

# Bilag til Håndbog i cirkulær økonomi

Viden, inspiration og erfaringer

Byggeri København  
Københavns Kommune

5. udgave, 1. december 2022



### **Ændringer i 5. udgave i forhold til 4. udgave (10. februar 2022).**

- Håndbogen er delt op i to: Håndbog med ydelser og kravkatalog og et bilag til håndbogen med viden, inspiration og erfaringer. Dette er bilaget.
- I kapitel 2 og 3 i Håndbogen er ydelser i forhold til cirkulær økonomi beskrevet.
- I kapitel 4 i Håndbogen er der introduceret en grøn prispyramide.
- I kapitel 5 i Håndbogen er der tilføjet ni kravformuleringer til cirkulær håndtering af byggeriet, så der i alt er 26 forslag til krav. Glas, mineraluld og stål er tilføjet som nye områder.
- I kapitel 4 i bilaget, som er erfaringsopsamlingen, er der indsat et nyt projekt, daginstitutionen F/S Rosa. Jakob Michaelsens Minde og karatefaciliteten på Frankrigsgade 35 er opdateret efter, at projekterne er blevet afsluttet. Projektet De Gamles Bys Skole og Ketsjersportens Hus er taget ud, da de er i bero.

Byggeri København modtager gerne kommentarer vedrørende indholdet i håndbogen og bilaget.

Kontakt: Jens Runge, y69d@kk.dk, Anders Østerskov Knudsen, iv94@kk.dk, Malcolm Costigan, js95@kk.dk

Link til håndbog og bilag: [Cirkulær økonomi | Byggeri København \(kk.dk\)](#)

Forsidebillede: Frankrigsgade 35, nyindrettet karatefacilitet. Rytter Ark Group

<b>1. Viden – de otte DGNB-kriterier .....</b>	<b>6</b>
1.1. Kriterie PRO1.1. Kvalitet i forberedelsen af projektet .....	6
1.2. Kriterie PRO1.4. Bæredygtighed i entrepriseudbud .....	6
1.3. Kriterie PRO2.1. Byggeplads/byggeproces .....	6
1.4. Kriterie ENV1.1. Livscyklusvurdering .....	6
1.5. Kriterie ENV1.2. Miljøfarlige stoffer .....	7
1.6. Kriterie ENV1.3. Ansvarsbevidst ressourceindvinding .....	7
1.7. Kriterie ECO2.1. Flexibilitet og tilpasningsevne .....	7
1.8. Kriterie TEC1.6. Nedtagning og genanvendelse .....	7
<b>2. Viden – ansvar .....</b>	<b>9</b>
2.1. Forholdet mellem bygherre og rådgiver .....	9
2.2. Forholdet mellem bygherre og entreprenør .....	9
2.2.1. Udgangspunktet .....	9
2.2.2. Undtagelser .....	9
<b>3. Inspiration – de cirkulære principper .....</b>	<b>11</b>
3.1. Forklaring til de Cirkulære principper .....	11
3.2. Cirkulære principper – gennemgang .....	13
3.2.1. Opstart .....	13
3.2.1.1. Prioritering .....	13
3.2.1.2. Ambition .....	13
3.2.2. Mål .....	16
3.2.2.1. CO2 .....	16
3.2.2.2. Råstoffer .....	16
3.2.2.3. Affald .....	17
3.2.3. Strategier .....	18
3.2.3.1. Mindreforbrug .....	18
3.2.3.2. Holdbarhed .....	18
3.2.3.3. Cirkularitet .....	19
3.2.3.4. Viden .....	19
3.3.4. Handlemuligheder .....	19
3.3.4.1. Materialekvalitet .....	19
3.3.4.2. Levetid .....	20
3.3.4.3. Standarder .....	20
3.3.4.4. Samlinger .....	20
3.3.4.5. Nedtagning .....	20
3.3.4.6. Dokumentation .....	21
3.3.4.7. Identifikation .....	21
3.3.4.8. Vedligehold .....	21
3.3.4.9. Sikkerhed .....	21
3.3.4.10. Overgangsfaser .....	21
3.3.4.11. Forretningsmodeller .....	22

3.3.4.12. Incitament .....	22
3.3.4.13. Service .....	22
3.3.4.14. Partnerskaber .....	22
3.3.4.15. Værktøjer.....	22
3.2.5. Opmærksomhedspunkter .....	22
3.2.5.1. Innovation .....	22
3.2.5.2. Ansvar.....	23
3.2.5.3. Leverancesikkerhed .....	23
3.2.5.4. Processer .....	23
3.2.5.5. Skalbarhed .....	23
<b>4. Inspiration – vidensopsamling fra Byggeri Københavns projekter med cirkulær økonomi .....</b>	<b>24</b>
4.1. Introduktion .....	24
4.2. Center for Diabetes (CfD), Hans Kirks Vej 8.....	24
4.2.1. Udvælgelseskriterierne .....	25
4.2.2. Tildelingskriterierne .....	25
4.2.3. Opgavebeskrivelsen .....	25
4.2.4. Totalrådgivning.....	26
4.2.5. Planlægningsfasen (Idéoplæg og program).....	26
4.2.6. Dispositionsforslag .....	26
4.2.7. Projektforslag .....	27
4.2.8. Myndighedsprojekt – Ansøgning om byggetilladelse .....	27
4.2.9. Hovedentreprise.....	28
4.2.10. Relevante kilder.....	29
4.3. Center for Specialundervisning for Voksne (CSV), Ryparken 81 .....	29
4.3.1. Udbud i totalrådgivning.....	29
4.3.2. Totalrådgivning.....	31
4.3.3. Relevante kilder.....	32
4.4. Karateklub, Frankrigsgade 35 (Ungecenter Sundby Idrætspark) .....	32
4.4.1. Planlægningsfasen (Idéoplæg og Byggeprogram) og dispositionsforslag .....	32
4.4.2. Projektforslag, udbudsprojekt og myndighedsprojekt.....	33
4.4.3. Udbud i hovedentreprise – tilbudslisten som det aktive værktøj.....	34
4.4.4. Resultater .....	34
4.4.5. Pris.....	36
4.4.6. Mulige næste skridt.....	36
4.4.7. Relevante kilder.....	37
4.5. Daginstitutionen F/S Rosa, Øresundsvej 131 .....	37
4.5.1. Udvælgelseskriterier .....	37
4.5.2. Totalrådgivning.....	37
4.5.3. Planlægningsfasen (Idéoplæg og byggeprogram) .....	37
4.5.4. Dispositionsforslag .....	39
4.5.5. Realdaniapulje til klimamæssig bæredygtighed.....	39
4.5.6. Bæredygtighedsanalyse .....	40
4.5.7. Projektforslag .....	42
4.5.7.1. Genbrug.....	42

4.5.7.2. Fornybare ressourcer .....	42
4.5.7.3. Design til adskillelse.....	42
4.5.8. Relevante Kilder .....	43
<b>4.6. Specialklasserække HAFNIA, Rosenvængets Hovedvej 35 .....</b>	<b>43</b>
<b>4.7. Heerup Skole Kapacitetsudvidelse (HSK), Frederiksgaards Allé 13 .....</b>	<b>44</b>
4.7.1. Screening.....	44
4.7.2. Udvælgelses- og tildelingskriterier .....	44
4.7.3. Opgavebeskrivelsen .....	45
4.7.4. Totalrådgiver .....	45
4.7.5. Byggeprogram .....	45
4.7.6. Projektforslag .....	45
4.7.7. Udførelse.....	45
4.7.8. Relevante kilder.....	46
<b>4.8. Botilbuddet Jakob Michaelsens Minde (JMM), Aggershvile Allé 1, 2942 Skodsborg .....</b>	<b>46</b>
4.8.1. Planlægningsfasen (Idéoplæg og program).....	46
4.8.2. Udbud i hovedentreprise .....	47
4.8.3. Hovedentreprise.....	48
4.8.4. Resultater .....	48
4.8.4.1. Resultat delprojekt 1: Test af European Predemolition Audit .....	48
4.8.4.2. Resultat delprojekt 2: Test af miljø- og ressourcekoordinator og nedrivningsplan .....	48
4.8.5. Pris.....	49
4.8.6. Mulige næste skridt.....	49
<b>5. Kilder .....</b>	<b>51</b>

# 1. Viden – de otte DGNB-kriterier

I dette kapitel gennemgås de otte DGNB-kriterier, som Byggeri København har udvalgt til at håndtere cirkulær økonomi gennem på tværs af sin portefølje af byggeprojekter. De er valgt, fordi de bidrager særligt til arbejdet med cirkulær økonomi. Nummereringen af indikatorerne er den samme som i *Københavns Kommunes miljøkrav til DGNB*, og den følger også DGNB-manualen 2.0.0. Der er 49 relevante indikatorer i alt. Indholdet i kriterierne vil ændre sig i ENV1.1. Livscyklusvurdering, når Green Building Council Denmark udgiver den næste manual for nye bygninger og omfattende renoveringer forventet primo 2023.

## 1.1. Kriterie PRO1.1. Kvalitet i forberedelsen af projektet

Kriteriet indeholder to relevante indikatorer om henholdsvis detaljerede bæredygtighedsmål 2.1.1. og mulighed for at fastlægge ansvar for de involverede aktører i forhold til målene 2.1.2.

Indikatorerne kan bruges til at opstille de særlige mål inden for cirkulær økonomi og tydeliggøre ansvaret for at målene nås.

## 1.2. Kriterie PRO1.4. Bæredygtighed i entrepriseudbud

Indikator 1.3. som er en cirkulær økonomibonusindikator siger direkte følgende: "Kravene i udbuddet anmoder udtrykkeligt om genanvendelse eller genbrug af byggematerialer og -produkter i forbindelse med det konkrete projekt."

## 1.3. Kriterie PRO2.1. Byggeplads/byggeproces

Kriteriet indeholder fem indikatorer, som er relevante i forhold til cirkulær økonomi. Indikator 1.1.1. kræver, at der laves et koncept for minimering og sortering af affald på byggepladsen. Dette er også et minimumskrav i *Københavns Kommunes miljøkrav til DGNB*. Indikator 1.1.2. siger, at opgørelsen af affald skal ske i overensstemmelse med kravet i den frivillige bæredygtighedsklasse. Indikator 1.2.1. kræver, at alle på byggepladsen er informeret om affaldsforebyggelsen og sortering. Heri kan også indgå en sparring med en affaldslogistikspert. Dette er ligeledes et mindstekrav i Københavns Kommune. Det er indikator 1.3.1. også. Her kræves "Gennemgang og dokumentation af arbejdet relateret til minimering og sortering af affald på byggepladsen." Den sidste indikator 1.4.1. siger følgende: "Innovative/nye koncepter, konstruktionsmetoder eller teknologier der reducerer mængden af genereret affald på byggepladsen markant."

## 1.4. Kriterie ENV1.1. Livscyklusvurdering

Kriteriet indeholder otte indikatorer, som er relevante i forhold til cirkulær økonomi. Indikator 1.1.1. og 1.1.2. og Re 1.1.1. kræver dels en model til at vurdere livscyklussen på den samlede bygning, dels på bygningsdele, dels alternative tilgange til livscyklusvurderinger, f.eks. ved at inddrage mere i vurderingen. De tre indikatorer handler alle om de tidlige faser af byggeriet. Indikator 1.2.1. siger, hvornår den samlede

LCA-analyse skal laves. Indikator 2.1. er den centrale indikator med den samlede livscyklusvurdering af byggeriet. Indikatorer 1.1.1., 1.1.2., 1.2.1. og 2.1. er samtidig mindstekrav i *Københavns Kommunes miljøkrav til DGNB*. Indikator 3.1.1. peger på mulighed for højere point ved en bedre livscyklusvurdering. Indikatorerne 3.2.1. og 3.2.2. peger på muligheden for at medregne henholdsvis fase A4 Transport og fase A5 Opførelse/montering.

## **1.5. Kriterie ENV1.2. Miljøfarlige stoffer**

Kriteriet indeholder fire indikatorer, som er relevante i forhold til cirkulær økonomi. Det er afgørende vigtigt i vores arbejde med cirkulær økonomi, at vi ikke bygger skadelig kemi ind i vores bygninger. Det kan skade brugerne, og det vil gøre fremtidig nedtagning mere kompliceret. Indikator 1.1.1. stiller krav om opfyldelse af krav til kemi på 45 områder. Denne indikator er et mindstekrav i *Københavns Kommunes miljøkrav til DGNB*. Indikatorerne 2.1.1.1., 2.1.1.2. og 2.1.1.3 handler om hvordan potentielt skadelige stoffer i bygningen håndteres.

## **1.6. Kriterie ENV1.3. Ansvarsbevidst ressourceindvinding**

Kriteriet indeholder én indikator som er relevant for cirkulær økonomi. Det er indikator 1.1.1., som kræver, at træ kommer fra ansvarlig skovdrift. Dette er også et mindstekrav i *Københavns Kommunes miljøkrav til DGNB*. Kravet er særligt relevant i en situation, hvor der er mere og mere fokus på brug af træ i byggebranchen.

## **1.7. Kriterie ECO2.1. Flexibilitet og tilpasningsevne**

Kriteriet indeholder 15 indikatorer, som er relevante for cirkulær økonomi. Indikatorerne handler om fleksibilitet og etageudnyttelse: Arealudnyttelse, indikator 1.1.1., etagehøjden, indikator 2.1.1., alternative løsninger til bygningsdybde, Re 3.1., vertikale adgangsveje til bygningen og alternative løsninger, indikator 4 og Re 4.1, fleksible planløsninger og herunder alternative løsninger, indikator 5.1.1. og Re 5.1, fleksibilitet i den bærende konstruktion og herunder alternative løsninger, indikator 6.1.1. og Re 6.1. Flexibilitet i de tekniske løsninger, som er henholdsvis ventilation 7.1.1., køling 7.1.2., varme 7.1.3., vand og afløb 7.1.4. og herunder igen alternative design, Re 7.2. Endelig er kriterie 8.1. en cirkulær økonomi-bonus, hvor det for mindst 50% af bygningens areal er gjort muligt at have en højere brugsintensitet i forhold til antal brugere og eller brugstider.

## **1.8. Kriterie TEC1.6. Nedtagning og genanvendelse**

Kriteriet indeholder 13 indikatorer, som er relevante for cirkulær økonomi. Indikator 1.1. kræver et koncept vedrørende anvendelse af ressourcer ved opførelse og 1.2. vedrørende anvendelse af ressourcerne fra byggeriet efter endt levetid. Indikatorer 2.1. måler direkte på anvendelse af genbrugte og genanvendte materialer og indikator 3.1. på genbrug og genanvendelse efter endt levetid. Indikator Re 3.1. gør det muligt at måle på elementer, som endnu ikke er medtaget i DGNB-manualens direkte evaluering af de forskellige definerede bygningsdele. Indikator 3.2. er en cirkulær økonomi-bonus som siger, at der kan "opnås bonuspoint ved at anvende færre råvarer og sekundære materialer i byggeriet".

Indikator 4 handler om renovering, transformation og/eller nedrivning af eksisterende byggeri herunder handler indikator 4.1.1. om anvendelse af en miljø- og ressourcekoordinator. Det forventes i øvrigt at blive lovgivning i 2023. Indikator 4.1.2. om, at denne person skal være uvildig. Indikator 4.2.1. og 4.2.2. handler om, hvor kort der er kørt for at aflevere affald, og kriterierne 4.3.1.1. og 4.3.1.2. om hvor stor en andel af materialer der er anvendt direkte på byggeriet på samme sted, hvor den hele eller delvise nedrivning er fundet sted. Kriteriet afsluttes med indikator 5, som er en cirkulær økonomi-bonus, som handler om nedrivning af eksisterende byggeri, og hvor stor vægtprocent af den samlede mængde affald, der genbruges eller genanvendes ved aflevering til affaldsmottageranlæg.



## 2. Viden - ansvar

I dette kapitel beskrives kort det ansvar, som byggeriets parter har i forbindelse med valget af genanvendte eller genbrugte byggematerialer.

### 2.1. Forholdet mellem bygherre og rådgiver

Det følger af ABR 18 § 9, stk. 1, at rådgiveren skal udføre sin opgave i overensstemmelse med aftalen, god rådgivningsskik og bygherrens anvisninger.

Bestemmelsen suppleres af § 16, hvoraf det fremgår, at:

Hvis rådgiverens projekt indebærer anvendelse af metoder og materialer, der ikke er gennemprøvede, skal rådgiveren skriftligt oplyse bygherren om det og om eventuelle risici derved.

Hvis rådgiveren orienterer bygherren, og bygherren accepterer materialet og/eller metoden, bærer bygherren ansvaret, såfremt oplyste risici aktualiseres. Hvis rådgiveren ikke oplyser bygherren, bærer rådgiveren ansvaret.

Det er ikke muligt at give en fast definition af, hvornår materialer eller metoder er gennemprøvede. Der er tale om en retlig standard, hvis nærmere indhold fastlægges i retspraksis. Der kan dog siges så meget, at materialer og metoder er gennemprøvede, "når de har været bredt anvendt til det påtænkte formål i en længere periode" (Betænkning nr. 1570 af 2018, s. 96).

### 2.2. Forholdet mellem bygherre og entreprenør

#### 2.2.1. Udgangspunktet

Det følger af AB 18 § 12/ABT 18 § 12, dels at entreprenøren har ret til at vælge materialer og metoder, dels at entreprenøren skal stå til ansvar for sine valg. Genanvendte eller genbrugte byggematerialer betragtes i denne sammenhæng som ethvert andet materiale.

#### 2.2.2. Undtagelser

##### *Bygherrens egne materialer*

Når bygherren forsyner entreprenøren med materialer, der skal anvendes i byggeriet, tager bygherren samtidig ansvar for, at materialerne egner sig til det anviste formål. Entreprenøren kan dog pådrage sig ansvar, såfremt materialet anvendes forkert eller til andre formål.

Et eksempel kunne være, at bygherren beder entreprenøren om at rive en bygning ned og anvende de frigivne mursten til indvendige vægge i et nybyggeri. Bygherren tager ansvar for, at murstenene egner sig til det anviste formål, mens det er entreprenøren, der bærer ansvaret, såfremt murstenene anvendes til udvendige facader, eller hvis stenen behandles på en måde, der svækker dem.

##### *Bygherrens anvisninger*

Når bygherren anviser materialer og/eller metoder, har entreprenøren ikke længere et valg. I en sådan situation er det derfor bygherren, der bærer ansvaret for, at materialet eller metoden er egnet.

Som med bygherrens egne materialer bærer entreprenøren dog ansvar, såfremt entreprenøren laver fejl, eller materialet eller metoden anvendes til andet end det anviste. Hertil kommer, at entreprenøren bærer ansvaret for mangelfulde leverancer.

Hvis entreprenøren ikke mener, at de af bygherren anviste materialer eller metoder er forsvarlige, skal entreprenøren gøre bygherren opmærksom på det – dette følger af entreprenørens loyalitetspligt. Det skal dog erindres, at Byggeri København er en professionel bygherre, som oftest har antaget teknisk bistand til udarbejdelse af projektmaterialet – dette medfører, at entreprenørens pligt til "at sige fra" formentlig har en begrænset rækkevidde.

#### *Materialer eller metoder, der ikke er gennemprøvede*

Det vil normalt være udgangspunktet, at Byggeri København ikke ønsker, at der anvendes ikke-gennemprøvede materialer eller metoder. Formålet er at sikre, at entreprenøren ikke lægger ikke-gennemprøvede materialer eller metoder til grund for sin tilbudsgivning.

Hvis entreprenøren alligevel vælger at anvende ikke-gennemprøvede materialer eller metoder, har entreprenøren pligt til at orientere bygherren og oplyse eventuelle risici. Dette giver bygherren mulighed for at træffe et informeret valg om, hvorvidt materialet eller metoden kan accepteres.

Hvis entreprenøren orienterer bygherren, og bygherren accepterer materialet og/eller metoden, bærer bygherren ansvaret, såfremt oplyste risici aktualiseres. Hvis entreprenøren ikke oplyser bygherren, bærer entreprenøren ansvaret.

Det er ikke muligt at give en fast definition af, hvornår materialer eller metoder er gennemprøvede. Der er tale om en retlig standard, hvis nærmere indhold fastlægges i retspraksis. Der kan dog siges så meget, at materialer og metoder er gennemprøvede, "når de har været bredt anvendt til det påtænkte formål i en længere periode" (Betænkning nr. 1570 af 2018, s. 96).

## 3. Inspiration – de cirkulære principper

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 optage og måske overtage indholdet i principperne.

De cirkulære principper kan bruges som inspiration i byggeprojektet.

### 3.1. 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.

Opstillingen indledes med to principper, der handler om opstarten af byggeprojektet. 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 udledning af CO<sub>2</sub> og brug 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 cirkulær økonomi.

Opstillingen afsluttes med fem afgørende opmærksomhedspunkter, det er vigtigt at være opmærksom på i byggeprojektet, eftersom mange cirkulære løsninger er uprøvede 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

### 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

Reparér, 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

Håndtér 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

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

## 3.2. Cirkulære principper - gennemgang

Nedenfor gennemgås hvert enkelt af de 29 principper nærmere.

### 3.2.1. Opstart

#### 3.2.1.1. 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

Prioriteringen er en overordnet ramme sat af tid, økonomi og kvalitet.

#### 3.2.1.2. Ambition

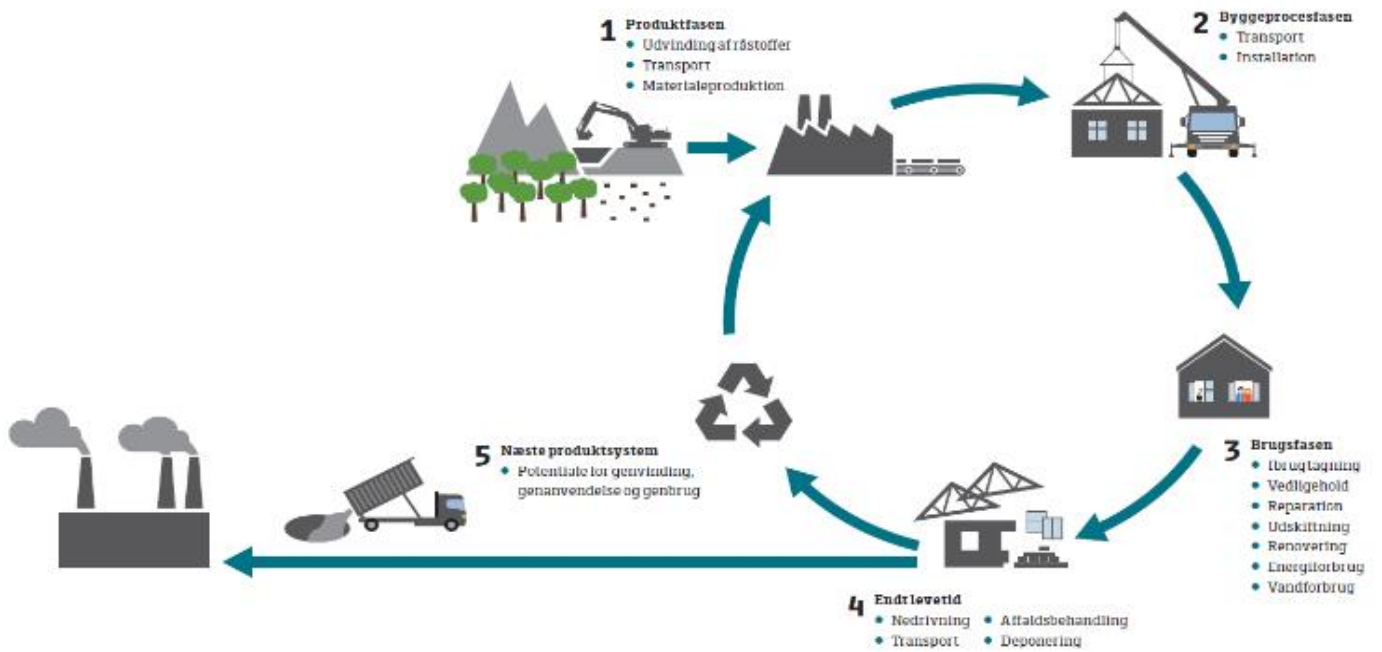
Sæt et ambitionsniveau, der styrker og udvikler markedet.

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

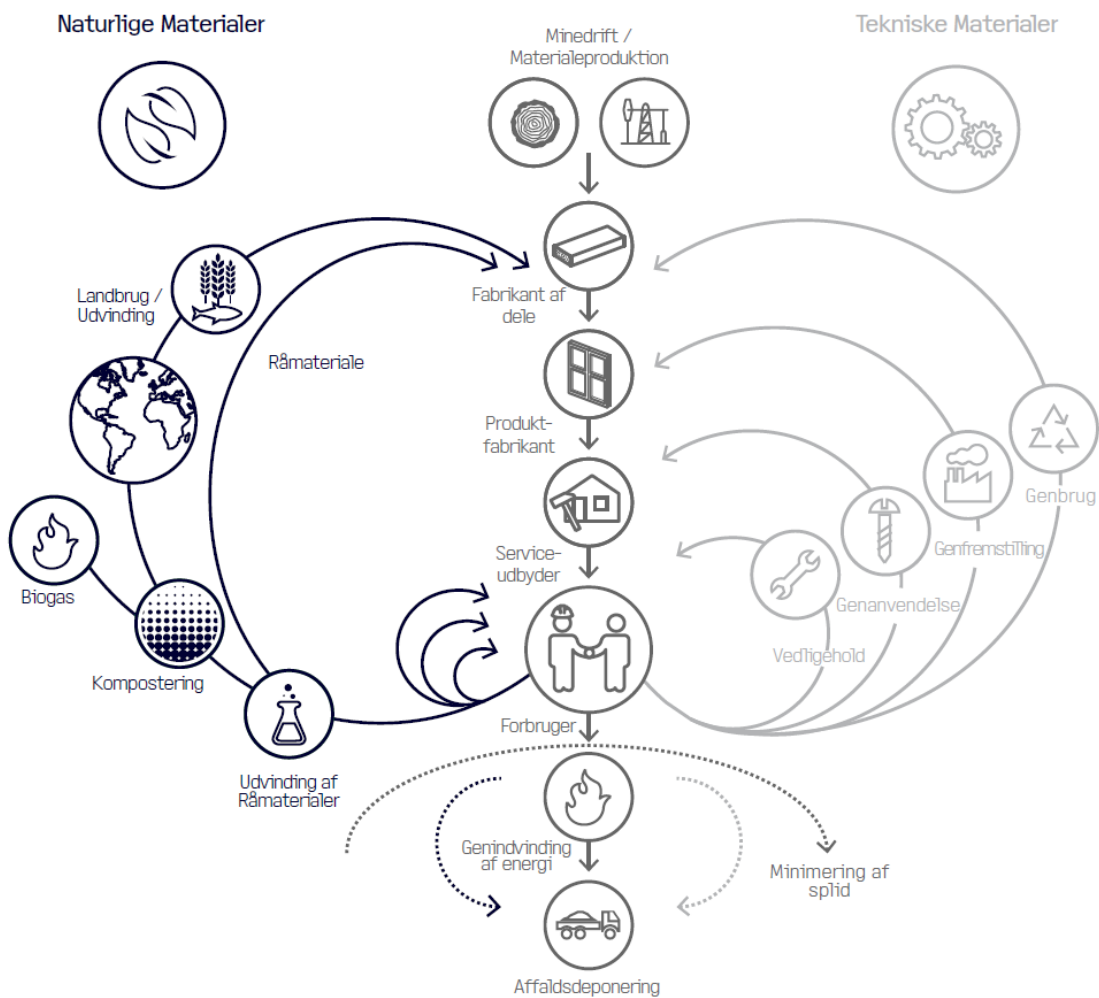
Ambitionen kan fastsættes ud fra valg af indikatorer inden for de otte udvalgte kriterier i DGNB, de valgte krav i kapitel 5 og eventuelt suppleret af ét eller flere af de 29 principper i oversigten, for eksempel multifunktionel brug af de byggede m<sup>2</sup>, et mindre forbrug af materialer eller at arbejde med specifikke cirkulære materialer og produkter.

Ud over de cirkulære principper er Byggeri Københavns vidensopsamling fra cirkulære projekter side 25 et godt sted at hente inspiration til at sætte ambitionen i byggeprojektet.

Man kan også inddrage figur 1, 2, 3 og 4 i sit projekt for at få inspiration og viden i forhold til at sætte et ambitionsniveau.



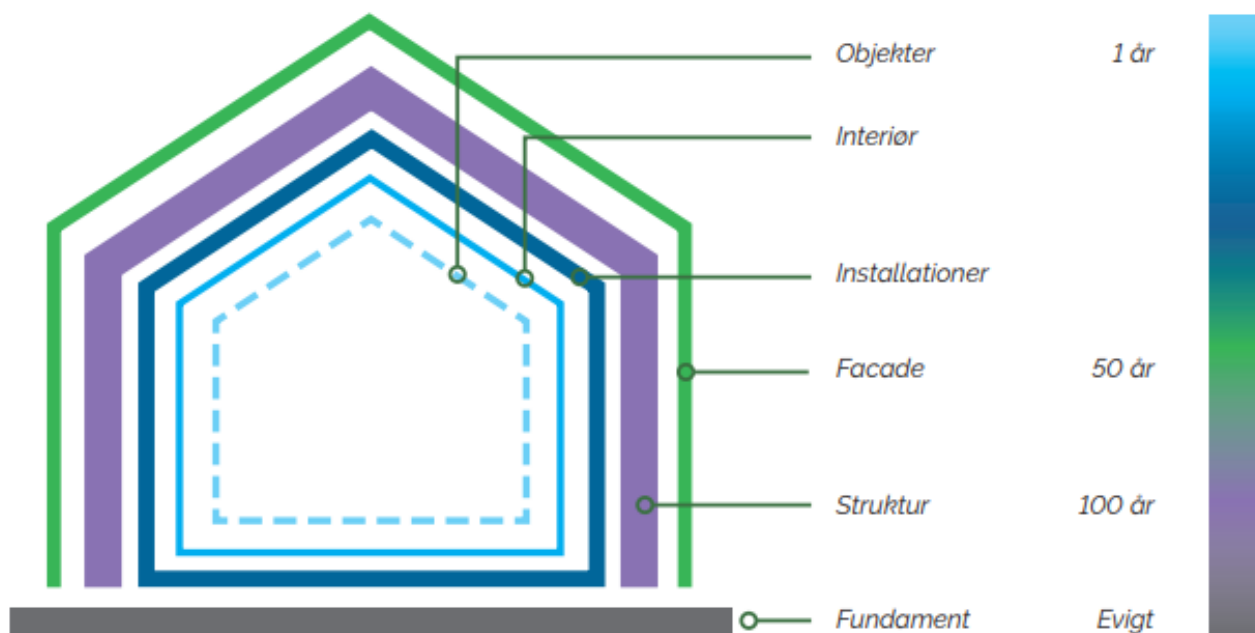
Figur 1: Introduktion til LCA på Bygninger, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2016).



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

Den første figur 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 figur 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. Cirklene 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 side 19.



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

Den tredje figur 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 Center for Industrialised Architecture (CINARK) udgivet i 2019, figur 4. Materialepyramiden adresserer miljøpåvirkningen pr. m<sup>3</sup> eller pr. kg. fra forskellige typer materialer som aluminium, træ og tegl. Vær opmærksom på at materialepyramiden kun medtager de tre første moduler i LCA-analysen A1-3. Pyramiden er interaktiv, og derfor giver det bedst mening at anvende den på [materialepyramiden.dk](http://materialepyramiden.dk). Nedenfor er illustreret toppen af materialepyramiden med de materialer, der udleder flest kg. CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. m<sup>3</sup>.



Figur 4: Materialepyramiden, Arkitektskolen i København (KADK) og Center for Industrialised Architecture (CINARK), 2019.

### 3.2.2. Mål

#### 3.2.2.1. 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.

#### 3.2.2.2. 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 disse skal 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 CE-mærket tilslag i ny konstruktionsbeton.

### **3.2.2.3. Affald**

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

Affaldshierarkiet side 18 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 CO<sub>2</sub> udover en besparelse i råstofressourcer.

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'. Nedenfor gennemgås de fem niveauer i affaldshierarkiet.

#### Affaldsforebyggelse eller direkte genbrug

Ved affaldsforebyggelse eller direkte genbrug er materialet endnu ikke blevet til affald ifølge 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.

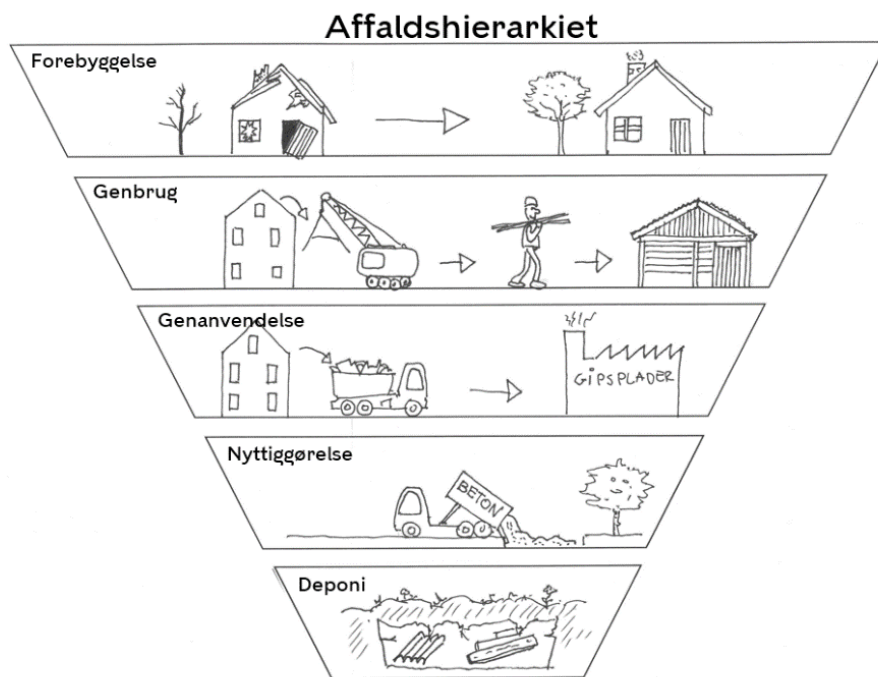
#### Genanvendelse

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 hus-

holdningers restaffald, eller når træaffald sendes til forbrænding i stedet for at finde anvendelse længere oppe i affaldshierarkiet.



Figur 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 deponerer materialet her indtil, der forhåbentligt på et tidspunkt bliver mulighed for at håndtere materialet, så det kan komme videre i systemet forsvarligt.

## **3.2.3. Strategier**

### **3.2.3.1. Mindreforbrug**

Brug færre ressourcer, materialer og produkter, smartere m<sup>2</sup> 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 med mindre energi, for eksempel ved brug af lette konstruktioner eller eldrevne maskiner på byggepladsen. Ligeledes er det et mindreforbrug af ressourcer, når den samme kvadratmeter 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 står tomme så lidt som muligt.

### **3.2.3.2. Holdbarhed**

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

Design bygningen, så den opfylder den ønskede funktion, men implementér 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 15 er relevant her. Det bør ligeledes undersøges, hvorvidt det er muligt at renovere og bygge om som alternativ til nedrivning og nybyggeri.

### **3.2.3.3. 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. Implementér 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 CO<sub>2</sub> og flest mulige ressourcer.

Find inspiration i Sommerfuglemodellen om recirkulering af ressourcer fra de naturlige og de tekniske cirkler på side 14. Modellen viser, at der ikke kan laves byggematerialer uden at anvende naturlige ressourcer. Mængden af de naturlige ressourcer, der anvendes, kan dog 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 ind i det, som giver styrke til produktet, som ellers var et rent biologisk materiale.

### **3.2.3.4. 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.

## **3.3.4. Handlemuligheder**

### **3.3.4.1. 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 byggherren 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.

#### **3.3.4.2. 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 15 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 kaldes en materialebank. Vær opmærksom på, at god renovering er væsentlig for at bevare værdien af materialerne.

#### **3.3.4.3. 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 forstå det som 'uafhængige' dele. F.eks. hvis der ikke skal skæres ud til et vindue i et betonelement, men vinduet sættes ved siden af betonelementet, så dette forbliver intakt.

#### **3.3.4.4. 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.

#### **3.3.4.5. 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.

#### **3.3.4.6. 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 i et materialepas. 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.

#### **3.3.4.7. 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.

#### **3.3.4.8. Vedligehold**

Lav korrekt vedligeholdelsesplan for at sikre værdien af materialerne.

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

#### **3.3.4.9. Sikkerhed**

Oprethold sikkerhedsprocedurer for at håndtere alle faser af bygningens liv.

Dokumentér specifikke sikkerhedsprocedurer for opførelse, brug, vedligehold og adskillellesproces.

#### **3.3.4.10. Overgangsfaser**

Bevar informationen om, hvordan materialerne skal håndteres i overgangsfaser.

Dokumentér, 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.

#### **3.3.4.11. Forretningsmodeller**

Lav nye forretningsmodeller for at fuldende den cirkulære økonomi.

Nye former for services 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 det 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.

#### **3.3.4.12. 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. Dokumentér så vidt muligt resultaterne. Dette kan blandt andet opgøres, som x kg CO<sub>2</sub> sparet for x kr., i modsætning til en konventionel løsning.

#### **3.3.4.13. Service**

Tænk i nye services og ejerformer frem for nye produkter.

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

#### **3.3.4.14. Partnerskaber**

Skab partnerskaber og samarbejder for at styrke den cirkulære 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.

#### **3.3.4.15. 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), Bygningspas anskueliggør bygningens levetid og miljøpåvirkning i bygningens forskellige faser (se figur side 14).

### **3.2.5. Opmærksomhedspunkter**

#### **3.2.5.1. Innovation**

Imødekom cirkulær innovation, men vær opmærksom på risici.

Bidrag til, at markedet kan udvikle og teste nye innovative løsninger i praksis. Det kan ske ved at indgå i samarbejde med f.eks. universiteter eksempelvis 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.

#### **3.2.5.2. Ansvar**

Håndtér 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. Se også kapitel 2 om ansvar.

#### **3.2.5.3. 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 byggerleverance.

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

#### **3.2.5.4. 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 faser i et byggeprojekt. En cirkulær løsning på materialeniiveau kan (måske) nemt prioriteres ved indkøb af materialer, hvor en cirkulær løsning af bygningsdesignet skal indtænkes i de tidlige planlægningsfaser.

#### **3.2.5.5. Skalerbarhed**

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

Vær opmærksom på, om 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 tegl skal anvendes som facade.

## **4. Inspiration – vidensopsamling fra Byggeri Københavns projekter med cirkulær økonomi**

### **4.1. Introduktion**

I dette afsnit præsenterer Byggeri København sin viden fra en række 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.

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

4.2. Center for Diabetes (CfD), Hans Kirks Vej 8 .....	24
4.3. Center for Specialundervisning for Voksne (CSV), Ryparken 81.....	29
4.4. Karateklub, Frankrigsgade 35 (Ungecenter Sundby Idrætspark) .....	32
4.5. Daginstitutionen F/S Rosa, Øresundsvej 131 .....	37
4.6. Specialklasserække HAFNIA, Rosenvængets Hovedvej 35.....	43
4.7. Heerup Skole Kapacitetsudvidelse (HSK), Frederiksgaards Allé 13.....	44
4.8. Botilbuddet Jakob Michaelsens Minde (JMM), Aggershvile Allé 1, 2942 Skodsborg .....	46

### **4.2. Center for Diabetes (CfD), Hans Kirks Vej 8**

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

Projektet indeholder nedrivning af et eksisterende hus på ca. 1000 m<sup>2</sup> i bindingsværk med mursten og nybyggeri på ca. 2.800 m<sup>2</sup>.



Den samlede anlægsbevilling er 135,7 millioner kroner. Entreprisesummen er anslået til 109,3 millioner kroner.

Projektet fik anlægsmidler i oktober 2018 (budget 2019) og mandat fra Borgerrepræsentationen til at arbejde med cirkulær økonomi i oktober 2019 (budget 2020). Projektet fik en ekstrabevilling i budget 2023.

Projektet gennemføres i totalrådgivning med efterfølgende hovedentreprise.



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

#### 4.2.1. Udvalgelseskriterierne

I udvalgelseskriterierne 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".

#### 4.2.2. Tildelingskriterierne

I tildelingskriterierne blev pris vægtet med 50% og projektorganisation og bemanning med 25%. Det blev ved vurdering af CV'er vægtet "særdeles 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."

#### 4.2.3. 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."

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
Juni 2021	Myndighedsprojekt afleveret
Maj 2022	Byggetilladelse
14. oktober 2022	Hovedentreprisekontrakt underskrevet

Tabel 1: Vigtige datoer i projektet Center for Diabetes

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."



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

#### 4.2.4. Totalrådgivning

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.

#### 4.2.5. Planlægningsfasen (Idé-oplæg 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 i så begrænsede mængder, at det ikke giver mening at recirkulere dem i projektet.

Samlet anlægssum	135,7 mio. kr.
Entrepresesum	109,3 mio. 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.

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 hybriddek, hvis der ønskes store spænd og åbne kontorer eller CLT-elementer de steder, hvor konstruktionen er opbygget som en cellestruktur. Ved denne udførelsesmetode, 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."

#### 4.2.6. 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.

"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 forskellig grad."

Senere (side 55) står der:

“Der er foretaget en bygningscreening 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.”

Den 7. maj 2020 er der gennemført en test af murstenen i Maskinhuset ved Gamle mursten, Svendborg, som konkluderer, at stenene kan renses.

I løbet af dispositionsforslagsfasen blev det fravalgt at lave dele af konstruktionen i krydslamineret træ (CLT – Cross Laminated Timber).

#### **4.2.7. Projektforslag**

I projektforslaget er der ikke tilføjet ekstra forhold vedr. cirkulær økonomi. Miljøundersøgelsen og Gamle murstens prøvning af de eksisterende mursten er vedlagt.

#### **4.2.8. Myndighedsprojekt – Ansøgning om byggetilladelse**

I ansøgningen om byggetilladelse står følgende (side 2):

Der søges tillige om tilladelse til nedrivning af Maskinhuset i en etage, hvor det nye Center for Diabetes skal stå.

Side 8:

“Dansk Miljøanalyse har undersøgt eksisterende bygninger for miljøskadelige stoffer og udarbejdet en rapport over materialernes forureningsgrad mv. Der er konstateret miljøskadelige stoffer, bl.a. zink, bly og kobber, over grænsen for farligt affald. Derfor skal en miljøsanering udføres, før byggearbejderne

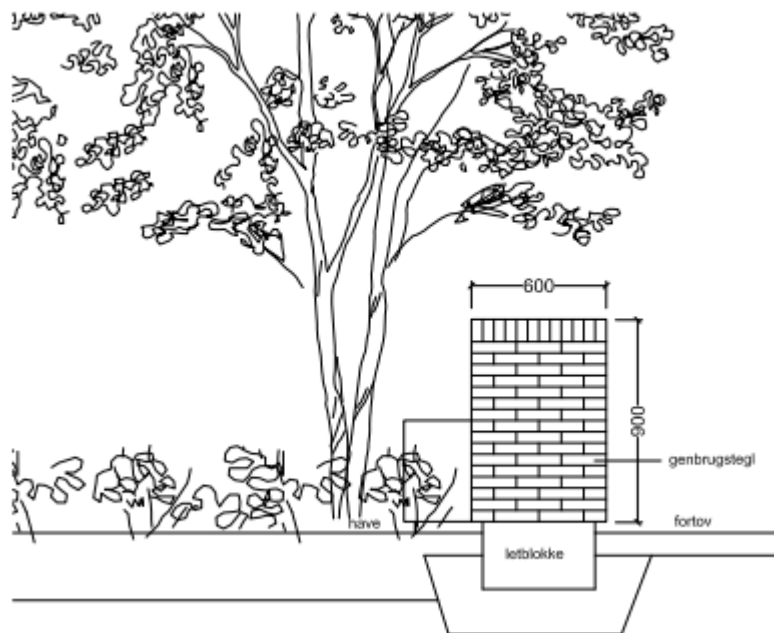
opstartes – også før en egentlig nedrivning. Saneringen udføres på baggrund af udførte miljøundersøgelser og efter gældende regler og vejledninger for miljøsanering, jf. bilag.”

Side 8:

“Maskinhuset med skur udgør ca. 660 m<sup>2</sup>, mens hele grunden med bygninger og hegn udgør ca. 915 m<sup>2</sup>. Maskinhuset er i 1 plan med en facadehøjde på ca. 2,5 m og rygningshøjde på ca. 4,5 m.

“Genanvendelse af eksisterende mursten

Der er udarbejdet en test ved Gamle Mursten af kvaliteten af de eksisterende mursten samt deres forureningsgrad. En del af stenene kan genanvendes. De skal tages ud af bindingsværket og afrensnes for gammel mørtel. Der vil være omkring 6000 sten tilbage for genanvendelse.”



Figur 6: Snit af havemuren af genbrugte mursten fra Maskinhuset

Der står i øvrigt følgende om anvendelse af de eksisterende mursten (side 4):

“Nordgrunden ligger delvist afskåret fra Diabetescenteret af Hans Kirks Vej, hvilket forstærker tilhørsforholdet til DGBs [De Gamles Bys] portbygning, samtidig med at området opleves som udflydende og grænseløst mod Møllegade og Nørre Allé. En havemur løser dette ved at skabe en præcis grænse mod det offentlige fortov og samtidig definere området som en rumlig del af De gamles By. Muren er 90 cm høj og 60 cm bred. På udvalgte steder udføres udskæringer og udposninger på muren som appellerer til at sætte sig ned. Ud for den store fliged løn holder muren en pause, så rødderne får den nødvendige plads. Muren udføres i genbrugs tegl fra den nedrevet bygning.”

Om træbyggeriet står der følgende i ansøgningen om byggetilladelse (side 9):

“Den vestlige del af bygningen udføres med hybriddæk på stabiliserende betonelementvægge og et stål-bjælke-/søjlesystem. Øverste etage udføres med 3- charniers trærammer.

“Den midterste del af bygningen (atrium) er bygget op med 3-charniers trærammer hvori gangbroer og mødelokaler hænges op i med stålror og stænger.

“Den nordøstlige del af bygningen udføres med hybriddæk og stabiliserende trærammer fra 1. sal og op. Stue og kælder udføres med bærende og stabiliserende betonelementer.”

Byggetilladelsen til projektet kom den 5. maj 2022

#### 4.2.9. Hovedentreprisen

Der blev i prækvalificeringen udvalgt fem firmaer til at give tilbud 5. juni 2022 på hovedentreprisen. Kontrakten med hovedentreprenøren Einar Kornerup blev underskrevet den 14. oktober 2022

#### 4.2.10. 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

Ansøgning om byggetilladelse, Byggeri København, Dorthe Mandrup A/S, 15. juni 2021

### 4.3. 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.

Denne del af projektet 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 svarende til 3,2 mio. kroner. COWI er bygherrerådgiver og bistod Byggeri København med at udbyde opgaven til totalrådgivning. Opgaven blev udbudt i foråret 2021.



Billede 3: Ryparken 81

#### 4.3.1. 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, og 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 CO<sub>2</sub>, Råstoffer og Affald. Dernæst gennemgås de øvrige valgte principper.

*Viden:* "Der lægges særligt vægt på viden om og dokumentation af påtænkte materialers 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:* Skillevæggens 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	Beslutning om anlægsbevilling
November 2021	Kontrakt med totalrådgiver

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

*Materialekvalitet:* Forskellige materialetypers kvalitet 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).

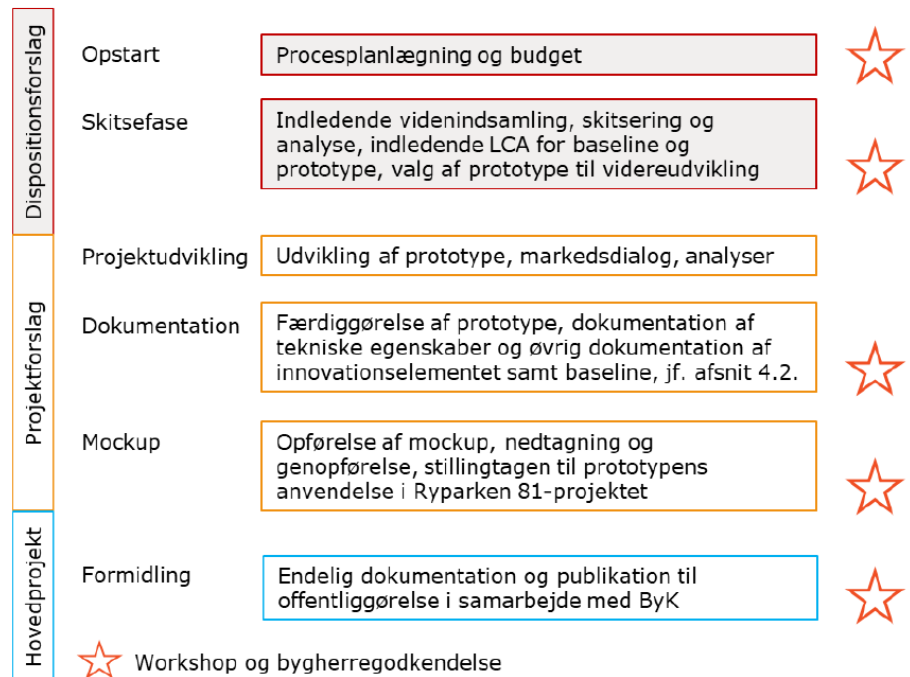
*Partnerskaber:* Det skal undersøges hvilke behov og muligheder, der er for partnerskaber i forhold til udviklingen af den cirkulære væg (side 5).

*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 skillevæg." (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 cirkulære skillevæg 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 7: 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 LCA-analyse 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 LCA-analyse, 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.

#### 4.3.2. Totalrådgivning

Kontrakt med totalrådgiver blev underskrevet i november 2021. Totalrådgiver er Erik Arkitekter med Wisenberg som underrådgivere. Erik Arkitekter har en dedikeret medarbejder som projektleder på den

cirkulære væg. Desuden er firmaet Business With Impact tilknyttet som underrådgiver med fokus på udvikling, teknik og en realiserbar businessmodel for cirkularitet i forhold til den cirkulære væg.

Teamet skal arbejde med udviklingsprojektet, den cirkulære skillevæg, som det er defineret i udbuddet.

#### 4.3.3. Relevante kilder

Udbudsmaterialet, COWI og Byggeri København, februar 2021

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

## 4.4. Karateklub, Frankrigsgade 35 (Ungecenter Sundby Idrætspark)

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

Projektet i Frankrigsgade, karateklubben, indeholder ombygning og er den del, som er omfattet af cirkulær økonomi.

Projektet fik planlægningsmidler i maj 2020 (i overførselssagen 2019-2020) og mandat til at arbejde med cirkulær økonomi i oktober 2020 (i 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. Projektet fik anlægsbevilling i oktober 2021 (i budget 2022).



Billede 4: Det ene af de to omklædningsrum, før det blev bygget om.

#### 4.4.1. Planlægningsfasen (Idéoplæg og Byggeprogram) og dispositionsforslag

Planlægningen blev gennemført af Rytter Arkitekter. Det blev besluttet i forhold til det cirkulære at fokusere på ombygningen af vådrumsdelen i Frankrigsgades Svømmehal.

I planlægningsfasen blev de eksisterende fliser på væg og gulve vurderet, og konklusionen var, at de var i god stand og skulle bevares også af hensyn til

Maj 2020 (Overførselssagen 2019-2020)	Beslutning om planlægningsbevilling
Oktober 2020 (Budget 2021)	Mandat til cirkulær økonomi
Oktober 2021 (Budget 2022)	Beslutning om anlægsbevilling
18. oktober 2021	Udbud af hovedentreprise
1. februar 2022	Start hovedentreprise
19. april 2022	AB18-aflevering

Tabel 4: Vigtige datoer i projektet Frankrigsgade 35



muligheden for fremtidig brug af omklædningsfaciliteterne. Det eksisterende ventilationsanlæg blev også vurderet funktionsdygtigt og levede op til de krævede standarder, hvorfor det ikke krævede udskiftning.

Den cirkulære tilgang til ombygningen var bevaring i videst mulige omfang. Konklusionen var derfor, at det i forbindelse med ombygning af vådrummene i Frankrigsgades Svømmehal vil være fornuftigt at arbejde med "lag-på-lag", og der skulle være fokus på let demonterbare og genanvendelige trægulve samt lette og flytbare akustikmoduler til væggen i trælameller.

I forbindelse med nedrivning af en bærende betonvæg, skulle der i anlægsfasen arbejdes med materialegenanvendelse.

I byggeprogrammet står der følgende om arbejdet med det cirkulære vådrum (side 15) under overskriften Vedligehold/genbrug:

"Vores strategi er først og fremmest at forebygge affald. Mere konkret vil det sige, at vi i stedet for at fjerne alle eksisterende fliser og klinker, vil beholde dem. Der hvor det fortsat er hensigtsmæssigt at have fliser/klinker, vil vi forsøge at rense fuger og flise og bruge "as-is". Der er dog visse steder, hvor de er så beskadiget af kalk/klor, at det ikke er sikkert, at man vil bibeholde dem. Her må man tage fliser/klinker i god stand op, et sted hvor de ikke behøves - rense og gensætte dem med ny cement. Evt. kan man her bruge: 'TarkoDry', en tætningsmembran, som anvendes under keramiske materialer i vådrum, der består af ca. 85% genanvendt materiale."

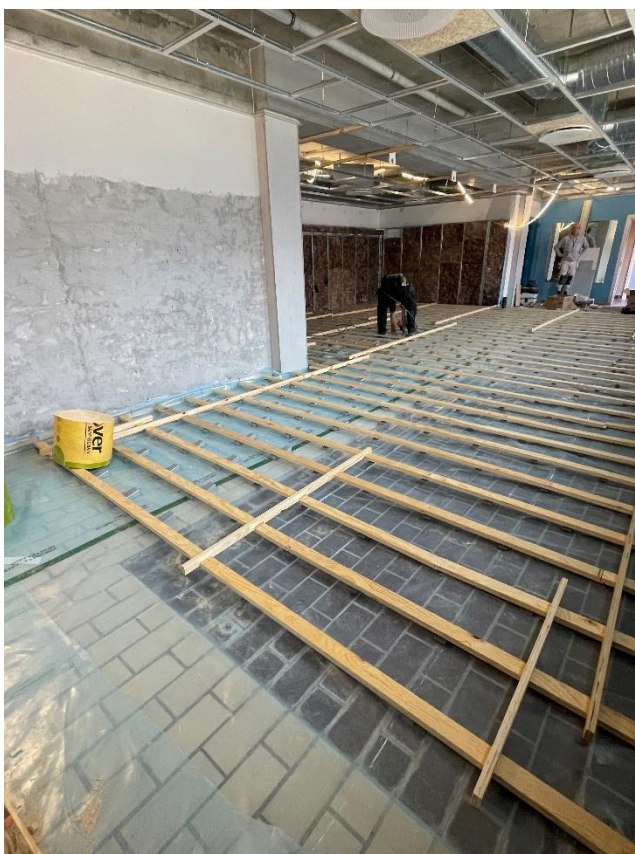
Og under overskriften Lag-på-lag, står der følgende (side 15):

"Der hvor det ikke er hensigtsmæssigt at have keramiske overflader, vælger vi ikke at rive denne overflade af men derimod beholde den og lægge anden belægning over. Trægulvet lægges således ovenpå eksisterende klinkebelægning. På vægge, der i dag er belagt med fliser, tænker vi at montere et lyd-dæmpende lag ovenpå - og afslutte med trælameller. Således skaber vi mindst muligt affald, og sender kun det materiale, der ikke kan renoveres videre til genanvendelse."

Dispositionsforslag indgik som en del af programmet.

#### 4.4.2. Projektforslag, udbudsprojekt og myndighedsprojekt

Arbejdet med cirkulær økonomi er præciseret gennem disse faser, men det afgørende nye sker i forbindelse med udbuddet i hovedentreprisen.



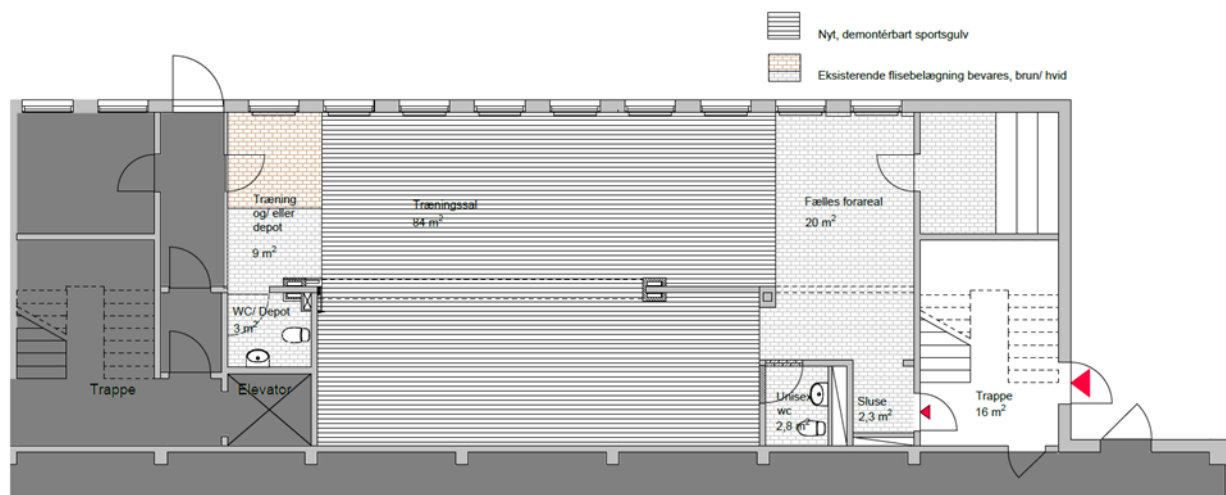
Billede 5: Opbygning af sportsgulv uden huller i det oprindelige gulv. Foto: Rytter Ark Group

#### 4.4.3. Udbud i hovedentreprise - tilbudslisten som det aktive værktøj

I projektet blev det valgt at håndtere cirkulær økonomi gennem en klar definition af de enkelte elementer, der skulle til for at gennemføre de cirkulære tiltag i bygningen. De fremgår af ni rækker i tilbudslisten, som kan ses i tabel 5.

<b>Tømrer- og snedkerarbejder</b>	Mængde og enhed
Demontering/maling/retablering af garderobeskabe	18 stk.
Demonterbart sportsgulv	109,1 m <sup>2</sup>
<b>Murerarbejder</b>	
Nedtagning og rensning af eksisterende fliser	16,6 m <sup>2</sup>
Afrensning af kalkaflejringer	160 m <sup>2</sup>
Montering af vægfliser, genanvendte	11,9 m <sup>2</sup>
Option - omfugning af gulvklinter 10 x 1 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>
<b>El-arbejder</b>	
Demontering/retablering af eksisterende installationer	1 stk.
<b>VVS-arbejder</b>	
Demontering og genmontering	1 stk.
Option - vandbesparende aggregat/cisterne til WC	1 stk.

Tabel 5: Elementer fra den del af tilbudslisten til Karateklubben som omhandler cirkulær økonomi



Figur 8: Plantegning af stueetagen med det nye sportsgulv. Tegning: Rytter Ark Group

#### 4.4.4. Resultater

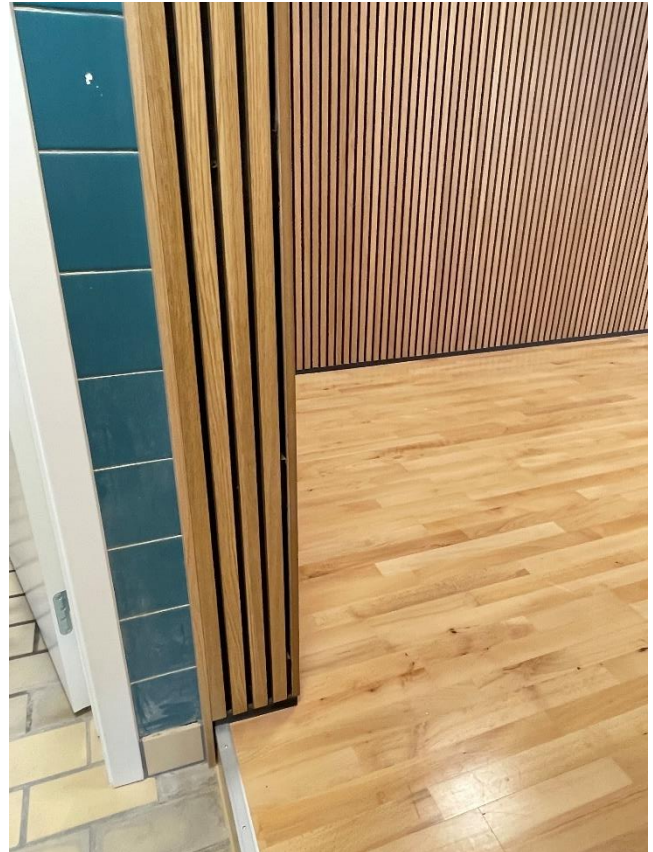
Projektet har givet Københavns Kommune en række værdifulde erfaringer inden for cirkulær økonomi.

Affaldshierarkiet blev brugt som strategi i projektet. Herunder var der følgende indsatser:

- Forebyggelse: I projektet ville vi beholde klinker/fliser, ventilationsrør, inventar og funktioner i stedet for at udskifte dem. Dette indebærer også en accept af at materialer måtte se slidte ud. Som en del af dette arbejdede projektet med en
- Lag-på-lag-tilgang: Der var et ønske om i så høj grad som muligt at bevare den eksisterende funktion, vådrummet, nedenunder den nye funktion, den nye karatesal og omklædning. Det indebærer at bevare flisebelægning, lave demonterbart trægulv, som ikke krævede huller i flisebelægningen og at sætte akustikpaneler uden på den eksisterende vægbelægning.
- Genbrug: Der blev arbejdet med genbrug af fliser fra væggene og af eksisterende rør og armaturer.
- Genanvendelse af beton: Der var et ønske om at genanvende den betonvæg, der skulle rives ned.

Københavns Kommunes fik sammen med sine samarbejdspartnere især følgende resultater fra projektet:

- Det er godt at tænke cirkulært fra projektets begyndelse, så er der flere beslutninger, som bliver naturlige i det efterfølgende projektføreløb.
- Tæt samarbejde mellem aktørerne i projektet giver bedre resultater. Sørg f.eks. for at entreprenøren har mulighed for at bidrage. I dette projekt bidrog en entreprenør til den cirkulære tankegang i forbindelse med besigtigelsen med de indbudte entreprenører.
- Affaldshierarkiet er en god rettesnor i et projekt af denne type i forhold til håndtering af materialerne i projektet.
- Man skal vænne sig til et mindset om, at materialer gerne må se slidte ud, hvis deres funktion er intakt.
- Der blev genbrugt 25% fliser i projektet. Dette var også en fordel da fliserne indeholder cadmium, så hvis de ikke var blevet forberedt til genbrug, ville de være blevet sendt i deponi. Endelig blev det konkluderet, at en håndmejsel og hammer var den bedste metode til at pille fliserne ned hele.
- De eksisterende ventilationsrør blev genbrugt.
- 14 tons betonvæg blev revet ned: 8,4 tons blev genanvendt, 5,5 tons blev sendt til deponi på grund af de miljøskadelige stoffer bly og pcb i malingen.



Billede 6: Det eksisterende - reparerede - gulv og den eksisterende væg sammen med det nye gulv og de nye akustikpaneler. Foto: Rytter Ark Group

- Gulvafløb blev afproppet og brandisoleret, så de sandsynligvis vil kunne genetableres, hvis man ønsker at vende tilbage til den oprindelige funktion.
- Entreprenøren afsatte forskellige dele af det eksisterende inventar herunder bænke gennem sine egne kanaler.
- Brusearmaturerne kunne ikke genbruges, da de var ødelagte af tilkalkning.
- De eksisterende garderober var ufleksible i deres opbygning og derfor svære at genbruge, men de blev genbrugt



Billede 7: Det færdige sportsgulv i stueetagen. Foto: Rytter Ark Group

#### **4.4.5. Pris**

Københavns Kommune har betalt 256.000 kr. for arbejdet med cirkulær økonomi heraf 225.000 i entreprisen.

#### **4.4.6. Mulige næste skridt**

Projektet har givet en række erfaringer, som kan indgå som grundlag for at arbejde med vådrum i andre lignende projekter. Det vil derudover være relevant at arbejde videre med, om det er muligt at opsætte fliser på væg og gulv på en måde, som gør det muligt at pille dem lettere ned igen.

#### 4.4.7. Relevante kilder

Idéoplæg og byggeprogram, Sundby Idrætspark Ungecenter, Rytter Ark Group A/S og Byggeri København, 10. november 2020.

Cirkulær Økonomi, Frankrigsgade Svømmehal, Rytter Ark Group A/S og Byggeri København, 5. oktober 2022

### 4.5. Daginstitutionen F/S Rosa, Øresundsvej 131

Projektet er en udvidelse af en daginstitution fra 8 til 14 grupper

De nye grupper etableres ved en udbygning af den eksisterende institution med en tilbygning i to etager på langs af den eksisterende institution samt en mindre tilbygning til installationer og liggehal. Projektet indeholder desuden en mindre ombygning af dele af den eksisterende bygning samt en nedrivning af en del af sydfløjen.



Billede 8: Luftfoto af F/S Rosa

Tilbygningsdelen bliver på ca. 1000 m<sup>2</sup> brutto.

Projektet fik planlægningsbevilling i september 2019 (Budget 2020). I september 2020 (Budget 2021) fik projektet anlægsbevilling.

#### 4.5.1. Udvalgelseskriterier

Udbuddet til totalrådgivning er lavet på baggrund af screening gennemført af COWI. I udvælgelseskriterierne indgik vurdering af mest mulig relevant erfaring med sammenlignelige projekter udført indenfor de seneste 5 år herunder fokus på relevant erfaring med "Projekter af sammenlignelig størrelse som det udbudte, som er opført med CLT-elementer som bærende konstruktion". I tildelingskriterierne indgik ikke elementer med cirkularitet.

#### 4.5.2. Totalrådgivning

Som totalrådgiver blev valgt ingeniørfirmaet Tyréns A/S med Lendager Group som underrådgiver. I november 2021 overtog Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma kontrakten og bliver ny totalrådgiver. Lendager Group fortsatte som underrådgiver.

#### 4.5.3. Planlægningsfasen (Idéoplæg og byggeprogram)

I det følgende gennemgås byggeprogrammet i forhold til kravene til cirkulær økonomi i projektet.

Der er fokus på materialelegenbrug. På side 28 står:

##### *Cirkulær byggeplads*

"Ved ombygningen af institutionen frigøres en række materialer, der kan potentielt kan genbruges i den nye tilbygning, herunder:

- Fliser og anden befæstelse
- Vinduesglas- og ruder

- Bræddebeklædning (facade og hegn)
- Tyndpladebeklædning
- Møbler og andet inventar
- Legepladsindretning

Ved at genbruge bygningens eksisterende komponenter spares ikke kun ressourcer og CO<sub>2</sub>, men husets brugere får også et hus fyldt med gode historier, hvor man kan genkende brudstykker af den eksisterende bygning, der nu indgår i nye sammenhænge”.

Potentialet for genbrug af bygningens eksisterende materialer ses i Figur 9.

#### Genbrug

Det er tanken, at byggeriet kan udføres med en let facade af genbrugstræ fra ombygningen og nedrivningen.

#### CLT

Det har været et ønske fra bygherren, at muligheden for at anvende CLT-elementer eller lignende til konstruktion af udvidelsen skal undersøges af rådgiver. Der står følgende:

September 2019 (Budget 2020)	Beslutning om planlægningsbevilling
Oktober 2019	Tildeling af rådgiverkontrakt
April 2020	Byggeprogram afleveret
September 2020 (Budget 2021)	Beslutning om anlægsbevilling
December 2020	Dispositionsforslag afleveret
Januar 2021	Modtaget bevilling fra Realdania
November 2021	Ny totalrådgiverkontrakt underskrevet

Tabel 6: Vigtige datoer i projektet F/S Rosa - Øresundsvej 131

”Konstruktivt anvendes hovedsageligt CLT. CLT er på nuværende tidspunkt ikke fuldt afprøvet produkt, derfor vil der blive udført ekstra statistisk kontrol af projekteringen”. (side 44)

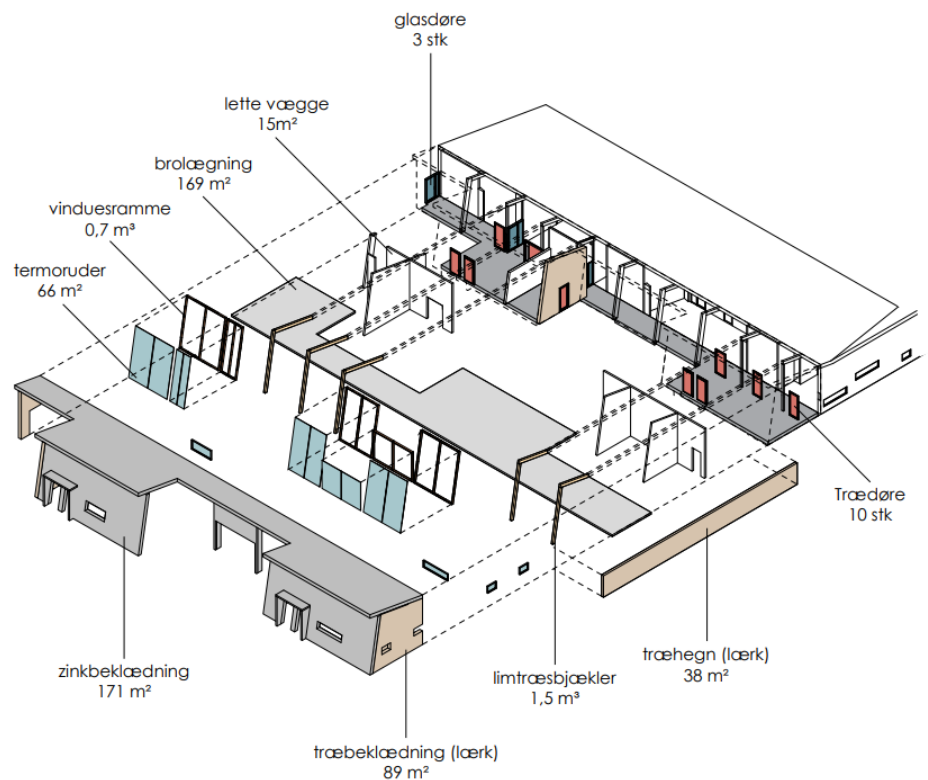
”Vi forventer at hovedparten af vægge og dæk samt tag kan udføres i CLT. Dog vil det være smart at anvende andre typer træbjælker, som f.eks. er bedre egnede til gennemføring af installation”. (side 44)

### Reduktion af beton

Der har ligeledes været fokus på en reduktion af anvendelsen af beton som "søges reduceret til et minimum og kun brugt, hvor dets egenskaber ikke kan efterlignes med et andet materiale. Dette betyder, at bygningen kommer til at hvile på punkt- eller skruefundamenter, hvilket suppleres af et randfundament, hvis primære funktion er rottesikring af byggeriet". (side 29)

### 4.5.4. Dispositionsforslag

I dispositionsforslaget præciseres projektets cirkulære fokus på genbrug af materialerne fra ombygningen ud fra en betragtning af bygningen som en materialebank. Ved en nærmere gennemgang af tilbygningens materialer, har man identificeret og udvalgt to materialer, som der skal være et primært fokus på. Det er zink og lærketræ.



Figur 9: Potentialet for genbrug af bygningens eksisterende materialer

På side 36 står:

"Zinkplader brugt til facade og tagbeklædning søges genbrugt som facadebeklædning på den nye bygning. Zink er et meget langtidsholdbart materiale, hvorfor det giver mening at genbruge det på stedet om muligt. Pladerne vil potentielt skulle tilrettes, tilskæres eller falses påny, men udgangspunktet er at finde en så enkel løsning som muligt, der muliggør mest mulig genbrug".

"De bygningsdele, samt hegn og skure, der er beklædt med lærk, tænkes genbrugt som facadebeklædning på den nye bygning. Det forudsætter, at materialet kan nedtages på en måde, der bevarer dets kvaliteter og som ikke er uforholdsmæssigt dyrt ift. at indkøbe nye lærkeplanker.

Den genbrugte lærk tænktes anvendt i et facadesystem, hvor planker af kortere længde nemmere kan bruges, hvis der er beskadigede dele eller ukurante stykker, hvilket vil øge genbrugsprocenten".

Udover dette primære materialefokus, er tanken, om muligt, at forsøge at genbruge vinduer og døre indvendigt, hvor der er mulighed for det ift. den nye bygnings krav. Desuden vil man se på muligheden for at bruge de afklippede dele af limtræsbjælkerne – enten til nye konstruktioner, møbler, legepladsinventar eller fx bålhytte. Dette vil blive undersøgt i projektforslaget. (side 34)

### 4.5.5. Realdaniapulje til klimamæssig bæredygtighed

Realdania afsatte i forbindelse med Covid 19-krisen en pulje til at understøtte den klimamæssige bæredygtighed i kommunale byggeprojekter og fremme den grønne omstilling i byggeriet. Den 16. november 2020 ansøges om en samlet bevilling på 1.821.250,00 kr.

Det anføres i ansøgningen, at bevillingen vil kunne bidrage til at afprøve en slags cirkulær byggeplads med fokus på lokalt genbrug af byggematerialer. Realdania godkendte bevillingen i januar 2021.

#### 4.5.6. Bæredygtighedsanalyse

Der blev gennemført en såkaldt bæredygtighedsanalyse af Lendager i projektforslagsfasen den 13. januar 2022. Analysen gennemgås kort nedenfor.

Der er anvendt ressourcekortlægning af de konkrete genbrugsmaterialers potentiale for anvendelse i den nye institution. "Bæredygtighedsanalysen afdækker og samler resultaterne for hvert materiale og oplister demontering, bearbejdning og anvendelse. Yderligere risikovurderes hvert materiale relateret til bygbarhed ud fra fem relevante vurderingsparametre". (side 3)

Der brugt fem projektspecifikke vurderingsparametre til at vurdere de genbrugte materialers potentiale. Det er:


- Ejerskab
- Identitet
- Udviklingsstadie
- Levetid
- Vedligehold



Figur 10: Vurderingsparametre



Hvert materiale er blevet bedømt ud fra disse fem vurderingskriterier. Her vises et eksempel på hvordan trådhegnet er blevet vurderet:

Ejerskab	Synlig historie	
Arkitektonisk	Klassisk	
Udviklingsstadie	Produkt	
Levetid	Begrænset	
Drift	Samme drift	

Figur 11: Eksempel på vurdering af trådhegn

#### CO<sub>2</sub>-besparelse og beregning

CO<sub>2</sub>-beregningen for det enkelte materiale er baseret på et gennemsnit af EPD'er for lignende genbrug af materialerne. I beregningsgrundlaget antages det "at produktionsfasen A1-A3 er lig den mængde CO<sub>2</sub> man kan spare ved direkte genbrug af materialerne, da de hermed ikke skal produceres igen.". (side 14)

Der er foretaget LCA-beregninger på zinkbeklædning, træbeklædning og limtræskonstruktioner. Der er benyttet Ökobau-datasæt i beregningen af lærk og zink og EPD i forhold til limtræ. (Se analysenotat).

Transport er medregnet "da byggevarer transporteret med lastbil er forbundet med en væsentlig mængde CO<sub>2</sub> samt luftforurening, både globalt og lokalt" (side 14). Der benyttes 500 km som en gennemsnitlig beregningsfaktor ved beregning uden kendte afstande mellem produktionssted og byggeplads. (side 14)

Den estimerede samlede affalds og CO<sub>2</sub>- besparelse illustreres i nedenstående tabel 7:

## BESPARELSE VED IMPLEMENTERING AF GENBRUGSMATERIALER

MATERIALE	MÆNGDE	KG TIL GENBRUG OG GENANVENDELSE	CO <sub>2</sub> BESPARELSE MATERIALE	CO <sub>2</sub> BESPARELSE TRANSPORT
Trådhegn og låger	40 lbm	240 kg	ikke beregnet	7,5 kg CO <sub>2</sub>
Væg i landskab	21 lbm	120 kg	ikke beregnet	4,0 kg CO <sub>2</sub>
Betonsten	300 stk	2550 kg	ikke beregnet	85,0 kg CO <sub>2</sub>
Zinkplader	230 m <sup>2</sup>	1380 kg	1647 til 1853 kg CO <sub>2</sub>	80,0 kg CO <sub>2</sub>
Trælister	125 m <sup>2</sup>	800 kg	-486 til 360 kg CO <sub>2</sub>	25,0 kg CO <sub>2</sub>
Glaspartier i trærammer	36 m <sup>2</sup>	237 kg	ikke beregnet	14,5 kg CO <sub>2</sub>
Yderdøre glatte	10,5 m <sup>2</sup>	225 kg	ikke beregnet	10,0 kg CO <sub>2</sub>
Indvendige døre i glas	6 m <sup>2</sup>	150 kg	ikke beregnet	5,0 kg CO <sub>2</sub>
Limtræ	1,5 m <sup>2</sup>	720 kg	152 kg CO <sub>2</sub>	22,0 kg CO <sub>2</sub>
RESULTAT		6422 kg	1313 - 2365 kg CO <sub>2</sub>	253 kg CO <sub>2</sub>

Tabel 7: Estimeret affalds og CO<sub>2</sub>- besparelse**4.5.7. Projektforslag**

Ambitionen i projektforslaget er at vise, hvordan bæredygtighed kan realiseres i børnehøjde. I projektet arbejdes der overordnet med bæredygtighed på tre niveauer: Genbrug, fornybare ressourcer og design til adskillelse.

**4.5.7.1. Genbrug**

Der arbejdes med genbrug på to måder: Direkte genbrug i en form for cirkulær byggeplads og anvendelse af genbrugsmaterialer.

Ved ombygning af institutionens frigøres en række materialer som f.eks.: Fliser, facadebeklædninger herunder zink og lærketræ og legepladsinventar. Disse elementer genbruges direkte som nye belægnings, facader på skure og ny indretning af legepladsen.

Derudover er der i projektet en ambition om at benytte genbrugsmaterialer fra nedrivninger andre steder. Der arbejdes for at finde metalfacadeplader, hvor pladerne har lang restlevetid.

**4.5.7.2. Fornybare ressourcer**

Tilbygningen udføres som udgangspunkt af fornybare materialer i stedet for f.eks. stål og beton. Den bærende og stabiliserende konstruktion udføres i massivtræelementer og limtræ, indvendige vægge bygges på træskelet og ydervægge og tag opbygges ligeledes som lette trækassetter med træfiberisolering. Det er ambitionen at bruge så mange fornybare materialer som muligt uden at det går udover kvalitet og funktion.

**4.5.7.3. Design til adskillelse**

Hvis de materialer, vi bygger med, skal kunne genanvendes i andre byggerier i en fremtid, hvor Rosa ikke længere er i drift, er det nødvendigt at materialerne kan skilles ad igen. Derfor er der fokus på at

materialerne og konstruktionerne så vidt muligt samles, så de senere kan tages fra i hinanden. Det betyder at facadeplader f.eks. skrue monteres, så de nemt kan nedtages. Det gør det samtidig nemmere at udskifte enkelte dele, som måtte blive beskadiget i byggeriets levetid.

#### 4.5.8. Relevante Kilder

Udbudsmaterialet til Totalrådgivning, Københavns Kommune  
 Byggeprogram, Tyréns og Lendager  
 Dispositionsforslag, Tyréns og Lendager  
 Projektforslag, Søren Jensen og Lendager  
 Bæredygtighedsanalyse, Lendager

## 4.6. Specialklasserække HAFNIA, Rosenvængets Hovedvej 35

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

Projektet er afsluttet og indeholdt en mindre ombygning.

Den samlede anlægsbevilling var 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). Der blev ikke givet ekstra finansiering til arbejdet med cirkulær økonomi i dette projekt.

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

Det centrale cirkulære element i dette projekt var direkte genbrug af eksisterende lokaler og ekstra opmærksomhed i planlægningsfasen på at minimere omfanget af ombygning. Det skete i tæt dialog med brugerne. Der er ikke regnet på CO<sub>2</sub>-besparelsen i projektet.



Billede 9: Skolen på Strandboulevarden, som også huser HAFNIA

Oktober (Budget 2020)	2019	Beslutning om planlægningsbevilling
Maj (Overførselssagen 2019-2020)	2020	Mandat til cirkulær økonomi
Oktober (Budget 2021)	2020	Beslutning om anlægsbevilling
4. oktober 2021		ABT-aflevering af projektet

Tabel 8: Vigtige datoer i projektet HAFNIA

## 4.7. Heerup Skole Kapacitetsudvidelse (HSK), Frederiksgaards Allé 13

Heerup Skole Kapacitetsudvidelse er en ny tilbygning, der skal kunne rumme 40 kategori 4 specialpladser på 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 m<sup>2</sup> og skal bygges i forbindelse med den eksisterende skole, og de bærende elementer skal opføres i CLT (Cross Laminated Timber, krydslamineret træ).

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.



Billede 10: Luftfoto af Heerup Skole

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

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

### 4.7.2. Udvalgelses- 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 (Cross Laminated Timber) vægtes særligt positivt".

Oktober 2019 (Budget 2020)	Beslutning om planlægningsbevilling
Maj 2020 (Overførselssagen 2019-2020)	Mandat til cirkulær økonomi
Marts 2021	Indgået kontrakt med totalrådgiver
Budget 2022	Beslutning om anlægsbevilling
Ultimo 2022	Forventet hovedentreprisudbud
April 2024	Forventet aflevering

Tabel 9: Vigtige datoer i projektet Heerup Skole Kapacitetsudvidelse

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 tilbudte nøglepersoner havde erfaringer med projekter med bærende konstruktioner i træ, herunder CLT.

#### **4.7.3. Opgavebeskrivelsen**

I opgavebeskrivelsen blev det beskrevet, at projektet er en læringsproces for Byggeri København, 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.

#### **4.7.4. Totalrådgiver**

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

#### **4.7.5. Byggeprogram**

Københavns Kommune vil gerne fremvise og have erfaringer fra et byggeprojekt, hvor der er anvendt CLT i byggeriet på baggrund af Borgerrepræsentationens beslutning om at fremme den cirkulære økonomi i byggeriet fra den 19. september 2019. Det er derfor besluttet inden totalrådgiverudbud, at den nye tilbygning skal opføres med bærende konstruktioner i CLT.

Målsætningen for tilbygningen til Heerup skole er under projektering og udførsel at identificere og erfare kvaliteten af anvendelsen af CLT som bærende bygningsdel samt at beregne den miljømæssige fordel ved anvendelse af træ i form af CLT.

#### **4.7.6. Projektforslag**

Under projekteringen anvendes LCAByg som beregningsværktøj for livscyklusvurderinger suppleret med LCCbyg til at beregne totaløkonomi.

Der beregnes på varianter inden for råhus, de bærende og ikke bærende bygningsdele. For eksempel er der lavet variantanalyser på forskellige beklædninger af indervægge, som kan overholde de gældende krav til brand og akustik. Projektet skal DGNB-guld certificeres, og beregningerne viser at projektet i præcertificeringen til DGNB, ligger på 9,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/år.

Projektet er projekteret med fugtsensorer, som skal hjælpe til at detektere fugt på kritiske områder på kritiske tidspunkter i byggeriets udførsel og drift. Sensorerne bliver i driftsfasen koblet til bygningens CTS-system, og leverer en alarm digitalt, hvis bygningen bliver udsat for fugt i det målte område.

Design til adskillelse er en del af projektet, og de bærende elementer er samlet med let tilgængelige bolte og dorne, som gør det muligt at skille det ad igen.

#### **4.7.7. Udførelse**

Der er i udbudsmaterialet til hovedentreprenøren skrevet, at entreprenøren skal være med til at evaluere hvilke fordele og ulemper, der har været ved at bygge med CLT. Byggeri København har udarbejdet et ark, hvor blandt andet fugt, brand, akustik, byggetid mv., er en del af evalueringen i den udførende fase.

Sensorerne bliver koblet på CLT-elementerne fra fabrikken, som gør det muligt at måle fugtigheden i træet under levering og under udførsel.

#### 4.7.8. Relevante kilder

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

Udbudsmaterialet, Byggeri København.

Byggeprogram, Byggeri København, 30. august 2021, Tegnestuen Christensen og Co arkitekter.

Dispositionsforslag, Byggeri København, 30. august 2021, Tegnestuen Christensen og Co arkitekter.

## 4.8. Botilbuddet Jakob 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). Botilbuddet 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 var ved ansøgning om anlægsbevilling i budget 2021 vurderet til 16 millioner kroner. Heri skulle indregnes, at projektet var 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 var afsat ca. 800.000 kr. til cirkulær økonomi.



Billede 11: Hovedbygning på Jakob Michaelsens Minde

#### 4.8.1. Planlægningsfasen (Idéoplæg og program)

Rytter Arkitekter udførte bygningssyn og gennemførte projektering af de nødvendige arbejder.

Den indledende tanke i projektet var at have et særligt fokus på cirkulær økonomi og arbejde med bedst mulig materialehåndtering i forhold til affaldshierarkiet. Det vil sige, at der var fokus på en følsom renovering, hvor der skulle 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 og i udbuddet af hovedentreprisen.

#### 4.8.2. Udbud i hovedentreprise

Det blev indskrevet som en del af udbuddet til hovedentreprise at der skulle arbejdes med to

udviklingsprojekter i forhold til forskellige metoder til optimeret planlægning og styring af materialeresourcestrømme i forbindelse med renovering og nedrivning. Arbejdet kom i stand i en dialog mellem rådgiverfirmaet Golder Associates, Byggeri København og Teknik- og Miljøforvaltningen i kraft af denne forvaltnings ledelse af det europæiske Horizon 2020-projekt om cirkulær økonomi, Circuit.

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

Delprojekt 1 handlede om afprøvning af og et bidrag til udvikling af EU's principper for pre-demolition audit (miljø- og ressourcekortlægning), som eventuelt på sigt vil blive til national dansk lovgivning. Afprøvningen skulle indgå som en case i projektet Circuit. Der var allerede som led i Circuit udviklet et foreløbigt koncept for gennemførelse af pre-demolition audits. Konceptet skulle afprøves, og erfaringerne samles op og afrapporteres med henblik på at videreudvikle og optimere konceptet. I forhold til renoveringen af Jacob Michaelsens Minde, var det forhåbningen, at processen ville bidrage til at fremme en bedre udnyttelse af de materialer og ressourcer, som fremkom i forbindelse med projektet.

Delprojekt 2 skulle gennemføres i samarbejde med Miljøstyrelsen og havde til formål at afprøve nye principper for selektiv nedrivning i praksis. Miljøstyrelsen arbejder med at forberede nye nationale regler for selektiv nedrivning, som forventes at træde i kraft i 2023.

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

- Et system (svarende til et kvalitetssikringssystem) hvor alle faser fra forundersøgelser til anmeldelser samles ét sted.

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
14. januar 2022	AB18-aflevering af projektet

Tabel 10: Vigtige datoer i projektet Jakob Michaelsens Minde

- 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 den pre-demolition audit der nævnes 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 skulle tilpasses Jacob Michaelsens Minde, hvor der ikke blev nedrevet en hel bygning.

#### **4.8.3. Hovedentreprise**

Som hovedentreprenør blev valgt Helmer Christiansen. Hovedentreprisen er gennemført og blev afsluttet i januar 2022.

#### **4.8.4. Resultater**

I projektet fik Københavns Kommune testet de to tilgange til håndtering af affald. Resultaterne fra projektet indgår i de processer, som samlet set skal føre til bedre håndtering af affald på sigt.

Det væsentligste resultat fra projektet er, ud over det ekstra fokus affald har fået i selve projektet, en større klarhed om, hvilken vej Københavns Kommune og Danmark nationalt kan gå i håndtering af affald og herunder ressourcekortlægning i anlægsprojekter.

Projektets resultater har været med til at give input til Miljøstyrelsen om regulering af selektiv nedrivning. Det forventes at blive lovgivning fra 2023. Projektet har også bidraget til test af europæiske principper for selektiv nedrivning, som kan indgå i den europæiske udvikling på området. Nedenfor gennemgås resultaterne fra de to delprojekter

##### **4.8.4.1. Resultat delprojekt 1: Test af European Predemolition Audit**

Golder foreslog en række ændringer til den udgave af konceptet til predemolition audit, som de skulle teste, herunder at der skulle laves en vejledning til, hvordan konceptet skulle bruges, f.eks. information om hvordan den forskellige indsamlede data skulle anvendes, hvilket ifølge Golder ville føre til mere motiveret og dermed bedre dataindsamling. Herudover blev det påpeget at konceptet ville skulle tilpasses nationale juridiske forhold. Og endelig blev det konkluderet at teamet bag ressourcekortlægningen gerne må bestå af et team med forskellige kompetencer for at opnå den bedste værdi. Denne vurdering er afleveret til Københavns Kommunes Teknik- og Miljøforvaltningen, som tager det med i det videre arbejde i projektet Circuit.

##### **4.8.4.2. Resultat delprojekt 2: Test af miljø- og ressourcekoordinator og nedrivningsplan**

I projektet har Københavns Kommune afprøvet følgende to forslag fra Miljøstyrelsen til selektiv nedrivning

- Tilknytning af en miljø- og ressourcekoordinator til projektet og
- Udarbejdelse af en nedrivningsplan.

I projektet har man kunne konstatere at miljø- og ressourcekoordinatoren er med til at fremme bæredygtighed og cirkulær økonomi i byggeriet og det gælder blandt andet følgende

- At der bliver skabt synlighed omkring affald og ressourcer, hvilket igen skaber fokus og interesse. Aktørerne i projektet fik større og større interesse for affaldshåndteringen.



- At affald og ressourcer fra byggesagen bliver håndteret som en helhed.
- At der indføres særlige kompetencer omkring håndtering af miljø og ressourcer til projektet.

Synligheden gør det sandsynligt

- At flere fraktioner udsorteres til genbrug eller genanvendelse f.eks. træ konkret i dette projekt.
- At også direkte genbrug bliver registreret.

Nedrivningsplanen, som er det andet forslag fra Miljøstyrelsen, er miljø- og ressourcekoordinatorens vigtigste værktøj til at arbejde struktureret med miljø og ressourcer. Nedrivningsplanen er opbygget, så de oplysninger, der erfaringsmæssigt er vigtige i forbindelse med et nedrivningsprojekt, alle er samlet ét sted.

Der er ofte mange entreprenører på en sag f.eks. nedriver, tømrer, elektriker og VVS'er. Affaldet fra byggesagen bliver ofte ikke opfattet som en helhed, men håndteret af hver enkel entreprenør. Miljø- og ressourcekoordinatoren hjælper til, at affald og ressourcer fra byggesagen bliver håndteret som en helhed, herunder bl.a:

- At containere og fraktioner bliver planlagt.
- At det bliver lavet målrettet prøvetagning af materialerne.
- At det bliver lavet en samlet affaldsanmeldelse.

Opfølgning og kontrol udført af en kompetent medarbejder leder til færre fejl. F.eks. bliver de rigtige prøver planlagt og udtaget fra begyndelsen, og affaldsanmeldelsen bliver udfyldt korrekt.

#### **4.8.5. Pris**

Københavns Kommune har betalt 463.500 kr. for to ydelser: 1. Arbejde med de to delprojekter som er beskrevet ovenfor. Det har kostet 418.500 kr. 2. Sammenligning af forskellige tilgange til arbejde med affaldshåndtering herunder især ressourcekortlægning. Det har kostet 45.000 kr. Se nærmere om sammenligningen nedenfor. Til sammen har der været udgifter i projektet svarende til 3% af den samlede anlægssum. Der var oprindeligt afsat 5%.

#### **4.8.6. Mulige næste skridt**

Københavns Kommune bad på baggrund af de gennemførte test Ingeniørfirmaet TRE (de to personer som primært arbejdede med projektet hos Golder Associates havde i mellemtiden etableret deres egne virksomhed) om at vurdere, hvilken tilgang, de mente, ville være den relevante at anvende for kommunens bygherrefunktion, Byggeri København. TRE gav følgende vurdering:

“På baggrund af Byggeri Københavns ambitioner og med tanke på at Miljøstyrelsen forventes at indføre krav om implementering af selektiv nedrivning i løbet af 2023, er det TREs anbefaling, at processen omkring systemet selektiv nedrivning bliver implementeret i Københavns Kommune.

“TRE anbefaler, at der til formålet, udarbejdes en 'Københavnmodel', der vil være målrettet de projekter og mål, som er aktuelle for Københavns Kommune. Modellen bør overordnet tage udgangspunkt i EU's principper for Pre Demolition Audit og skal understøttes af en række hjælpeskemaer til ressourcekortlægning.

Det anbefales, at udviklingen af hjælpekemaerne til ressourcekortlægning mere konkret tager udgangspunkt i Miljøprojekt 2006, Ressourcekortlægning af bygninger, april 2018, Miljøstyrelsen, men tilpasses med relevante emnefeltter fra de øvrige systemer og skemaer, herunder bl.a. mere specifikke informationer om nedtagning og opbevaring.”

Miljøstyrelsen skriver i en rapport, Miljøprojekt nr. 2188, februar 2022, der samler op på styrelsens arbejde med at udvikle tilgang til selektiv nedrivning, hvori testen i Jakob Michaelsens Minde også er indgået som element nedenstående, som understøtter TREs vurdering. Her nævnes en virksomhedsordning, som ikke var en del af testen i Jakob Michaelsens Minde. Miljøstyrelsen skriver:

“Det konkluderes, at de tre beskrevne forslag om nedrivningsplaner, miljø- og ressourcekoordinator og virksomhedsordning vil implementere selektiv nedrivning i et samlet system med nedrivningsplanen som omdrejningspunkt. Det anbefales, at der fastsættes krav om de tre forslag. Forslagene er udarbejdet, så der er grundlag for videre diskussion af delelementer i forslagene i samarbejde med branchen frem mod den praktiske implementering af forslagene.

“Det vurderes, at de beskrevne forslag, i højere grad end det er tilfældet i dag, vil sikre, at eksisterende regler omkring korrekt håndtering af byggeaffald overholdes i nedrivningsprocessen.

“Ligeledes vurderes det, at de beskrevne forslag vil føre til, at mere byggeaffald kan anvendes højere oppe i affaldshierarkiet, end det er tilfældet i dag. Her vurderes det, at særligt ressourcekortlægning af bygningen inden nedrivning vil have en effekt. Ressourcekortlægningen bør derfor gøres obligatorisk som en del af nedrivningsplanerne.” (Miljøprojekt nr. 2188, februar 2022, side 8).

#### **4.8.7. 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

Byggeri København, Jakob Michaelsens Minde, Cirkulære projekter, powerpoint, TRE Ingeniører, juni 2022

Anbefalinger til at fremme bæredygtighed og cirkulær økonomi i byggeriet, TRE Ingeniører, 14. januar 2022

Notat med sammenligning af ressourcekortlægningskemaer, TRE Ingeniører, 15. februar 2022

Ressourcekortlægning af bygninger, Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 2006, april 2018 [LINK](#)

Selektiv nedrivning i byggebranchen, Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 2188, februar 2022 [LINK](#)

## 5. Kilder

I dette afsnit er de anvendte kilder præsenteret i rækkefølgen: navnet på forfatter(e), årstal for udgivelse, navnet udgivelsen og eventuelt anden udgivelsesinformation.

Aalborg Portland, Future-Cem. Eksempel: 'Grøn cement'. [Her.](#)

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.

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

Bæredygtigt Beton Initiativ: [Her.](#)

Cirkulær Økonomi, Frankrigsgade Svømmehal, Rytter Ark Group A/S og Byggeri København, 5. oktober 2022. [Her](#)

Dansk Celleglas. Byggematerialer fremstillet af glasaffald. [Her.](#)

Dansk Standard pr. 1-1/21. DK/EN 206 betonstandard

Det Nationale Forskningscenter, video om arbejdsmiljø og arbejdsmaskiner. [Her.](#)

DK Beton, DK Cirkulær beton. [Her.](#)

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

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

Fischer Lighting. Bæredygtig belysning. [Her.](#)

Gates, Bill (2021): How to Avoid a Climate Disaster, Penguin Random House, UK

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

GXN, 2020. Heerup Skole, Cirkulære byggetekniske tiltag.

GXN og MT Højgaard, 2018. Building a Circular Future 3. Version – 2018. [Her.](#)

Knauf Danmark. Producent og leverandør af gipsplader mm. [Her.](#)

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

Københavns Kommune, 2016. Miljø i Byggeri og Anlæg. [Her.](#)

Københavns Kommune, Teknik og Miljø Forvaltningen mfl. 2020. Genanvendelse af beton - Sydhavn Genbrugscenter. [Her.](#)

Københavns Universitet, Department of Geoscience and Natural Resource Management. [Her.](#)

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

Nordea Invest Magasinet, 2021. Gips kan bruges igen og igen. [Her.](#)

Næste.dk. Cirkulær design – og byggevirksomhed. [Her.](#)

OECD, Cement and Steel: Issue Paper. [Her.](#)

Retsinformation.dk. 2020. Bekendtgørelse om affald. [Her.](#)

RGS Nordic, cirkulær konstruktionsbeton. [Her.](#)

Saint Gobain. Leverandør af byggematerialer og – systemer. [Her.](#)

Stark.dk. Gentræ – Løsning til genbrug af træ fra midlertidige konstruktioner. [Her.](#)

Sydhavn Genbrugscenter, rapport. [Her.](#)

Tarpaper Recycling ApS. Genanvendelse af tagpap. [Her.](#)

Teknologisk Institut. [Her.](#)

Træinformation.dk. Træbranchens Viden – og Formidlingscenter. [Her.](#)

Unicon, betonguide. [Her.](#)