korrekte information kan genfindes.

Hvert materiale bør have en unik mærkat, så det kan identificeres. Lav en database til al relevant information. Sørg for at der er sammenhæng mellem det unikke materiale og databasen. Anvend med fordel BIM-modellen som database, sørg for at inddrage den IKT-ansvarlige.

Vedligehold

Lav korrekt vedligeholdelsesplan for at sikre værdien af materialerne.

Gør vejledninger til vedligehold af de enkelte byggematerialer tilgængelige. Opdater byggematerialets digitale pas, hvis der bliver lavet ændringer i bygningen. Anvend med fordel BIM-modellen som database, sørg for at inddrage den IKT-ansvarlige.

Sikkerhed

Oprethold sikkerhedsprocedurer for at håndtere alle faser af bygningens liv.

Dokumenter specifikke sikkerhedsprocedurer for opførelse, brug og vedligehold og adskillelsesproces.

Overgangsfaser

Bevar informationen om, hvordan materialerne skal håndteres i overgangsfaser.

Dokumenter, hvem der er ansvarlig for materialer og bygningsdele i overgangsfaser fra adskillelse i ét byggeri til indbygning i et andet. Direkte overdragelse fra ét byggeri til et andet er bedst for at mindske opbevaring. Beskriv hvordan materialer og bygningsdele skal håndteres og oplagres, hvis det er nødvendigt i en overgangsperiode.

Det kan også være, at det er en god løsning at sende materialet ud på markedet, fordi markedet håndterer materialet bedst, og at man derefter kan købe det eller et lignende materiale tilbage igen. Vær opmærksom på, hvem der har produktansvaret.

Forretningsmodeller

Lav nye forretningsmodeller for at fuldende den cirkulære økonomi.

Nye former for service er nødvendige for at styre, håndtere og certificere materialer og byggematerialer. Opsøg muligheden for at skabe synergier mellem forskellige aktører i værdikæden.

Eksempel: Nedriveren udvikler sig fra at håndtere affald og bringe dem til forskellige modtagerstationer til at være en leverandør af materialer til materialeindustrien. Det kræver sandsynligvis nedrivning, pakning og transport på andre måder end den almindelige praksis.

Incitament

Skab positivt økonomisk afkast for alle parter i forsyningskæden.

Gør det synligt for markedet, at implementering af cirkulær økonomi er til markedets fordel. Gør det ligeledes synligt for hele samfundet og vis, at det har en positiv effekt på miljøet. Dokumenter så vidt muligt resultaterne. Dette kan blandt andet opgøres, som 'x' kg CO2 sparet for 'x' kr, i modsætning til en konventionel løsning.

Service

Tænk i nye services og ejerformer frem for nye produkter.

Anvend services snarere end produkter. Lav aftaler baseret på produktets funktion, og hvor det kan leveres tilbage efter en defineret brugsperiode. Anvend firmaer som faciliterer tilbagelevering af produkter ved endt levetid.

Partnerskaber

Skab partnerskaber og samarbejder for at styrke den cirkulær økonomi.

Skab samarbejde mellem forskellige relevante aktører for at dække alle aspekter af cirklen. Del viden og kommuniker på tværs af aktører for at opnå en høj kvalitet og integrerede løsninger. Gør det muligt for alle aktører at få fordel af arbejdet med cirkulær økonomi for at få det til at lykkes.

Kontakt kontoret Strategi og Læring i Byggeri København for mere information om vores eksisterende samarbejder.

Værktøjer

Udvikl og styrk værktøjer, som fremmer cirkulær økonomi.

Anvend værktøjer og digitale løsninger, som gør cirkulær økonomi overskuelig og enkel.

Eksempel: Bygningspas for bygningen baseret blandt andet på data fra miljøvaredeklarationer (EPD), og som anskueliggør bygningens levetid og miljøpåvirkning i bygningens forskellige faser (se figur side 13).

1.4.5. OPMÆRKSOMHEDSPUNKTER

Innovation

Imødekom cirkulær innovation, men vær opmærksom på risici.

Bidrag til at markedet kan udvikle og teste nye innovative løsninger i praksis. De kan ske ved at indgå i samarbejde med f.eks. universiteter f.eks. gennem ph.d.-forskningsprojekter eller med virksomheder, som ønsker at bidrage til en cirkulær dagsorden.

Ved udvikling og test af nye cirkulære løsninger i byggeriet, kan der oftest søges midler gennem fonde som Realdania.

Byggeri København deltager i post.-doc.-projekt om ikke bærende skillevægge med Saint Gobain.

Ansvar

Håndter ansvar for materialer og processer i projektet.

Cirkulær økonomi kan udfordre de garantier, som f.eks. entreprenøren vil stille. Sørg for at risikoen nedbringes til et forsvarligt omfang, der kan håndteres i projektet, og at ansvar er håndteret tydeligt og placeret entydigt.

Leverancesikkerhed

Sørg for at materialer og produkter kan leveres til projektet.

Lav aftaler, som sikrer leverancesikkerhed. Vær opmærksom på den cirkulære mulighed, men også på den økonomiske risiko, der f.eks. kan være ved, at et cirkulært materiale og/eller produkt bliver en byggerellevance.

Teknik- og Miljøforvaltningens oplagringsplads på Selinevej 12-14 kan levere udendørs materialer til brug i Københavns Kommunes egne byggerier og anlægsprojekter.

Processer

Giv nye processer tid, og gør dem tydelige og realiserbare.

Overvej hvilke processer, der er nødvendige, for at den cirkulære løsning kan blive en realitet. Forskellige cirkulære løsninger kræver fokus i forskellige dele af planlægningen af et byggeprojekt. En cirkulær løsning på materialeniveau kan (måske) nemt prioriteres ved indkøb af materialer, hvor en cirkulær løsning af bygningsdesignet skal indtænkes allerede i de tidlige planlægningsfaser.

Skalerbarhed

Fokuser på de emner, der har størst effekt nu eller på sigt.

Vær opmærksom på at løsningen kan skaleres, så der hurtigst muligt kan opnås størst effekt.

Eksempel: Genbrugte mursten må på nuværende tidspunkt anses for at være en standardløsning, når mursten skal anvendes som facade.

2. Byggeri Københavns cirkulære økonomiliste

Dette kapitel redegør for dele af den viden, Byggeri København har samlet inden for forskellige emner inden for cirkulær økonomi. Denne liste kan bidrage til den konkrete indsats i det enkelte byggeprojekt. Byggeri København ønsker løbende at udbygge listen i dialog med branchen.

Byggeri København tager forbehold for fejl, ændringer og mangler i teksten.

Nedenfor forklares hvordan de enkelte rækker anvendes til at vurdere et emne/materiale.

TITEL Her indsættes relevant titel

Resumé	<i>Giver en kort samlet konklusion på emnet/materialet.</i>
Mulige mål i byggeprojektet	<i>Hvilke mål kan man arbejde med i et byggeprojekt?</i>
Cirkularitet	<i>Forholder sig til hvor godt emnet/materialet er til at indgå i et cirkulært byggeri. Både emner, der handler om nedrivning, og nye emner/materialer vurderes i forhold til deres evne til at kunne recirkuleres.</i>
Modenhed	<i>Hvor modent er emnet/materialet på markedet?</i>
Miljøpotentiale	<i>Hvilke konsekvenser har emnet/materialet for miljøet?</i>
Tekniske forhold	<i>Hvilke tekniske forhold skal man være opmærksom på?</i>
Tid ift. byggefaser	<i>Hvor godt er emnet/materialet f.eks. i forhold til leverancesikkerhed?</i>
Økonomi	<i>Hvad koster emnet/materialet?</i>
Væsentligste kilder	<i>Hvad er de vigtigste kilder til den information, Byggeri København har samlet i dette dokument.</i>

Hvis et felt ikke er udfyldt, hvilket er angivet med en streg (-), kan oplysningen ikke deles af fortrolighedshensyn, eller er ikke relevant, eller ikke kendt på nuværende tidspunkt.

LAVTHÆNGENDE FRUGTER.....	25
BETON, nedrevet fraktion og nyt materiale	25
CLT, cross laminated timber, nyt materiale.....	27
GIPS, (ikke-bærende skillevægge)	27
GLAS (vinduer), nedrevet fraktion og nyt materiale.....	28
GLASULD, nedrevet fraktion og nyt materiale	29
LYSAMATURER, nedrevet fraktion	30
MINERALULD, nedrevet fraktion og nyt materiale.....	30
MURSTEN, nedrevet fraktion.....	31
SKILLEVÆG, demonterbar Ytong-skillevæg	32
STÅL, nedrevet fraktion og nyt materiale.....	33
TAGPAP, nedrevet fraktion	33
TAGSTEN, nedrevet fraktion	34
TEGL TIL FACADE, nyt materiale	34
TRÆ, nedrevet fraktion	35

LAVTHÆNGENDE FRUGTER

Resumé	Der kan arbejdes med at indskrive direkte krav i udbudsmaterialet om håndtering af forskellige forhold i byggeriet. Der kan arbejdes med krav om sortering i ren gips-fraktion, levering af nedtaget konstruktionsbeton til CE-mærket genanvendt tilslag, levering af restbeton fra betonbil til CE-mærket genanvendt tilslag, levering af beton til Københavns Kommunes Miljøcenter Nordhavnen (KMC). Krav om at interimtræ/byggepladstræ skal genbruges direkte. Krav om at udendørs materialer afleveres/hentes på Selinevej 12-14, og endelig at platformen bygcirkulært.dk eventuelt kan bruges.
Mulige mål i byggeprojektet	Stil krav om, at der sorteres ud i ren gips Stil krav om, at beton skal leveres til kommunens egen karteringsplads, KMC i Nordhavnen Stil krav om, at konstruktionsbeton leveres til CE-mærket cirkulær beton. Stil krav om at overskudbeton fra en betonbil bliver leveret CE-mærket cirkulær beton. Stil krav om, at mursten skal sendes til genbrug jf. affaldshierarkiet, Stil krav om at interimtræ/byggepladstræ genbruges direkte. Stil krav om at nedrevne materialer med rette kvalitet sendes til kommunens opbevaringsplads for udendørs materialer på *Selinevej. Stil krav om at materialer fra Selinevej leveres til projektet. Stil krav om at platformen bygcirkulært.dk eventuelt bruges. Se Tagpap. Det er muligvis også en lavthængende frugt.
Cirkularitet	Alle forslagene vil sandsynligvis føre til mindre affaldsproduktion i byggeriet.
Miljøpotentiale	Miljøpotentialet kan måles i det enkelte byggeprojekt og erfaringerne samles op derfra.
Tekniske forhold	Der er ikke umiddelbart nogen tekniske udfordringer ved disse forslag. Der er nogle processer og en logistik, som skal ændres.
Tid ift. byggefaser	Der vil være nogle nye processer, som der skal tages højde for i det enkelte projekt
Økonomi	-
Væsentligste kilder	KMC Nordhavn, kontakt: Ann Birgitte Sørensen *Selinevej: Kontakt kontoret Strategi og Læring i Byggeri København

BETON, nedrevet fraktion og nyt materiale

Resumé	Se på muligheden for at anvende CE-mærket genanvendt tilslag til beton med maks. indhold i betonen på 20% genanvendt betontilslag. Send nedrevet konstruktionsbeton til cirkulært CE-mærket
--------	---

betontilslag som det f.eks. produceres hos RGS Nordic. Se på muligheden for at designe til adskillelse for at højne fleksibilitet og muligheden for fremtidig renovering. Overvej at gøre konstruktionerne tyndere i toppen, så der spares beton.

Mulige mål i byggeprojektet	A. Direkte genbrug af eksisterende beton fra det eksisterende byggeri eller andre projekter. B. Anvend 'grøn cement' med mindre CO₂-påvirkning. C. Der støbes in-situ og betonelementer med op til 100% groft genanvendt tilslag og anvendelse af grøn beton. Rådgivere og entreprenører skal gøres opmærksom på muligheden. D. Genanvendelse som stabil (fyld). E. Undgå overdimensionering og for meget beton i toppen. F. Overvej hybridløsninger træ+beton som bærende konstruktion og eller som dæk. G. Nedrevet konstruktionsbeton sendes til CE-mærket genanvendelse.
Cirkularitet	Nummereringen nedenfor skal forstås således at tallene refererer til samme løsning nedenfor 1, 1, 1, 1 og 2, 2, 2 osv. hører altså sammen. 1) Genbrug af betonelementer (dæk, vægge, belægning, mv.) 2) Genanvendt betontilslag (op til 100% af det grove tilslag) i ny beton og 'grøn cement'. Gælder al in-situ støbning og elementfabrikker. 3) Genanvendelse som stabil (fyld)
Modenhed	1) Ingen erfaringer. 2) Standard pr. 1-1/21, DS/EN 206. Markedet kan levere. 3) Høj
Miljøpotentiale	1) Høj CO₂-besparelse, høj råstofbesparelse 2) Lav CO₂-besparelse, høj råstofbesparelse 3) Ukendt CO₂-besparelse, høj råstofbesparelse
Tekniske forhold	1) Undersøges om eksisterende betonelementer (dæk, vægge, belægning, mv.) findes til formålet. 2) Op til 100% genanvendt betontilslag og grøn cement. Forventes som standardvare. 3) Standard
Tid i forhold til byggefaser	1) Forventes forlænget 2) Forventes ikke yderligere tidsforbrug 3) Standard
Økonomi	1) Antaget fordyrende 2) Forventes ikke meget dyrere 3) Standard

Væsentligste kilder	Sydhavn Genbrugscenter, rapport. Her . RGS Nordic, cirkulær konstruktionsbeton. Her . DK Beton, DK Cirkulær beton. Her . Standard pr. 1-1/21. DK/EN 206 betonstandard. Her . 'Grøn cement'. Eksempel fra Aalborg Portland, Future-Cem. Her .
---------------------	--

CLT, cross laminated timber, nyt materiale

Resumé	Det er oplagt at bruge CLT-elementer som den bærende konstruktion, da det har mange fordele rent byggeteknisk. Det er lettere end beton og giver dermed en hurtigere og mere smidig byggeproces, let nedtagning og kan ligeledes præfabrikeres. CLT er også brandhæmmende i sig selv. Derudover har CLT store miljømæssige fordele især gennem lagring af CO ₂ , når træet vokser op. CLT kan desuden produceres af mindre stykker træ, hvilket minimerer spild af træ. Det er værd at undersøge muligheden for design til adskillelse for at højne fleksibilitet, byggetid og mulig direkte genbrug af elementer. Vær opmærksom på eventuelle negative konsekvenser eller risici ved brug af CLT.
Mulige mål	Stil krav om brug af CLT som den bærende konstruktion.
Cirkularitet	Relativt nyt produkt. Anvendes som bærende konstruktion, som alternativ til betonelementer el.lign. Byggeri til adskillelse bør undersøges.
Modenhed	Markedet er modent til at bruge CLT, og der er en del referencer i Danmark. Dog skal man være opmærksom på fugt, brand og specielt akustikken i et træbyggeri.
Miljøpotentiale	En kubikmeter CLT lagrer et ton CO ₂ .
Tekniske forhold	CE-mærket, FSC- eller PEFC-mærket (bæredygtig skovdrift).
Tid ift. byggefaser	Grundet en lavere vægt kan der spares både på opførelsestiden og transporttiden.
Økonomi	-
Væsentligste kilder	GXN: Heerup Skole, Cirkulære byggetekniske tiltag, 20. februar 2020

GIPS, (ikke-bærende skillevægge)

Resumé	Leverandører i branchen har mulighed for at modtage mere gipsaffald til genanvendelse, end de gør i dag. Der bør stilles krav til direkte sortering af gipsaffald i ren fraktion på byggepladsen. Der er et stort potentiale for gipsvægge på specialmål, og derved mindske produktionen af gipsaffald på pladsen. Byggeri København deltager i projekt
--------	---

	med Saint Gobain om ikke bærende skillevægge, hvor målet er at mindske byggeaffald og øge produktiviteten.
Mulige mål i byggeprojektet	Stil krav om, at alt gipsaffald skal sorteres i separat container.
Cirkularitet	Produktionen af ny gips indeholder omkring 25-30% nedknust gips. Gipsaffald bør derfor gøres tilgængelig til genanvendelse ved sortering.
Modenhed	Standard. Genanvendelsesgips er standard i produktionen af ny gips. Potentialet for sortering på byggepladsen er stort.
Miljøpotentiale	Store miljø- og råstofmæssige potentialer.
Tekniske forhold	Gipscontainer til sortering af affaldsgips leveres til affaldsstationer til genanvendelse i ny gips.
Tid ift. byggefasen	Genanvendt gips er en standardvare. Gips på specialmål som skillevægge har store potentialer.
Økonomi	Container til sortering af affaldsgips, øget tid ifm. manuel sortering på pladsen. Gips på specialmål er i udvikling.
Væsentligste kilder	Knauf Saint Gobain

GLAS (vinduer), nedrevet fraktion og nyt materiale

Resumé	Glas smeltes ved cirka 1400-1500 grader og kræver derfor meget energi. Det skal yderligere undersøges, hvorvidt vinduer består/kan bestå af nedknust glas. Nedknust glas kan gå ind i produktionen af glasuld og lecasten. VELFAC 2000 er et eksempel på en serie af vinduer, der er designet til adskillelse og må derfor forventes at have en nemmere genanvendelighed.
Mulige mål	Det undersøges, hvorvidt der findes glas på markedet, der er mere miljøvenlige end andre. Glas skal ved nedrivning, sorteres og sendes til genanvendelse så højt oppe i affaldshierarkiet som muligt.
Cirkularitet	Glas og vinduer kan indgå i produktionen af glasuld og lecasten. Glas kan ligeledes knuses og ende som glasaffald, hvor glasaffald genanvendes i flere former for produkter som flasker og sylteglas og i fiberglas/celleglas som aggregat.

Modenhed	-
Miljøpotentiale	-
Tekniske forhold	Nedrevne vinduer skal sorteres på byggepladsen og sendes til genanvendelse.
Tid ift. byggefaser	Øget tid ved håndtering og sortering ved nedrivning
Økonomi	-
Væsentligste kilder	Dansk Celleglas Saint Gobain

GLASULD, nedrevet fraktion og nyt materiale

Resumé	Ny glasuld indeholder en genanvendelsesprocent på op til 90% af rensset knust glas. Glasuld smeltes ved 1500 grader ved brug af jomfruelige ressourcer og ved 1200 grader med brug af genanvendte glasfraktioner, som bl.a. glasskår. Glasuld genanvendes som materiale i lecasten, ellers deponeres det.
Mulige mål	Undgå brug af glasuld medmindre det er højst nødvendigt eller med mindre, en LCA- og LCC-analyse kan bevise, at det giver mening at bruge glasuld eller det fremgår, at glasulden laves med grøn energi, og at den som minimum kan genanvendes til f.eks. lecasten bagefter. Vær opmærksom på, at der skal tages højde for skimmelsvamp, når der ikke bruges glasuld eller stenuld. Alternativer til glasuld undersøges.
Cirkularitet	Glasuld består op til 90% genanvendt rensset glas/glasskår. Købes som ny glasuld. Glasuld kan recirkuleres, men det kræver en bearbejdning for at indgå som ressource i lecasten.
Modenhed	Høj. Recirkulering til lecasten har en middel modenhed, da der er større efterspørgsel end tilgængelighed på genanvendt glasuld.
Miljøpotentiale	Høj CO ₂ -udledning pr. kilo materiale.
Tekniske forhold	Behandles som traditionel glasuld.
Tid ift. byggefaser:	Standard
Økonomi	Standard

Væsentligste kilder Saint Gobain

LYSAMATURER, nedrevet fraktion

Resumé	Det bør undersøges ved nedrivning, hvorvidt lysarmaturer kan genbruges direkte eller forberedes til genbrug. Undersøg ligeledes om eventuelt nye lysarmaturer, kan indeholde genanvendelse eller være genbrugte.
Mulige mål i byggeprojektet	Stil krav om direkte genbrug eller forberedelse til genbrug af eksisterende lysarmaturer jf. affaldshierarkiet.
Cirkularitet	Nedrevne lysarmaturer kan sendes genbrug eller forberedelse til genbrug og derved forlænge deres levetid.
Modenhed	Nyt. Specifikke leverandører bør kontaktes for muligheder.
Miljøpotentiale	Høj besparelse på materiale. Lysarmatur opgraderes til f.eks. LED-lys.
Tekniske forhold	-
Tid ift. byggefasen	Kræver ekstra tid at nedtage og sortere.
Økonomi	-
Væsentligste kilder	Fischer Lighting.

MINERALULD, nedrevet fraktion og nyt materiale

Resumé	Ny mineraluld fra f.eks. Rockwool indeholder en høj andel af genanvendt mineraluld. Energiforbruget ved produktionen af mineraluld er høj, da materialet smeltes ved 1450 grader. Dog er energikilden selvfølgelig relevant at tage med i betragtningen. Vær opmærksom på, om glasuld som fraktion kan sendes til produktion af lecasten eller tilsvarende. Tag evt. kontakt til LECA i Randers.
Mulige mål	Undgå brug af mineraluld medmindre det er højst nødvendigt eller med mindre, en LCA- og LCC-analyse kan bevise, at det giver mening at bruge mineraluld eller med mindre, producenterne kan fremvise at mineraluld udleder en mængde CO ₂ , som er acceptabelt f.eks. ved brug af grøn energi. Vær opmærksom på, at der skal tages højde for skimmelsvamp, når der ikke bruges mineraluld.

	Alternativer til mineraluld undersøges med rådgiver og entreprenør.
Cirkularitet	Købes som ny mineraluld f.eks. Rockwool. Mineraluld kan recirkuleres, men dette kræver en gensmeltning af ulden, hvilket kræver energi.
Modenhed	Høj
Miljøpotentiale	Høj CO2-udledning pr. kilo materiale.
Tekniske forhold	Behandles som traditionel mineraluld.
Tid ift. byggefaser	Standard
Økonomi	Standard
Væsentligste kilder	-

MURSTEN, nedrevet fraktion

Resumé	Det er oplagt at arbejde med direkte genbrug af mursten og forsøge at øge genbrugsprocenten. Markedet er modent. Genbrugte mursten bør opfattes som en standardvare dog med en opmærksomhed på leverancesikkerheden. Der er umiddelbart to kendte producenter i dag: Gamle Mursten i Svendborg og Gamle Mursten Nord i Brønderslev.
Mulige mål	Alle projekter, der skal have facade i mursten, bør overveje genbrugte mursten, hvis lokalplan og øvrige forhold tillader det. Arbejd med at øge genanvendelsesprocenten ved nedrivning ift. tidligere projekter. En genanvendelsesprocent på 40 er nævnt som muligt.
Cirkularitet	Genbrug
Modenhed	Høj
Miljøpotentiale	Høj besparelse på CO2 (0,5 kilo per sten), besparelse på råstoffer.
Tekniske forhold	Genbrugte gamle mursten er CE-mærkede.
Tid ift. byggefaser	Skal tjekkes ved hvert projekt med leverandør.
Økonomi	Se priser på mursten f.eks. fra firmaet Gamle Mursten og Gamle Mursten Nord.
Væsentligste kilder	Priser fra firmaet Gamle Mursten, her . Priser fra firmaet Gamle Mursten Nord, her .

SKILLEVÆG, demonterbar Ytong-skillevæg

Resumé	Ytong Vægelementer har været anvendt i årtier til både bærende og ikke bærende vægge. Firmaet Xella arbejder med udvikling af en løsning med en fer/not-samling uden lim, så elementerne kan demonteres og genbruges 1/1. Løsningen bør på nuværende tidspunkt ikke anvendes til bærende og stabiliserende vægge. Primær anvendelse vil være til indervægge f.eks. i kontor eller skolebyggeri, hvor væggene potentielt flyttes i bygningens levetid. Løsningen giver meget hurtig montagetid. Ud over muligheden for direkte genanvendelse, kan Ytong-materialet altid knuses og indgå i produktionen af nye blokke/materialer.
Mulige mål i byggeprojektet	Meget lav andel af nye materialer ved flytning af indervægge, og potentiale for at indgå i en materialebank ved demontering i ét projekt til genanvendelse i andet nybyggeri.
Cirkularitet	Vægelementerne består primært af sand (50-70%) samt kalk og cement som bindemiddel. Vægelementerne kan demonteres og genbruges direkte. Evt. beskadigede elementer kan knuses og genanvendes i ny produktion af enten Ytong Porebeton eller Silka Kalksandsten.
Modenhed	Løsningen med fer-not samling, uden lim, er under udvikling hos firmaet Xella.
Miljøpotentiale	Ytong har lavt CO ₂ -aftryk i produktionsfasen sammenlignet med andre uorganiske materialer. En 100 mm Ytongvæg udleder ca. 16,7 kg CO ₂ -ækvivalent pr. m ² ved produktion i henhold til gældende EPD.
Tekniske forhold	Bør ikke indgå i bygningens hovedstabilitet grundet manglende lim i samlingen. Elementerne er CE-mærket, har EPD, er indeklimatestet, har M1-certifikat samt ECO-institut-certifikat fra Tyskland.
Tid ift. byggefasen	Hurtigere montage kontra blokmurværk i 10x40x60 cm plader. Løsningen er pt. i udviklingsstadiet. Forventes serieproduceret og leveret med leveringsgaranti indenfor en uge medio 2022.
Økonomi	Totaløkonomisk samme pris som en indervæg i 10x40x60 cm porebeton plader. Elementerne er ca. 20% dyrere at producere, men tilsvarende billigere/hurtigere at montere.
Væsentligste kilder	Xella Danmark A/S , EPD: her .

STÅL, nedrevet fraktion og nyt materiale

Resumé	Det er oplagt at arbejde med direkte genbrug af stål, da produktionen og smeltningen kræver meget energi. Stål indeholder generelt høje mængder af genanvendt stål, men skal stadig smeltes og formes.
Mulige mål	Arbejd med genbrug af bærende konstruktionsstål. Styrk efterspørgslen på at genanvende stål også i pladestål som f.eks. Peikkos Deltabeam. CO2-regnskabet bør underbygges med en LCA-analyse.
Cirkularitet	Direkte genbrug bør nok fremmes.
Modenhed	Lav modenhed ved direkte genbrug fra konstruktionsstål fra anden brug i ny bygning eller ved renovering.
Miljøpotentiale	Høj CO2-udledning pr. kilo materiale. Høj besparelse ved direkte genbrug.
Tekniske forhold	Teknisk udfordring ved anvendelse af konstruktionsstål fra et andet byggeri.
Tid ift. byggefaser	-
Økonomi	-
Væsentligste kilder	-

TAGPAP, nedrevet fraktion

Resumé	Tagpap kan genanvendes som CE-mærket fyld i asfalt og sparer op til 60 kg CO ₂ pr. ton produceret asfalt. Vær opmærksom på lang transportafstand til modtager.
Mulige mål	Al nedreven tagpap skal sendes til CE-mærket genanvendelsestilslag i asfalt.
Cirkularitet	Genanvendelse: Granuleret indgår det som substitution for jomfruelige ressourcer i asfalt.
Modenhed	Høj
Miljøpotentiale	Høj. 60 kg CO ₂ pr ton produceret asfalt.
Tekniske forhold	CE-mærket granuleret tilslag i asfalt.
Tid ift. byggefaser	-

Økonomi	-
Væsentligste kilder	Tarpaper Recycling ApS

TAGSTEN, nedrevet fraktion

Resumé	Det bør overvejes at genbruge tagsten ved renovering. Der vil eventuelt være erfaringer fra projektet i Gladsaxe, Tobaksvej 6. Der genbruges tagsten på næste-skuret f.eks. på Holberg Skole i Københavns Kommune.
Mulige mål	Genbrug af tagsten i renoveringsprojekter Undersøge muligheden for at bruge genbrugte tagsten fra andet byggeri Samarbejde med relevante aktører for at få CE-mærkede genbrugte tagsten.
Cirkularitet	Direkte genbrug
Modenhed	Høj: I renoveringsprojekter/ved efterisolering Lav: I genbrug mellem forskellige byggeprojekter og ved nybyggeri.
Miljøpotentiale	Høj besparelse på CO2 pr. kilo genbrugt materiale.
Tekniske forhold	Holdbarhed skal sikres.
Tid ift. byggefaser	-
Økonomi	-
Væsentligste kilder	-

TEGL TIL FACADE, nyt materiale

Resumé	Cradle-to-cradle-certificeringen er et miljømærke, man gerne vil have mere ind i byggeriet. Teglfacader forekommer som Cradle-to-cradle-certificerede i flere forskellige farver og former og produceret i Danmark.
Mulige mål	Stil krav til f.eks. cradle-to-cradle-certificerede teglprodukter til facaden.
Cirkularitet	Nyt materiale, som kan genbruges eller dele af produktet er genbrug.
Modenhed	Flere (danske) produkter findes.
Miljøpotentiale	-

Tekniske forhold	Implementeres i byggeri lige som traditionel facadebeklædning
Tid ift. byggefaser	Standard
Økonomi	-
Væsentligste kilder	-

TRÆ, nedrevet fraktion

Resumé	Det bør undersøges, hvorvidt det er muligt at anvende træ generelt i byggeriet både som nyt og genanvendt materiale. Der er positive elementer ved at bruge træ i byggeriet, da det giver et positivt CO ₂ -aftryk. 50.000 tons byggetræ sendes hvert år til forbrænding. Hvordan får man skrevet det ind i udbuddet at afhjælpe dette? De negative forhold ved at bruge træ bør dog også belyses klart. Løsninger som Gentræ kan være en mulighed i forhold til byggepladstræet.
Mulige mål	Der opføres skure à la skuret på Holberg Skolen med træ fra Oehlen-schlægersgades Skole. Det er med til at tydeliggøre relevansen af denne type genbrug. Træ genbruges i landskabsbearbejdningen. Træ anvendt til byggepladsforanstaltninger skal afsættes til direkte genbrug på byggepladser eller lignende gennem systematisk tilbagelevering af anvendt træ til relevant modtager f.eks. svarende til Gentræ.
Cirkularitet	1) Genbrug af konstruktionstræ til skure og lign. eller genbrug i ny konstruktion. 2) Genanvendelse af opskåret konstruktionstræ til tømmer i mindre dimensioner til snedkertræ eller andre træprodukter, f.eks. parketstave, klodser i gulve, indendørs beklædning samt til udendørs inventar. 3) Genanvendt træ som flis til spånplader eller plantebede og lign. 5) Systemer som Gentræ er også en mulighed.
Modenhed	Generelt lav, når der er tale om træ, som cirkuleres fra nedrivning
Miljøpotentiale	Høj, da træ gennem sin cyklus optager og lagrer CO ₂ . Træ, som er FSC- eller PEFC-mærket, dokumenterer, at træet stammer fra bæredygtig trædrift. Ved at genbruge træet direkte spares arbejdsgangen til produktion af nyt træ og dermed CO ₂ .
Tekniske forhold	Hvis træet skal genbruges direkte i ny konstruktion, skal det trykprøves og de statiske forhold undersøges.

Tid ift. byggefaser	-
Økonomi	-
Væsentligste kilder	Københavns Universitet, Department of Geoscience and Natural Resource Management. Træinformation, her . Gentræ, her . Teknologisk Institut. Næste.dk, her .

3. Byggeri Københavns vidensopsamling fra projekter med cirkulær økonomi

3.1. Introduktion

I dette afsnit præsenterer Byggeri København sin viden fra de projekter, hvor Byggeri København arbejder med elementer af cirkulær økonomi. Denne opsamling er især et værktøj til at prioritere og styrke fremtidige indsatser og til at se hvilken værdi, der er kommet ud af arbejdet.

Byggeri København tager forbehold for fejl, ændringer og mangler i teksten.

Erfaringsopsamlingerne indeholder relevante kilder for de enkelte projekter, der, så vidt det muligt, kan deles ved henvendelse til Byggeri København. Det vil være en konkret vurdering i hvert tilfælde.

Erfaringsopsamlingen indeholder følgende projekter:

3.2. Center for diabetes (CfD), Hans Kirks Vej 8	38
3.3. Center for Specialundervisning for Voksne (CSV), Ryparken 81.....	41
3.4. Guldberg Skole - De Gamles By (GABYS), Sjællandsgade 38-42 og Edith Rodes Vej 4 og 8	44
3.5. HAFNIA, Rosenvængets Hovedvej 35.....	50
3.6. Heerup Skole Kapacitetsudvidelse (HSK), Frederiksgaards Allé 13	51
3.7. Jacob Michaelsens Minde (JMM), Aggershvile Allé 1, 2942 Skodsborg	53
3.8. Ketsjersportens Hus (KET), Kløvermarksvej 34.....	55
3.9. Rønnebo, botilbud, Bystævneparken 26-27	56
3.10. Ungecenter Sundby Idrætspark, Frankrigsgade 35	57

3.2. Center for diabetes (CfD), Hans Kirks Vej 8

Center for Diabetes er et byggeri til mennesker med diabetes, som skal inspirere til en sund og aktiv livsstil.

Projektet indeholder nedrivning af et eksisterende hus på ca. 1000 m² i bindingsværk med mursten og nybyggeri på ca. 2.800 m².

Den samlede anlægsbevilling er 102,6 millioner kroner. Entreprisensummen er anslået til 70 millioner kroner.

Projektet fik anlægsmidler i oktober 2018 (budget 2019) og mandat fra Borgerrepræsentationen til at arbejde med cirkulær økonomi i forbindelse i oktober 2019 (budget 2020).

Projektet er udbudt i totalrådgivning og skal efterfølgende udbydes i hovedentreprise.



Figur 1: Maskinhuset som skal nedrives selektivt i forbindelse med opførelsen af Center for Diabetes. Set fra Hans Kirks Vej.

Udvælgelseskriterierne

I udvælgelseskriterierne indgik vurdering af relevant erfaring fra projekter "med fokus på bæredygtighed hvorved der menes indarbejdelse af genanvendelses- og livscyklusstrategier eller innovative tiltag for reduktion af energi- og ressourceforbrug ved opførelse af byggeriet samt den efterfølgende drift af byggeriet".

Oktober 2018 (Budget 2019)	Beslutning om anlægsbevilling
Oktober 2019 (Budget 2020)	Mandat til cirkulær økonomi
December 2019	Kontrakt med totalrådgiver
April 2020	Byggeprogram afleveret
November 2020	Dispositionsforslag afleveret
Marts 2021	Projektforslag afleveret

Tabel 1: Vigtige datoer i projektet Center for Diabetes

Tildelingskriterierne

I tildelingskriterierne blev pris vægtet med 50% og projektorganisation og bemanning med 25%. Det blev ved vurdering af CV'er vægtet "særlig positivt, hvis en eller flere af de tilbudte nøglepersoner, tidligere har arbejdet med alternative og bæredygtige konstruktioner, herunder trækonstruktioner eller genbrug af materialer." Endelig blev opgavens indhold og løsning vægtet med 25%, og her blev der i vurderingen lagt vægt på i hvor høj grad, der "udvises forståelse for og idéer til hvordan der arbejdes med bæredygtige løsninger i byggeriet."

Opgavebeskrivelsen

I opgavebeskrivelsen blev det beskrevet, at "Murstenene fra det eksisterende byggeri 'Maskinhuset' på byggefeltet skal nedrives og genbruges i nybyggeriet såfremt de er egnede til genanvendelse, og mørtel er egnede til rensning. Øvrige materialer, som vurderes egnede til genanvendelse, skal forsøges indbygget i projektet, alternativt gøres anvendelige på andet projekt."

Der stod videre, at: "Der er et ønske om at undersøge muligheden for at udføre et etagebyggeri, hvor den primære konstruktion udføres i træ, både for at støtte det generelle klimaperspektiv med et lille CO₂-aftryk, og for at opnå økonomiske og byggetidsmæssige fordele. Totalrådgiver skal i forbindelse med opgaven undersøge og afdække mulighederne for at udføre den primære konstruktion i træ."



Figur 2: Billede fra forslag til lokalplan: Center for Diabetes med gavlen mod Hans Kirks Vej. Illustration: Dorte Mandrup

Totalrådgiver

Som totalrådgiver blev valgt Dorte Mandrup A/S med følgende underrådgivere: AB Clausen Rådgivende Ingeniører, Spangenberg og Madsen Rådgivende Ingeniører og Bisgaard Landskabsarkitekter. Kontrakten blev underskrevet 6. december 2019.

Projektet afleverede byggeprogram i april 2020 og dispositionsforslag i november 2020 og fortsætter i projektforslag.

Planlægningsfasen (Idéoplæg og program)

Dansk Miljøanalyse har gennemført miljøkortlægning og i den forbindelse også vurderet Maskinhusets materialeressourcer. Det er besluttet i projektet at arbejde med genbrug af murstenene, mens de resterende materialer ikke recirkuleres i projektet, da de enten er i så dårlig stand eller er så begrænsede i mængder, at det ikke giver mening at recirkulere dem i projektet.

I programmet (side 24) står der følgende om træ i byggeriet: "Det tilstræbes at udføre så meget af konstruktionen som muligt med træ som bærende konstruktion. [...] Konstruktionssystemet fastlægges ud fra en optimal løsning, som afhænger af planudformningen af projektet, dvs. det kan være bjælke/søjlesystem med træ-beton hybriddæk, hvis der ønskes store spænd og åbne kontorer eller CLT-elementer de steder, hvor konstruktionen er opbygget som en cellestruktur. Ved denne udførselsmetode, hvor træets muligheder i byggeriet udnyttes, kan vi minimere beholdningen af sand og grus til de bygningsdele, som kun kan udføres i beton såsom betonfundamenter. Dermed "spildes" ikke ressourcer på konstruktioner som ligger over terræn, der i stedet kan bygges i et bæredygtigt materiale som træ."

Dispositionsforslag

I dispositionsforslag står der følgende (side 10) vedr. genbrug af materialer fra Maskinhuset: "Eksisterende maskinhus skal nedrives. Der er udført en miljøanalyse af bygningens materialer og en kortlægning af disse for genanvendelse, bortskaffelse og deponering er under udarbejdelse.

Samlet anlægsøkonomi	102.600.000 kr.
Entreprisenum, anslået	70.000.000 kr.
Samlet miljøkortlægning	55.000 kr.
Test af mursten hos Gamle Mursten	10.500 kr.

Tabel 2: Vigtig økonomi i forhold til cirkulær økonomi i projektet Center for Diabetes

"Bygningens mursten skal genanvendes i projektet, men derudover forventes det ikke, at der er materialer, der kan genanvendes. Bygningen har stået meget længe og har været benyttet til værksted, traktorer og driftscentral for De Gamles By, hvorfor mange af materialerne er forurenede i forskellige grader."

Senere (side 55) står der:

"Der er foretaget en bygningsscreening af Maskinhuset for at afklare, hvorledes materialerne demonteres og bortskaffes, når bygningen skal nedrives, samt at undersøge om murstenene kan genanvendes i det nye byggeri eller omkring det nye byggeri. Resultat fra screening viser at stenen kan genanvendes og at der er en række forurenede stoffer i resterende bygningsdele. Der er yderligere udført en ressourcekortlægning af mængderne for at kunne indarbejde en plan for deponering i projektering og projektet for nedrivningen."

Om træbyggeriet står der følgende (side 11): "Det er et stort ønske at bygge i træ, hvorfor primære konstruktioner udføre i store trærammer og dæk i en hybrid af træ og beton. Bygningen kommer til at fremstå med synlige trækonstruktioner, betongulv i stueetagen, og trægulve på øvrige etager, sportsgulve i salene og fliser i toiletter, omklædning og bade."

Konstruktionen er delt op i tre områder, hvor træ anvendes på forskellig måde. Se dispositionsforslaget for nærmere uddybning (side 64):

Område 1: "Dæk udføres som hybridkonstruktion af Brettstapel med påstøbt beton med en bærelinje i midten [...] I facader er bærelinjer opbygget som et bjælke-søjlesystem af stålbjælker og pendulsøjler af limtræ. [...] Tagkonstruktionen udføres som 3-charniers limtræsrammer. [...] Samtlige afstivende vægge opbygges af betonelementer."

Område 2: "Område 2 udføres med en bærende konstruktion af 15m høje 3-charniers limtræsrammer. Rammerne er stabile i sit eget plan, og skal afstives på tværs. Da rammerne har en højde, hvor transport vil være vanskeligt, bevirker dette, at hjørnesamlinger forventeligt skal udføres med specialbeslag."

Område 3: "Væg og tagkonstruktion udføres som 3-charniers rammer. 2. sal udføres med en mindre rammekonstruktion, som punktvis ophænges i rammerne."

Cirkulære principper

Det indgår ikke i projektet at arbejde med de cirkulære principper fra denne håndbog, men hvis man lægger dem ned over projektet, er følgende principper som minimum relevante i Center for Diabetes.

- *CO2, Råstoffer*: Der arbejdes med bærende konstruktion i træ
- *Mindreforbrug*: Multifunktionel indretning i det nye byggeri og nybyggeri så vidt muligt med bærende konstruktioner i træ.
- *Cirkularitet*: Eventuel genbrug af mursten. Murstenene genanvendes til mure og bænke i landskabsdelen. De gamle mursten er for porøse til at anvende i belægningen.
- *Viden; Dokumentation; Værktøjer*: Forventet selektiv nedrivning.

Relevante kilder

Udbudsmateriale til totalrådgivning, Byggeri København, 14. august 2019

Byggeprogram, Dorthe Mandrup Arkitekter, 1. april 2020

Miljøkortlægning, Dansk Miljøanalyse, 24. august 2020

Dispositionsforslag, Dorthe Mandrup Arkitekter, 30. november 2020

3.3. Center for Specialundervisning for Voksne (CSV), Ryparken 81

Center for Specialundervisning for Voksne er delt i flere afdelinger, hvoraf én afdeling skal indrettes på adressen Ryparken 81.

Dette projekt indeholder primært indvendig nedrivning og derudover ombygning og tilbygning.

Projektet fik planlægningsmidler i maj 2020 (overførselssagen 2019-2020) og mandat til at arbejde med cirkulær økonomi i oktober 2020 (budget 2021). Her blev det også besluttet, at projektet kunne opnå ekstra finansiering på op til 3% til cirkulære indsatser ud over den normale anlægsbevilling.

COWI er bygherrerådgiver og bistår Byggeri København med at udbyde opgaven til totalrådgivning. Opgaven udbydes i foråret 2021



Figur 3: Ryparken 81

Udbud i totalrådgivning

Det er beskrevet som en del af udbuddet i et ni siders bilag, at totalrådgiveren skal arbejde med en cirkulær skillevæg. Bilaget gennemgås her.

Der står indledningsvist at: "Rådgiver skal lede og drive en innovationsproces, der munder ud i et eller flere forslag til en indvendig, ikke-bærende skillevæg, hvor materialer og løsninger er valgt ud fra principperne om cirkulær økonomi. Målet er, at den eller de løsninger, som totalrådgiver peger på, har tilsvarende eller bedre tekniske egenskaber end den traditionelle gipsskillevæg, at den samtidig har cirkulære egenskaber og fremmer cirkulær økonomi."

I dette projekt er der arbejdet aktivt med Byggeri Københavns principper for cirkulær økonomi. Der er udvalgt et mindre antal principper i et samarbejde mellem COWI og Byggeri København, og de beskrives i bilaget og gennemgås kort nedenfor.

Som det første fremgår det, at der skal arbejdes med alle tre overordnede mål i projektet. Det er *CO2*, *Råstoffer og Affald*. Dernæst gennemgås de øvrige valgte principper.

Viden: "Der lægges særligt vægt på viden om og dokumentation af påtænkte materials egenskaber samt deres tilgængelighed eller skalerbarhed i efterfølgende projekter" (side 4) og "Kortlægning, dokumentation og formidling af opsamlet viden og erfaringer fra udviklingsarbejdet skal være højt prioriteret i totalrådgivers arbejde med innovationselementet. Den viden, der indsamles, vurderes og kvalificeres i projektet, skal formidles som en af leverancerne i projektet." (side 4)

Cirkularitet: Skillevejens levetid er kort, og derfor er cirkularitet så meget mere interessant. Det skal prioriteres at fastholde materialer i deres tekniske og biologiske cirkler (side 4).

Maj 2021 (Overførselssagen 2019-2020)	Beslutning om planlægningsbevilling
Juli 2020	Opstart bygherrerådgivning
Oktober 2020 (Budget 2021)	Mandat til cirkulær økonomi
Overførselssagen 2020-2021	Forventet beslutning om anlægsbevilling
Juni 2021	Forventet underskrevet kontrakt med totalrådgiver

Tabel 3: Vigtige datoer i projektet Center for Specialundervisning for Voksne

Materialekvalitet: Forskellige materialetypers kvalitets skal vurderes. Det er vigtigt, at væggen kan ende med at blive en "hyldevare" (side 4).

Samlinger og adskillelse: Væggens samlinger er afgørende for en god cirkularitet. Totalrådgiver skal have fokus på væggens samlede tekniske egenskaber og på procesmæssige egenskaber herunder håndterbarhed og arbejdsmiljø (side 4).

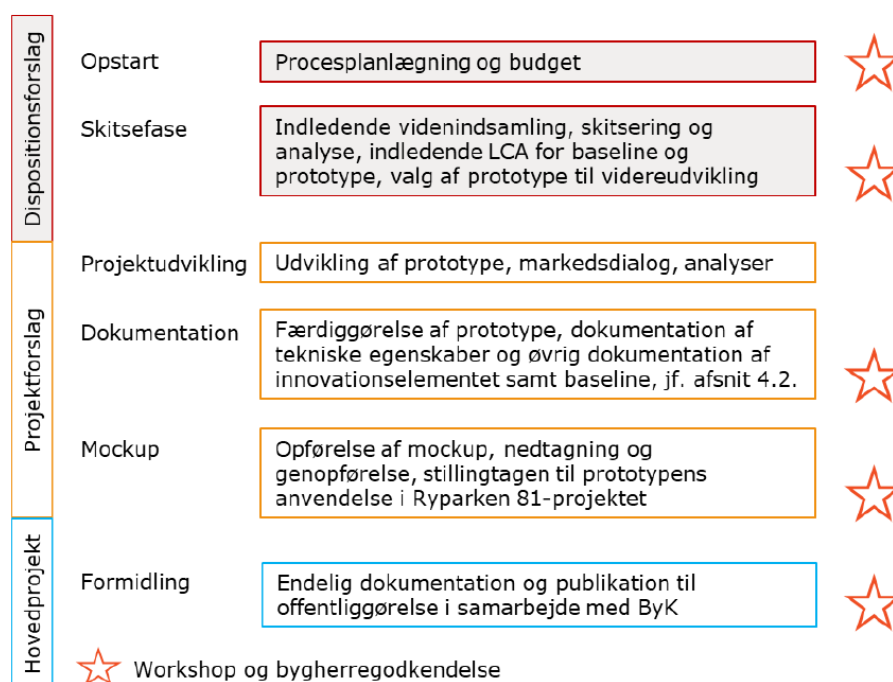
Partnerskaber: Det skal undersøges hvilke behov og muligheder, der er for partnerskaber i forhold til udviklingen af den cirkulære væg (side 5).

Innovation: Totalrådgiver skal medvirke til at belyse behovet for konkret produktudvikling og nytænkning, der understøtter cirkularitet (side 5).

Ansvar: "Som en del af opgaven skal totalrådgiver bidrage med analyser og forslag, der peger på metoder til praktisk håndtering af ansvar og garantier i forhold til implementering af den cirkulære skillevej." (side 5)

Efter denne gennemgang af principperne beskrives at baseline til sammenligning med den cirkulære skillevæg er en traditionel opbygget skillevæg med stålregler og to lag gips på hver side og færdig overflade, og at den skal opfylde en række tekniske krav til funktion, overflade, robusthed, brand og luftlydisolation.

Det fremgår, at "Prototypen skal tegnes og beskrives som i et almindeligt udbud til udførelse. Tegninger og beskrivelse skal suppleres af en vejledning i montering og adskillelse af væggen." (side 5)



Figur 4: Tidsplan for innovationsprojektet inden for rammen af tidsplanen for det primære byggeprojekt på Ryparken 81. (side 8)

Væggen skal analyseres i forhold til tekniske og kvalitetsmæssige forhold herunder en LCAanalyse af væggen set i forhold til baseline-væggen (side 6).

"Væggen skal opsættes et givet sted på Ryparken 81 og skal derefter kunne nedtages og genopsættes et andet sted i bygningen." (side 6)

Der er lagt op til, at bygherren kan vælge, om den udviklede væg skal indgå i det endelige projekt på Ryparken 81, eller om det stopper med udviklingsprojektet, som, hvis det sker, kan blive stående i bygningen, så der kan måles på det efter en fastsat periode, hvorefter væggen kan udskiftes med en baseline-gipsvæg (side 7).

Uanset udfaldet af innovationsprojektet skal arbejdet formidles til branchen i en publikation (side 7). Heri skal indgå LCAanalyse, genbrugsgrad, designmæssige og æstetiske overvejelser, råstoffers tilgængelighed, pris og leverancesikkerhed, vurdering af egenskaber i forhold til drift, vedligehold, levetid og robusthed, samlede tekniske egenskaber og potentialer for optimering. Barrierer og udfordringer skal ligeledes analyseres og præsenteres.

Endelig fremgår det (side 9), at Københavns Kommune har afsat en samlet pulje til gennemførelse af innovationselementer i projektet på op til 3% af byggeprojektets anlægsramme, svarende til ca. 3,2 mio. kr.

Relevante kilder

Udbudsmaterialet, COWI og Byggeri København, februar 2021

Den cirkulære skillevæg, Cowi og Byggeri København, 4. februar 2021

3.4. Guldberg Skole - De Gamles By (GABYS), Sjællandsgade 38-42 og Edith Rodes Vej 4 og 8

De Gamles Bys Skole er udskolingsafdelingen af Guldberg Skole. Udskolingsafdelingen omfatter 5.-9. klasse (seks spor) med skoleidrætshal, madskole, fritidsklub- og juniorklubpladser samt ungdomsklub.

Projektet for skolen i De Gamles By indeholder nedrivning af ca. 11.530 m² administrationsbygninger, ca. 10.165 m² nybyggeri og ombygning og renovering af ca. 2.457 m² eksisterende byggeri.

Projektet påbegyndte sin anden planlægningsfase i oktober 2020 (Budget 2021) og fik mandat fra Borgerrepræsentationen til at arbejde med cirkulær økonomi i oktober 2019 (Budget 2020).



Figur 5: De tre bygninger på Sjællandsgade 38-42 som skal selektivt nedrives.

Projektets totalrådgivning blev udbudt i februar 2019.

Udvælgelseskriterierne

I totalrådgiverudbuddets udvælgelseskriterier blev der blandt andet lagt vægt på, at ansøgeren kunne vise erfaring fra sammenlignelige projekter, hvori indgik "teknisk rådgivning omfattende bæredygtighedsprojekter > 5 000 kvm, hvorved menes konkretisering af genanvendelses- og livcyklusstrategier eller innovative tiltag for reduktion af energi- og ressourceforbrug".

Ydelsesbeskrivelsen

I ydelsesbeskrivelsen tilføjede Byggeri København en række forhold vedr. nedrivning og cirkulering af materialer. Der blev blandt andet tilføjet følgende:

"I forhold til bygninger som skal nedrives, skal der indhentes og formuleres eventuelle særlige krav til nedrivningen, herunder en tilkendegivelse af nedrivningsmetode og sortering af affald samt bortskaffelse og håndtering af miljøfarligt affald." Der står endvidere: "Det skal undersøges, hvorledes samtlige byggematerialer i de bygninger, der

Oktober 2019 (Budget 2020)	Mandat til cirkulær økonomi
Oktober 2020 (Budget 2021)	Beslutning om 2. planlægningsbevilling og anlægsbevilling
Oktober 2022 (Budget 2023)	Forventet beslutning eventuel supplerende anlægsbevilling
Oktober 2022	Forventet opstart nedtagningsprojekt
Juni 2024	Forventet opstart byggearbejder
Oktober 2026	Forventet ibrugtagning

Tabel 4: Vigtige datoer i projektet Guldberg Skole, De Gamles By

nedrives, kan genanvendes. Undersøgelsen skal fremlægges som en rapport, hvor hvert materiales art, omfang, egenskaber og genanvendelsesmuligheder belyses. Herunder redegøres for de økonomiske og tidsmæssige konsekvenser af genanvendelsen. Rådgiveren skal på baggrund af undersøgelsen fremlægge samlede forslag til beslutning vedr. genanvendelse indeholdende disses tid og økonomi."

Opgavebeskrivelsen

I opgavebeskrivelsen står der, at projektet udarbejdes i henhold til Københavns Kommunes *Miljø i Byggeri og Anlæg 2016*, og at totalrådgiver inden udarbejdelse af nedrivningsprojekt skal "udarbejde forslag til, hvorledes materialerne fra de bygninger, der nedrives, kan genanvendes i det nye byggeri."

Totalrådgiver

Som totalrådgiver blev valgt Kjaer og Richter med følgende underrådgivere: CCO Arkitekter, 1:1 Landskab, Søren Jensen Rådgivende ingeniører og Teknologisk Institut.

Planlægningsfasen (forundersøgelser, idéoplæg og byggeprogram)

I forbindelse med beslutning om 2. planlægningsbevilling i oktober 2020 blev det besluttet, at byggeriet skulle DGNB-certificeres. Målene vedrørende cirkulær økonomi er uændrede fra 1. planlægningsfase.

Byggeprogram

Nedenfor gengives de væsentligste dele af byggeprogrammet, som er lavet af totalrådgiveren, hvad angår cirkulær økonomi. Referencerne i parentes er til programmet. Delene er tematiseret med titler i denne opsamling for at lette læsningen.

Overordnet om cirkulær økonomi

"Genanvendelse og cirkulært byggeri" er et af fem overordnede fokusområder (kap. 2, side 4) og er beskrevet som følger (kap 2, side 6):

"Med en målsætning om cirkulært byggeri baseres design og løsninger på en maksimal genanvendelse af de eksisterende byggematerialer hvor det funktionelt og klimamæssigt giver effekt. De nuværende længebebyggelser mod Sjællandsgade 38-42 er grundet sin udformning og byggeteknik ikke egnet til ombygning til ny skole, men rummer et stort potentiale som materiale ressourcebank for opførelsen af en ny skolebygning. Byggematerialer skal om muligt udnyttes lokalt, hvor det vurderes byggeteknisk og driftsmæssigt hensigtsmæssigt. Genbrugte materialer bør udgøre hovedbestanddelen i det samlede bygningsdesign, og det undersøges om materialerne kan klargøres på stedet til genindbygning på en såkaldt cirkulær byggeplads – dette vil yderligt nedbringe forbruget af CO2 grundet reduceret transport. Alternativt undersøges afståelse af materialer til andre byggerier eller modtagelse af materialer til genindbygning fra andre byggerier i området fra mulige materialepartnere. Nye materialer udvælges ligeledes ud fra parametre om andel af indhold af generelt genanvendte byggematerialer samt afstand fra fabrik til byggeplads.

"Den cirkulære materialering slutes ved at projektet opstiller design- og byggetekniske krav om fremtidig simpel adskillelse af materialerne for en mulig fremtidig recirkulering."

Der står i kap. 5, side 2:

"Det færdige byggeri skal [...] sikre, at de indbyggede materialer i fremtiden kan genbruges. Dette skal tilvejebringes via designmæssige greb, der fremmer design til adskillelse og genbrug uden funktionstab, kvalitetstab eller væsentlige materialetab i forbindelse med genbrug af byggevarer.

“Ovenstående stiller store krav til beslutningsprocessen, og bygherre ønsker derfor at byggeriets design, herunder konstruktioner og især materialevalg, understøtter formålet, og tager udgangspunkt i at fremme

- 1) genbrug af de eksisterende materialer i de nedtagne bygninger,
- 2) genbrug af byggevarer fra andre bygninger og
- 3) nye materialer med et stort indhold af genanvendte materialer.”

Og i kap. 5, side 9:

“Det er projektets tilgang, at et genbrugt materiale, der fremmer ressourcedagsordenen, ikke må medføre øget miljøbelastning sammenlignet med en konventionelt produceret byggevare.”

I kap. 5, side 4 står der:

“Projektet skal genbruge så mange materialer fra de eksisterende bygninger som muligt, og indholdet af genbrugsmaterialer skal dokumenteres som en procentdel af de anvendte materialer. I denne beregning må følgende typer materialer medregnes som genbrugsmaterialer:

- 1) materialer, der er genbrugt direkte fra det eksisterende byggeri,
- 2) genbrugsmaterialer tilkøbt fra nedtagning fra andre byggerier og
- 3) genanvendte post-konsumer materialer der indgår i produktion af nye byggevarer

“Pre-konsumer genbrug må ikke medregnes i opgørelsen.

“Procenten af genbrugsmaterialer beregnes både for den samlede vægt og det samlede volumen af de anvendte byggematerialer. Det skal endvidere oplyses, hvordan de genbrugte materialer fordeler sig procentvis på de tre typer af genbrugsmaterialer (direkte genbrug, genbrug fra andre bygninger, genanvendte post-konsumer materialer) for henholdsvis vægt og volumen.

“I dispositionsforslaget skal der fremlægges en plan for genbrug af de kortlagte ressourcer samt undersøges muligheder for indkøb af genbrugte materialer eller byggevarer med indhold af genanvendt post-konsumer materialer. For hver materialegruppe skal der udarbejdes en ‘fall-back’ strategi, der beskriver alternative løsninger i det tilfælde, at det ikke er muligt at skaffe genbrugsmaterialer til de valgte løsninger. I den forbindelse gennemføres den første beregning af indhold af genbrugsmaterialer og der etableres et beregningsark, der anvendes i de videre faser og udleveres til den udførende entreprenør.

“Der skal gennemføres livscyklusvurderinger i LCAbyg i løbet af beslutningsprocessen.



Figur 6: Visualisering fra forslag til lokalplan. Den viser skolen set fra Sjællandsgade. Illustration: CCO

"[...]. I takt med at genbrugsmaterialer eller materialer med indhold af post-konsumer genbrugsmaterialer, indtænkes i bygningens udformning, udarbejdes der både LCA og LCC beregninger for udvalgte bygningsdele, hvor disse byggevarer indgår."

I kap. 5, side 33 står der:

"For at opnå en robusthed i designet og sikre mulighed for ændringer i byggeriet i fremtiden, dimensioneres føringsveje for hovedledninger og hovedkanaler med disponibel plads. Dette giver også mulighed for senere udvidelser. Føringsveje skal udføres med god og let adgang til installationer for service og vedligehold.

Og i kap. 5, side 42

"Byggeriets struktur skal også understøtte fleksibilitet i anvendelse og indretning af skolens rum og områder. Der ønskes en bygning som er fleksibel i sin grundstruktur og kan ændre funktion og indhold over tid. Eventuelle ombygninger kan ske uden unødige indgreb i byggeriet med heraf følgende materialeforbrug og affaldsmængder.

Om udearealerne står der følgende i kap. 5, side 10:

"Som for bygningerne, er det fra bygherres side, et primært fokuspunkt i visionen for projektet, at den landskabelige bearbejdning af De Gamles By Skole udformes med sigte på robusthed og enkelhed i forhold til drift og vedligehold og at intentionen om en høj grad af genanvendelse videreføres til de løsninger som udarbejdes."

Forundersøgelser

Som en del af forundersøgelserne er der gennemført miljøkortlægning (kap. 2, side 24) som bl.a. har vist, at der skal udføres en sanering for skimmel, asbest og af overflader med tungmetaller (kap. 2, side 32)

Der er også gennemført en ressourcekortlægningen, hvoraf det bl.a. fremgår, at der er et særligt potentiale for at cirkulere teglsten (genbrug/genanvendelse), beton (genanvendelse) akustiklofter (genbrug) og træ (genbrug) fra tagkonstruktion fra bygningerne i Sjællandsgade 38-42 (kap. 2, side 24-25).

Der står videre om ressourcekortlægningen i kap. 5, side 6:

"På baggrund af Ressourcekortlægningen, er der udarbejdet et skema med de materialer, der vurderes at have en genbrugs- og genanvendelsesværdi. Skemaet er opdelt efter bygnings- og konstruktionsdel, og det beskriver materialetype, forekomst af overfladebehandling på materialet samt evt. forureningsgrad. Der fremgår ligeledes en mængdeopgørelse samt en indledende vurdering af materialernes tilstand. Derudover er der synliggjort, hvad materialerne potentielt kan bruges til. For at sikre et gennemarbejdet beslutningsgrundlag suppleres konklusionerne fra miljø- og ressourcekortlægningerne med følgende emner [...]:

- Saneringsøkonomi
- Overordnet anbefaling til valg af nedtagningsmetode
- Muligheder for ressourceudnyttelse og afsætningskanaler
- Potentialer for CO₂-besparelser ved genbrug og genanvendelse af eksisterende materialer kontra anvendelse af nye materialer
- Potentialer for ressourcebesparelser ved genbrug og genanvendelse af eksisterende materialer kontra anvendelse af nye materialer

- Potentialer for økonomiske besparelser i forbindelse med drift og vedligehold (LCC)
- Potentialer for genbrug og genanvendelse samt design for adskillelse (ved renovering eller endt levetid af skolebyggeriet)"

"Der er anvendt miljøvaredeklarationer og generiske datablade fra LCA Byg (Ökobau) til at vurdere den potentielle CO2 besparelse fra genbrug af de identificerede ressourcer. Dette er gjort ved at identificere miljøbelastningen fra et tilsvarende produkt der er fremstillet med konventionelle metoder." (kap. 5, side 8)

Nedtagning, entrepriseform

Nedtagningen af de eksisterende længebygninger ved Sjællandsgade 38-42 gennemføres som særskilt totalentreprise, og her udfører totalrådgiver myndighedsprojekt for rettidig nedbrydningstilladelse." (kap. 2, side 7)

Nedtagning, tidsplan

"I forbindelse med bygherres rammetidsplan er totalrådgiver bedt om en kvalificering af nedtagningsprocessen herunder afledte konsekvenser af målsætningen om cirkulært byggeri.

"Efter forhåndsdialog med nedriverfirma, samt dialog med de cirkulære materialeleverandører, anbefales perioden for nedtagningsentreprisen reduceret fra 12 - 7 måneder.

"Begrundelsen er, at de fleste cirkulære leverandører allerede indgår i faste aftaleforhold med nedriverfirmaer, hvor de som cirkulære leverandører deltager i planlægningen af nedtagningsprocessen som materialemodtager for genanvendelse i stedet for aflevering af materialer til almindeligt slutdeponi.

"De cirkulære leverandører anvender på nuværende tidspunkt kun egne anlæg på egne lokaliteter for forberedelse af materialet for genanvendelse i nybyggeriet. Omfang af den cirkulære byggeplads må derfor forventes beskedent, hvis ikke nye aktører og teknologier identificeres under forslagsfasen.

"En væsentlig fordel ved en reduceret periode til nedtagningsentreprisen, er muligheden for et parallelt forløb mellem entrepriserne. Dette vil kunne kvalificere koordinerede løsninger for genanvendelse samt forenkle bygherres godkendelse. Ligeledes åbner tidsplanændringen op for en større budgetsikkerhed, da udbudsprocessen for nedtagningsentreprisen og totalentreprisen for ny- og ombygning, vil kunne integreres i et samlet udbudsforløb.

"Afhængigheder imellem entrepriserne, vil dermed kunne håndteres under udbudsprocessen og dermed sikre de økonomisk og tidsmæssige- og cirkulære potentialer i projektet." (kap. 2, side 35)

Nedtagning, metode og afsætning af materialer

"Metodevalg for nedtagningen vil være afgørende for efterfølgende muligheder for genbrug og genanvendelse af materialerne samt i hvilken udstrækning materialerne kan udnyttes – med andre ord, hvilken genbrugs- eller genanvendelsesprocent, der kan opnås. [...] Der er fokus på at definere en incitamentsstruktur, hvor nedbryderen vil kunne sælge de nedtagne byggematerialer videre til projektets totalentreprenør eller Københavns Kommune." (kap. 5, side 7)

"Forud for miljøsanering og egnet metode for nedtagning af materialerne skal der findes egnede og etablerede løsninger for ressourceudnyttelse og gerne via etablerede afsætningskanaler.

Ressourcekortlægningsskemaet omfatter en vurdering af, hvilke håndteringsmuligheder, der kan anbefales for materialerne [...]. Tabellen [nedenfor] skelner mellem om der er tale om 1) etablerede og afprøvede løsninger og afsætningskanaler eller 2) løsninger der kræver udvikling/efterprøvning og som dermed må betragtes som mere risikofyldte i gennemførelsen af projektet. For etablerede og afprøvede løsninger, er der oplyst de relevante aftagere/producenter, der er kendskab til på nuværende tidspunkt." (kap. 5, side 7)

Cirkulær byggeplads

"Grundet projektets ambition om at sikre genbrug af materialer i de eksisterende bygninger, skal muligheden for etablering af en cirkulær byggeplads på byggefeltet, eller tæt på byggefeltet, undersøges nærmere, i samråd med nedrivningsentreprenører og totalentreprenør. Projektets udbudsmateriale skal understøtte en forretningsmodel for genbrug af materialer i de eksisterende bygninger – eksempelvis ved, at nedrivningsentreprenøren kan sælge nedtagne materialer tilbage til bygherre, deponere materialet på grunden eller videresælge til totalentreprenøren på opgaven." (kap. 5, side 5)

Godkendelse af materialer

"I forhold til genanvendelse af materialer fra nedrivning skal det indarbejdes i kravsspecifikation til nedriver eller totalentreprenør, at materialer skal testes og vurderes i forhold til styrke og levetid. Der stilles for flere komponenter krav om CE mærkning." (kap 2, side 32)

Totaløkonomi og drift

"Levetidsomkostningsberegninger af de genbrugte materialer skal sammenholdes med tilsvarende beregninger for nye materialer. Denne beregning kan først gennemføres, når der foreligger overvejelser om, hvordan de genbrugte materialer indbygges i det nye byggeri." (kap. 5, side 9)

Og i kap. 5, side 43:

Da projektet skal udvikles i overensstemmelse med Københavns Kommunes udviklingsstrategi for genanvendelse og cirkulær økonomi, og dermed forventeligt vil pege på nye muligheder for genanvendelse, vil en række driftsmæssige forhold kunne påvirkes i forhold til normal kendt viden og erfaring. Derfor er det centralt at bygherre og driftspart indgår i et samlet driftsudvalg parallelt med bæredygtighedsudvalget, så forhold og forberedelser kan belyses og afklares under projektets udvikling i forslagsfaserne. Forhold kan eksempelvis være ukendt restlevetid, ukendt driftsinterval, manglende garantier, manglende EPD, manglende CE-godkendelse mv. Totaløkonomiske overvejelser skal indgå i grundlaget for valg af materialer og installationer frem til udbud af totalentreprisen – og skal herefter sikres på mindst samme kvalitetsniveau under udarbejdelse af udførelsesprojekt og i udførelsesfasen.

Potentiale for design til adskillelse

"Når der foreligger overvejelser omkring hvordan de genbrugte materialer kan indbygges i det nye byggeri, vurderes potentialerne for at genbruge byggematerialerne igen, den dag, skolen skal nedtages eller bygges om. Her vil det være relevant at designe bygningen til adskillelse. Dette kan eksempelvis sikres ved anvendelse af kalkmørtel, via elementstørrelser og sammenstøbninger, der muliggør adskillelse og genbrug. Inspiration til dette findes i Circle House, der udføres i Lystrup ved Aarhus." (kap 5, side 9)

Der står videre i kap. 5, side 11:

"De bærende konstruktioner projekteres med henblik på senere genanvendelse ved adskillelse eller som råmateriale. Pga. krav til dokumentation af bæreevne er det vanskeligt direkte at genanvende byggematerialer til de bærende konstruktioner.

“Materialevalg for de bærende konstruktioner informeres af projektets visioner og vælges med nøje overvejelser af følgende parametre:

Statistiske egenskaber – med hensyn til ønsket spændvidde, krav til slankhed osv.

Bæredygtighed – med hensyn til mulighed for genanvendelse nu og i fremtiden

Materiale egenskaber – med hensyn til robusthed og driftssikkerhed, samt brandsikkerhed”

Brandtekniske krav til genanvendte materialer

“Materialer, der genanvendes fra tidligere byggerier, skal forsat opfylde nutidige krav til de enkelte bygningsdele. Der skal i den projektspecifikke brandstrategi redegøres for disse materialer og deres anvendelse i projektet. Såfremt der ikke foreligger konkret dokumentation for de enkelte dele og deres anvendelse, skal der udføres en brandteknisk analyse, der redegør for materialernes kvalitet i relation til brand og anvendelse i projektet. Disse forhold skal ligeledes afspejles i den fremtidige projektspecifikke drifts-, kontrol- og vedligeholdelsesplan.” (kap. 5, side 23)

Akustik

“Såfremt akustiklofter og vægabsorbenter genanvendes fra EVR 4 og 8 skal det sikres at deres egenskaber ikke forringes. Eksisterende væg- og dækkonstruktioner eller dele af disse kan genanvendes, men skal om muligt forbedres, så der opnås lydforhold, der svarer til gældende krav. Der skal i den forbindelse være fokus på konstruktionernes densitet, stivhed og tæthed. Vinduer kan genanvendes i det omfang, at krav til støjbelastning fra trafik kan opfyldes.” (kap. 5, side 28) EVR (ERV) er Edith Rodes Vej.

Relevante kilder

Udbudsmaterialet til totalrådgivning, Københavns Kommune

Byggeprogram, CCO og Kjaer og Richter, marts 2021

Miljøkortlægning SJG, Teknologisk Institut

Miljøkortlægning ERV, Teknologisk Institut

Ressourcekortlægning, pdf, Teknologisk Institut

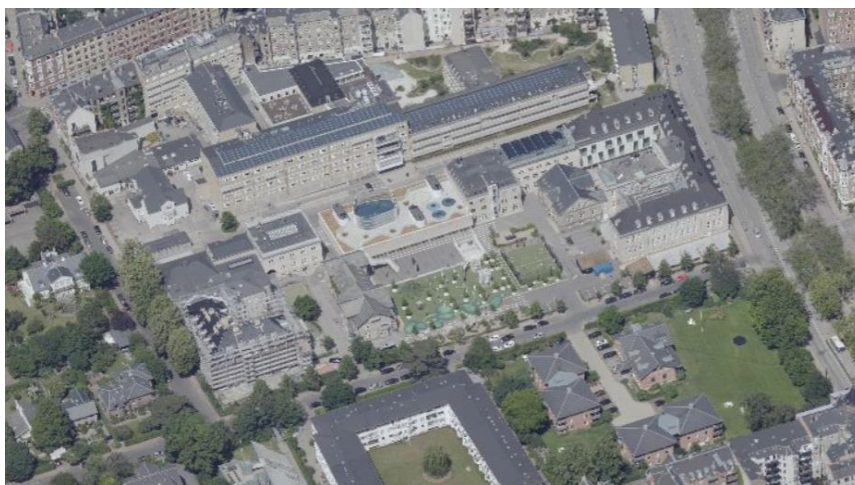
3.5. HAFNIA, Rosenvængets Hovedvej 35

HAFNIA er en specialklasse-række ved Skolen på Strandboulevarden til sårbare unge med autismlignende funktionsnedsættelser.

Projektet indeholder en mindre ombygning.

Den samlede anlægsbevilling er på 8,4 millioner kroner.

Projektet fik anlægsmidler i oktober 2020 (budget 2021) og mandat fra Borgerrepræsentationen til at arbejde med cirkulær økonomi i maj 2020 (overførselssagen 2019-2020).



Figur 7: Skolen på Strandboulevarden, som også huser HAFNIA

Planlægningsfasen er gennemført og projektforslaget er under udarbejdelse.

Projektet gennemføres i Byggeri Københavns strategiske partnerskab Trust svarende til en totalentreprise.

Det centrale cirkulære element i dette projekt er direkte genbrug af eksisterende lokaler og ekstra opmærksomhed i planlægningsfasen på at minimere omfanget af ombygning.

Projektet er derudover ét af fem pilotprojekter, hvor muligheden for at arbejde med fossil- og emissionsfrie arbejdsmaskiner på byggepladsen undersøges.

Det indgår ikke i projektet at arbejde med de cirkulære principper fra Byggeri Københavns håndbog i cirkulær økonomi, men hvis man lægger dem ned over projektet, er følgende princip fulgt i projektet HAFNIA.

Mindreforbrug: Direkte genbrug af lokaler; pilotprojekt at arbejde med fossil- og emissionsfrie arbejdsmaskiner.

Oktober 2019 (Budget 2020)	Beslutning om planlægningsbevilling
Maj 2020 (Overførselssagen 2019-2020)	Mandat til cirkulær økonomi
Oktober 2020 (Budget 2021)	Beslutning om anlægsbevilling

Tabel 5: Vigtige datoer i projektet HAFNIA

3.6. Heerup Skole Kapacitetsudvidelse (HSK), Frederiksgaards Allé 13

Heerup Skole Kapacitetsudvidelse er en ny tilbygning, der skal kunne rumme 40 kategori 4 specialpladser til den eksisterende Heerup Skole for børn med fysiske og psykiske funktionsnedsættelser. Den eksisterende skole er blevet udvidet og helhedsrenoveret med indvielse i efteråret 2019.

Den nye tilbygning bliver på 1.600 m² og skal bygges i forbindelse med den eksisterende skole, og de bærende elementer skal opføres i CLT (Cross Laminated Timber).

Den samlede anlægsbevilling er på ca. 66 millioner kroner. Entreprisen er anslået til mellem 35-40 millioner kroner og heri indgår en merpris i anlægssummen på 5-10 procent af den samlede anlægsbevilling på grund af kravet om CLT i byggeriet.

Projektet fik planlægningsbevilling ved i oktober 2019 (budget 2020) og mandat fra Borgerrepræsentationen til at arbejde med cirkulær økonomi i maj 2020 (overførselssagen 2019-2020).

Screening

GXN har foretaget en screening af projektet for cirkulær økonomi, som belyste muligheden for at opføre tilbygningen i CLT-elementer sammenlignet med et konventionelt



Figur 8: Luftfoto af Heerup Skole

betonbyggeri. Det er på baggrund af denne screening, at kravet om at anvende CLT som de bærende elementer er videreført i projektet.

Udvælgelses- og tildelingskriterier

I udvælgelseskriterierne til totalrådgivningen indgik vurdering af relevant erfaring fra projekter med "Teknisk rådgivning omfattende projekter med bærende konstruktioner i træ, hvor anvendelse af CLT blev vægtet særligt positivt".

I tildelingskriterierne blev 'pris' vægtet med 40%, og henholdsvis 'projektorganisation og bemanning' og 'proces' med hver 30%. Ved vurdering af CV'er blev det blandt andet vægtet særligt positivt, hvis de tilbødte nøglepersoner havde erfaringer med projekter med bærende konstruktioner i træ, herunder CLT.

Oktober 2019 (Budget 2020)	Beslutning om planlægningsbevil- ling
Maj 2020 (Overførselssagen 2019-2020)	Mandat til cirkulær økonomi
Marts 2021	Indgået kontrakt med totalrådgiver
Budget 2022	Forventet beslutning om anlægsbe- villing
Ultimo 2022	Forventet hovedentrepriseudbud
April 2024	Forventet aflevering

Tabel 6: Vigtige datoer i projektet Heerup Skole Kapacitetsudvidelse

Opgavebeskrivelsen

I opgavebeskrivelsen blev det beskrevet, at projektet er en læringsproces for ByK og der skal kunne redegøres for positive og negative forhold ved at bygge i træ i forhold til planlægning og udførelse. Herudover skal der udarbejdes en livscyklusvurdering og totaløkonomisk beregning i projektet, der viser forskellen på anvendelsen af CLT i forhold til traditionelle bærende elementer i beton. Yderligere er der stillet krav til at der skal kunne redegøres for hvordan de afsatte midler til CLT er anvendt.

Totalrådgiver

I marts 2021 er der indgået totalrådgivningsaftale med CCO Arkitekter med følgende underrådgivere; Øllgaard Ingeniører, Matters og Sted landskab. Der forventes udbud af hovedentreprise ultimo 2022, og projektet forventes afleveret (AB18) maj 2024.

Cirkulære principper

Det har ikke være en del af projektet at arbejde med de cirkulære principper fra denne håndbog i cirkulær økonomi, men hvis man lægger dem ned over projektet, er følgende principper relevante i projektet Heerup Skole.

- *CO₂, Råstoffer*: Bærende konstruktion i træ
- *Mindre forbrug*: Nybyggeri med bærende konstruktioner i træ (færre ressourcer til fundament)
- *Viden; Dokumentation; Værktøjer*: Udarbejdelsen af livscyklusanalyse og totaløkonomisk analyse

Relevante kilder

Heerup Skole, Cirkulære byggetekniske tiltag, GXN, 20. februar 2020.

Udbudsmaterialet, Byggeri København

3.7. Jacob Michaelsens Minde (JMM), Aggershvile Allé 1, 2942 Skodsborg

Jacob Michaelsens Minde er en dag- og døgnbehandlingsinstitution for unge i alderen 13-17 år, der har alvorlige og komplekse psykiske lidelser. Institutionen tilbyder også mulighed for såkaldt efterværn (18-23 år) og/eller indskrivning på en midlertidig botilbudsplads efter servicelovens §107 (+18 år). Botilbudet har 21 døgnpladser.

Projektet indeholder renovering og mindre modernisering.

Projektet fik planlægningsbevilling i oktober 2018 (budget 2019) og mandat til at arbejde med cirkulær økonomi i maj 2020 (overførselssagen 2019-2020).

Anlægsudgiften er ved ansøgning om anlægsbevilling i budget 2021 vurderet til 16 millioner kroner. Heri skal indregnes, at projektet er bevilget op til 5% ekstra til finansiering af indsatser inden for cirkulær økonomi regnet i forhold til den normalt forventede, samlede anlægsbevilling. Det vil sige, at der er afsat ca. 800.000 kr. til cirkulær økonomi.



Figur 9: Hovedbygning på Jacob Michaelsens Minde

Planlægningsfasen (Idéoplæg og program)

Rytter Arkitekter har udført bygningssyn og gennemfører projektering af de nødvendige arbejder.

Den indledende tanke i projektet var at have et særligt fokus på cirkulær økonomi og arbejder med bedst mulig materialehåndtering i forhold til affaldshierarkiet. Det vil sige, at der fokus på en følsom renovering, hvor der gøres en ekstra indsats for at bevare eksisterende bygningskomponenter og for at genbruge materialer. Disse tanker udviklede sig til det arbejde som er beskrevet nedenfor i udbuddet af hovedentreprisen.

Oktober 2018 (Budget 2019)	Beslutning om planlægningsbevilling
Maj 2020 (Overførselssagen 2019-2020)	Mandat til cirkulær økonomi
Oktober 2020 (Budget 2021)	Beslutning om anlægsbevilling
Januar-februar 2021	Udbud af hovedentreprise
Februar 2021	Underskrevet kontrakt med hovedentreprenør

Tabel 7: Vigtige datoer i projektet Jakob Michaelsens Minde

Udbud i hovedentreprise

Det blev indskrevet som en del af udbud til hovedentreprise at arbejde med to udviklingsprojekter i forhold til forskellige metoder til optimeret planlægning og styring af ressourcestrømme i forbindelse med renovering og nedrivning. Arbejdet kom i stand i en dialog mellem rådgiverfirmaet Golder Associates, Teknik- og Miljøforvaltningen i kraft af forvaltningens ledelse af det europæiske Horizon 2020-projekt om cirkulær økonomi, Circuit, og Byggeri København.

Som følge af denne dialog blev det indskrevet i udbudsmaterialet, at Golder Associates har ansvaret for to delprojekter, der er beslægtet, og som gennemføres parallelt.

Delprojekt 1 handler om afprøvning af og et bidrag til udvikling af EU's principper for pre-demolition audit, som eventuelt på sigt bliver til national lovgivning. Afprøvningen vil indgå som en case i projektet Circuit. Der er som led i projektet udviklet et foreløbigt koncept for at gennemførelse af pre-demolition audits. Konceptet vil blive afprøvet, og erfaringerne samlet op og afrapporteret med henblik på at videreudvikle og optimere konceptet. I forhold til renoveringen af Jacob Michaelsens Minde, er det forhåbningen, at processen vil kunne bidrage til fremme bedre udnyttelse af materialer og ressourcer, som fremkommer i forbindelse med projektet.

Delprojekt 2 gennemføres i samarbejde med Miljøstyrelsen og har til formål at afprøve nye principper for selektiv nedrivning i praksis. Miljøstyrelsen arbejder med at forberede nye nationale regler for selektiv nedrivning.

I forbindelse med renoveringen af Jacob Michaelsens Minde afprøves et forslag, Miljøstyrelsen har fået udarbejdet, i praksis. Målet er dels at fremme bedre udnyttelse af materialeressourcer i renoveringsprojektet, dels at indsamle vigtig praktisk erfaring fra projektet, der vil kunne bidrage til at sikre, at de kommende nationale regler bliver så operationelle og hensigtsmæssige som muligt. Følgende dele indgår blandt andet i forslaget:

- Et system (altså et kvalitetssikringssystem) hvor alle faser fra forundersøgelser til anmeldelser mm. samles ét sted
- Et system baseret på, at der udpeges en person, af bygherre, der skal have ansvaret for, at alle forhold vedrørende miljø, affald og ressourcer følges op fra start til slut.
- En miljø- og ressourceplan, i stil med en "pre-demolition audit" ovenfor, hvor der laves en miljøkortlægning samt en plan for håndtering af ressourcer til f.eks. genbrug, genanvendelse eller nyttiggørelse.
- Selektiv nedrivning af bygning, dvs. at den skilles ad under nedrivningen og materialerne kildesorteres på pladsen. Denne del skal tilpasses Jacob Michaelsens Minde, hvor der ikke nedrives en hel bygning.

Hovedentreprise

Som hovedentreprenør er valgt Helmer Christiansen.

Relevante kilder:

Jacob Michaelsens Minde, Cirkulære byggetekniske tiltag, GXN, 20. februar 2020.

Udbudsmateriale til udbud i hovedentreprise, Rytter Arkitekter og Byggeri København

Cirkulær økonomi, bilag i udbudsmaterialet, Rytter Arkitekter og Byggeri København

3.8. Ketsjersportens Hus (KET), Kløvermarksvej 34

Ketsjersportens Hus er en hal med faciliteter til ketsjersport. Projektet er nybyggeri.

Projektet fik finansiering til at gennemføre en planlægningsbevilling i oktober 2019 (budget 2020). Projektet fik mandat til at arbejde med cirkulær økonomi i maj 2020 (overførselssagen 2019-2020).

Projektet har en ramme på op til 5% ekstra til finansiering af cirkulær økonomi i forhold til den normalt forventede, samlede anlægsbevilling.



Figur 10: Luftfoto af Kløvermarkens Tennisklub, hvor Ketsjersportens Hus skal opføres

Projektet gennemføres i Byggeri Københavns strategiske partnerskab DSPPLUS.

Det indgår i projektet at arbejde med, hvordan det samlede projekt kan leve op til principperne om cirkulær økonomi.

Projektet har fået lavet en rapport af GXN vedrørende forskellige konstruktionsprincipper til ydermurene. Af GXN-rapporten fremgår økonomi og mulige CO2-besparelser ved anvendelse af forskellige byggetekniske løsninger.

GXN har været koblet på projektet i kraft af tegnestuens erfaring med cirkulær økonomi og i kraft af deres deltagelse i det cirkulære projekt Circuit, som kører i regi af Teknik- og Miljøforvaltningen. I oktober og november 2020 blev der gennemført to workshops i projektet med deltagelse af GXN.

Oktober 2019 (Budget 2020)	Beslutning om planlægningsbevilling
Maj 2020 (Overførselssagen 2019-2020)	Mandat til cirkulær økonomi

Tabel 8: Vigtige datoer i projektet Ketsjersportens Hus

Relevante kilder:

Ketsjersportens Hus, Cirkulære byggetekniske tiltag, GXN, 20. februar 2020.

3.9. Rønnebo, botilbud, Bystævneparken 26-27

Rønnebo er et botilbud for borgere med psykiske lidelser som skizofreni og svære affektive forstyrrelser med tilbagevendende psykoser. Der er 64 boliger.

Projektet indeholder renovering og eventuelt modernisering. Derudover indeholder projektet midlertidig genhusning af beboerne under udførelsen.

Projektet fik planlægningsmidler i maj 2020 (overførselsagen 2019-2020) og mandat til at arbejde med cirkulær økonomi i oktober 2020 (budget 2021). Her blev det også besluttet, at projektet kunne opnå ekstra finansiering på op til 3% til cirkulære indsatser ud over den normale anlægsbevilling.

Det forventes, at der tages beslutning om anlægsbevilling ved budget 2022.

Projektet gennemføres i det strategiske partnerskab DSPPLUS. Det indgår i planlægningsfasen at fastlægge hvilke cirkulære indsatser, der skal arbejdes med i projektet.

Planlægningsfase (idéoplæg og program)

Der er indtil videre afholdt tre workshops i idéoplægsfasen med deltagelse af bygherre og rådgiverteam for at bestemme hvilke indsatser, der skal arbejdes med i projektet.



Figur 11: Botilbuddet Rønnebo

Maj 2020 (Overførselssagen 2019-2020)	Beslutning om planlægningsbevilling
Oktober 2020 (Budget 2021)	Mandat til cirkulær økonomi
Budget 2022	Forventet beslutning om anlægsmidler

Tabel 9: Vigtige datoer i projektet Botilbuddet Rønnebo

3.10. Ungecenter Sundby Idrætspark, Frankrigsgade 35

Projektet består af flere delprojekter herunder indretning af omklædningsfaciliteter og sal til karateklub i Frankrigsgade 35.

Projektet indeholder ombygning.

Projektet fik planlægningsmidler i maj 2020 (overførselssagen 2019-2020) og mandat til at arbejde med cirkulær økonomi i oktober 2020 (budget 2021). Her blev det også besluttet, at projektet kunne opnå ekstra finansiering på op til 3% til cirkulære indsatser ud over den normale anlægsbevilling. Det forventes at der tages beslutning om anlægsbevilling ved overførselssagen 2020-2021.

Planlægningsfasen (Idéoplæg og Byggeprogram)

Planlægningen gennemføres af Rytter Arkitekter, som undersøger mulighederne for at arbejde med det 'cirkulære vådrum'.



Figur 12: Det ene af de to omklædningsrum der skal ombygges

Maj 2020 (Overførselssagen 2019-2020)	Beslutning om planlægningsbevilling
Oktober 2020 (Budget 2021)	Mandat til cirkulær økonomi
Overførselssagen 2020-2021	Forventet beslutning om anlægsbevilling

Tabel 10: Vigtige datoer i projektet Ungecenter Sundby Idrætspark

Erfaringen fra planlægningsfasen er, at det i dette projekt vil være meningsfuldt at fokusere på ombygningen af vådrumsdelen i Frankrigsgades Svømmehal i forhold til det cirkulære.

I planlægningsfasen er de eksisterende fliser på vægge og gulve blevet vurderet og konklusionen er, at de er i god stand og bør bevares også af hensyn til muligheden for fremtidig brug af omklædningsfaciliteterne. Det eksisterende ventilationsanlæg er også vurderet funktionsbart og lever op til de krævede standarder, hvormed det ikke kræver udskiftning.

Den cirkulære tilgang til ombygningen er bevaring i videst mulige omfang. Konklusionen er derfor, at det i forbindelse med ombygning af vådrummene i Frankrigsgades Svømmehal vil være fornuftigt at arbejde med "lag-på-lag", hvor tilførsel af nye elementer vil være med fokus på let demonterbare og genanvendelige trægulve samt lette og flytbare vægmoduler i trælameller.

I forbindelse med nedrivning af bærende betonvæg i Frankrigsgades Svømmehal skal der i den kommende anlægsfase arbejdes med materialelegenbrug samt LCA-beregning.

4. Anvendt litteratur

I dette afsnit er den anvendte litteratur præsenteret. Litteraturen er præsenteret i rækkefølgen: navnet på forfatter(ne), årstal for udgivelse, navnet udgivelsen og eventuelt anden udgivelsesinformation.

Europakommissionen, 2008. Affaldshierarkiet. [Link](#).

Bocken mfl., 2013. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. Universitetet i Cambridge, udgivet i Elsevier Journal of Cleaner Production, december 2013.

Giessdoerfer mfl., 2017. The Circular Economy – A new sustainable paradigm? Universitet i Cambridge, udgivet i Elsevier Journal of Cleaner Production, februar 2017.

Konietzko mfl., 2020. A Tool to Analyze, Ideate and Develop Circular Innovation Ecosystems. Tekniske Universitet i Delft.

GXN og MT Højgaard, 2018. Building a Circular Future 3. Version – 2018.

Ellen McArthur Foundation, 2013. Towards the Circular Economy – Economic and business rationale for an accelerated transition.

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, 2016. Introduktion til LCA på Bygninger.

Materialepyramiden, 2019. Det Kongelige Akademi (KADK) og Centre for Industrialised Architecture (CINARK). [Link](#).

Bygcirkulært.dk, 2019. Partnerskab mellem Gladsaxe Kommune og Gladsaxe Erhvervsby. [Link](#).