

# RESSOURCEPLAN

CIRKULÆR KORTLÆGNING VED  
NEDRIVNING AF BYGGERI





# RESSOURCEPLAN

## CIRKULÆR KORTLÆGNING VED NEDRIVNING AF BYGGERI

Et InnoBYG-projekt

## PUBLIKATIONEN ER UDARBEJDET I SAMARBEJDE MELLEM:

**InnoBYG** – Innovationsnetværket for bæredygtigt byggeri

/ [www.innobyg.dk](http://www.innobyg.dk)

**Enemærke & Petersen a/s**

/ [www.eogp.dk](http://www.eogp.dk)

**CINARK** – Center for Industriel Arkitektur

/ [www.kadk.dk](http://www.kadk.dk)

**Tscherning A/S**

/ [www.tscherning.dk](http://www.tscherning.dk)

**Teknologisk Institut**

/ [www.teknologisk.dk](http://www.teknologisk.dk)

### REDAKTION

Anders Sørensen, Anne Strandgaard fra Enemærke & Petersen a/s

Katrine Hauge Smith, Rikke Juel Lyng, Sarah Cecilie Andersen

fra Teknologisk Institut

Anne Beim, Simon Sköld fra Cinark

### HOVEDFORFATTERE

Anders Sørensen, Katrine Hauge Smith, Rikke Juel Lyng,

Anne Beim, Simon Sköld

### GRAFISK TILRETTELÆGGELSE

Mads Porse / [www.madsporse.dk](http://www.madsporse.dk)

### PRODUKTION

Tryk: Vester Kopi

### PUBLIKATIONEN ER UDGIVET AF:

Enemærke & Petersen a/s

Første udgave august 2019

ISBN 978-87-971559-0-5



**CINARK**



Det Kongelige Danske Kunstakademiske Skoler  
for Arkitektur, Design og Konservering



## **INTRODUKTION**

Forord	8
Om Den Cirkulære Ressourceplan	10
Læsevejledning	13
Opbygning af Den Cirkulære Ressourceplan	15
Cases	22
Resultater	24
Perspektivering	28
Referencer	30





# INTRODUKTION

# FORORD

Denne publikation er et resultat af det 1-årige projekt Den Cirkulære Ressourceplan støttet af InnoBYG. Projektet er initieret af Enemærke & Petersen i samarbejde med de to vidensinstitutioner CINARK – Center for Industriel Arkitektur på Kunstakademiets Arkitektskole og Teknologisk Institut (TI) og Tscherning A/S.

Formålet med projektet er, at udvikle et koncept for en cirkulær ressourceplan i byggeriet i forbindelse med reovering og nedrivning, som kan sikre højere grad af genanvendelse af byggematerialer og –komponenter ved bl.a. genprojektering. Den cirkulære ressourceplan skal benyttes til at:

1. Kortlægge materialer og byggekomponenter i bygningen (type, kvalitet, mængder).
2. Identificere indhold af problematiske stoffer og deres placering i bygningen.
3. Pege på hvilke dele af bygningen, der har kommerciel- og miljømæssig genbrugsværdi og som kan indgå i genprojektering.
4. Beskrive hvordan nedrivningen skal ske, så der opnås højest mulig genanvendelsesgrad og dermed bevaring af indlejret værdi.

Målgruppen for projektet er både bygherrer og deres rådgivere, samt entreprenører og nedrivningsfirmaer. Målet er, at bygherre og deres rådgivere med den cirkulære ressourceplan får et praktisk værktøj, som hurtigt kan give dem et overblik over potentialer, CO2-besparelse og økonomi ved genbrug og genanvendelse af byggeaffald og – materialer i forbindelse med reovering. Den cirkulære ressourceplan placerer sig på tværs af miljø og ressourcekortlægning, selve nedrivningen og en kvalitativ vurdering af byggematerialer /-komponenters genanvendelse og deres indlejlrede værdi. Den er tiltænkt som et operationelt værktøj, der gør det muligt for entreprenøren og nedriver at vurdere forretningspotentialer for byggematerialer /-komponenter med genbrugsværdi på en byggesag. Dertil vil være hvordan det påvirker nedrivningen – så en nænsom og selektiv

nedrivning kan prissættes og planlægges med størst mulig genanvendelsesgrad til fremtidig indbygning.

Projektgruppen har valgt at bygge videre på den ressourcekortlægningstilgang, som Teknologisk Institut har været med til at udvikle for Miljøstyrelsen<sup>(1)</sup>. I det arbejde at tilføje en række nye fokusområder, som kan bidrage til at skabe overblik over værdi og forretningsmuligheder for genanvendelse og genbrug af byggeaffald.

## Fokusområder i projektet er:

- ❶ Prissætning af nænsom og selektiv nedrivning på materiale- og bygningsdelsniveau: Vores ambition er, at sætte tal på hvad det koster i mandetimer og specialudstyr, at "høste" materialer fremfor at nedrive på konventionel vis. -> så det kan vurderes, om det kan betale sig.
- ❷ Værdisætning af CO2-besparelse ved at genbruge materialer/bygningsdele: Vores ambition er, at sætte tal på hvad der kan spares af CO2 ved at genbruge byggematerialer fremfor at bruge nye materialer.
- ❸ Sammenhæng ml. bygningens bevaringsværdi<sup>(2)</sup> og værdien af de "høstede" materialer og/eller bygningsdele: Vores ambition er, at undersøge om der kan skabes sammenhæng ml. en bygnings SA-VE-kategori og værdi af de materialer og/eller bygningsdele, der kan genbruges derfra.

Marts 2019

Anders Sørensen, Enemærke & Petersen





# OM DEN CIRKULÆRE RESSOURCEPLAN

I juni 2017 afleverede Regeringens *Advisory Board for Cirkulær Økonomi* sine anbefalinger<sup>(3)</sup>. En række af punkterne i anbefaling #26 om at: "Udbrede selektiv nedrivning af byggeri" handlede om at stille krav om udarbejdelse af en nedrivningsplan forud for selektiv nedrivning, samt udvikling af standarder for nedrivningsplaner. Anbefalingen er efterfølgende blevet et fast punkt i *Regeringens Strategi for Cirkulær Økonomi*, som blev lanceret i september 2018<sup>(4)</sup>. Anbefalingen blev betegnet som Initiativ 14 - der bærer titlen; "Udbrede selektiv nedrivning."

## En nedrivningsplan med fokus på forretning

Dette projekt placerer sig i den kontekst, som et bud på hvordan en nedrivningsplan, kan bruges til at identificere markeds- og forretningsmuligheder for de materialer, der rives ned. Vi kalder det en: *Cirkulær ressourceplan*.

Baggrunden for projektet er, at bygge- og anlægssektoren tegner sig for ca. en tredjedel af den samlede affaldsmængde i Danmark. *Den cirkulære ressourceplan* kan medvirke til at sikre, at man hurtigt kan identificere markedsmuligheder for materialer inden nedrivning af bygningen går i gang og materialerne bliver ødelagte eller blandede. Set i lyset af de voksende krav til CO2-reduktion og at der indenfor visse materialegrupper i fremtiden vil opstå knaphed – er udfordringen i byggeriet at fastholde den indlejrede værdi der er til stede i det allerede byggede i videst muligt omfang - og dernæst at sikre det højeste niveau af genbrug og genanvendelse.

Vi har bevidst valgt, at arbejde videre med den struktur og ramme for ressourcekortlægninger af bygninger og byggeri, som Teknologisk Institut har udviklet for Miljøstyrelsen, og som udkom i april 2018<sup>(1)</sup>. Deres arbejde er en guide, til hvordan en ressourcekortlægning kan udføres med beskrivelse af de fire faser, det kræver. *Den cirkulære ressourceplan* tager udgangspunkt i denne guide og tilføjer en række nye aspekter, der fokuserer på forretnings- og markedsmuligheder, som er afgørende i forhold til at sætte tal på, hvad det koster bygherre at genanvende byggeaffald og hvad de miljømæssige og økonomiske fordele er ved at gøre det. Guiden danner dermed grundlag og udgangspunkt for en dialog mellem entreprenør og bygherre at genbruge og genanvende byggeaffald med fokus på projektets gevinster og omkostninger. Guiden giver, med andre ord, nogle konkrete tal at forholde sig til og dermed et bedre grundlag for at tage en beslutning.

Parallelt med guiden til "Ressourcekortlægning af bygninger" som primært lægger vægt på tekniske- og miljømæssige faktorer og her tilknyttede økonomiske omkostninger har vi også ønsket, at se nærmere på metoder til vurdering af andre former for indlejret værdier. Her ser vi på arkitektoniske og kulturhistoriske, da vi vurderer at de også kan have stor betydning for en given nedrivnings- eller renoveringsstrategi. Arkitektonisk og kulturhistorisk værdi kan ikke kun isoleres til materialeniveauet, men er snarere at finde på bygningsdelsniveau, hvor der fx kan være tale om: En unik sammensætning af materialer eller

en detaljerigdom, der henviser til en bestemt tidsperiode eller arkitektonisk stilretning. Vi finder det vigtigt også at se på bygningsdels-niveau, da de fleste af de bygninger der står for at blive revet ned, eller som udsættes for gennemgribende renovering ofte er af ældre dato. Derfor er der her mulighed for at 'redde' og genbruge materialer og byggetekniske løsninger med arkitektoniske detaljer, som har kulturhistorisk betydning. Ligesom, der også kan vindes større CO2 besparelser ved at genbruge bygningsdele, der kun sparsomt skal omarbejdes eller kan bruges, som de er. Som led i at undersøge måder til at vurdere denne del, har vi afprøvet SAVE-metoden. SAVE er en kvalitativt baseret metode til at vurdere bymiljøer og bygningers bevaringsværdi, som er udviklet af Kulturstyrelsen og som har været anvendt i mere end 30 år. SAVE-metoden danner desuden grundlaget for FBB, der er Kulturarvsstyrelsens database over; *Fredede og Bevaringsværdige Bygninger*. Alle bygninger, som er SAVE-registreret i forbindelse med de tidligere kommuneatlaser findes i FBB og i dag er mere end 360.000 bygninger som allerede er registreret. FBB-databasen og SAVE-metoden er veldokumenterede redskaber og kan indarbejdes som robuste redskaber i en fortsat udvikling af den *Cirkulære Ressourceplan*.

SAVE-metodens brugbarhed blev konkret testet i februar 2018 i et to ugers workshopforløb, med kandidatstuderende fra Kunstakademiets Arkitektskole, ved kandidatprogrammet; *Bosætning, Økologi og Tektonik*. Her analyserede 16 studerende de tre bebyggelser; Skallerupparken, Lundevænget og Søndermarken, der indgår som cases i dette projekt. SAVE er udviklet med tanke på vurdering af bymiljøer og bygninger som helhed og set udefra, men her blev metoden brugt til; at vurdere materialer og bygningsdele i tillæg til selve bygningerne. Resultaterne viste, at SAVE-metoden gav god mening at bruge til at foretage de indledende vurderinger af materialer og bygningsdeles genbrugspotentiale.

SAVE-metoden blev brugt i sammenhæng med andre supplerende metoder til at vurdere bygningsdeles genbrugspotentiale. Samlet lød opgaven lød på:

- a. Afkode bygningens tilblivelsesproces,
- b. Kortlægge materialer og byggekomponenter i bygningen (type, kvalitet, mængder),
- c. Identificere indhold af problematiske stoffer og deres placering i bygningen, og endelig
- d. Udpegning af de bygningsdele, der kunne have kulturel, kommerciel- og miljømæssig værdi ved genbrug. Analyserne skulle samles i et "genbrugs-byggevarekatalog" for materialer og bygningskomponenter, som potentielt kunne bruges i genprojektering i byggeriet med fokus på de arkitektoniske potentialer.

## **SAMMENFATNING**

I det følgende sammenfatter vi nogle af konklusionerne fra vurderingerne af vores cases. Vi kigger på prisforskel ml. nedrivning og høst af materialer på hhv. nedrivning og renovering. Ligeledes er anvendelsen af SAVE-metoden til vurdering af arkitektoniske, kulturelle og historiske værdier der er indlejret i byggematerialer og bygningsdele.

### **Prisforskel ml. nedrivning og høst af materialer på nedrivning.**

Ved nænsom nedrivning på en total-nedrivningssag kan de store maskiner, som normalt bruges til nedrivninger, ikke anvendes på samme måde som en traditionel nedrivning. Der er derfor brug for mange mandetimer til at nedtage materialer nænsomt, sætte på paller osv. Prisen for nænsom nedrivning bliver derfor fordoblet og stiger fra 1 mio. kr. til 2 mio. kr.

### **Prisforskel ml. nedrivning og høst af materialer på renovering.**

Ved nænsom nedrivning på en renoveringssag er de ekstra udgifter mere begrænsede ift. den traditionelle nedrivning. Den traditionelle nedrivning på en renoveringssag er i forvejen nødt til at være mere nænsom end en totalnedrivning og der er i forvejen brug for flere mandetimer samt stillads, kran mm. Derfor er prisforskellen mellem den nænsomme nedrivning og den traditionelle nedrivning ikke så stor som ved en totalnedrivning. Prisen for nænsom nedrivning bliver i renoveringscasen knap en halv gang større og prisen stiger fra 140.000 kr. til 205.000 kr.

### **SAVE-vurdering af arkitektoniske og kulturhistoriske værdier indlejret i byggematerialer og bygningsdele**

At udvikle et system til vurdering af arkitektonisk kvalitet eller kulturhistoriske værdier er ikke en let opgave, derfor har vi valgt at anvende SAVE-metoden i projektet.

SAVE-metoden er et velkendt vurderingsværktøj til at omsætte kvalitative værdier til en numerisk skala. Fordele ved metoden er, at den er baseret på kvalitative registreringer af forskellige delementer og at den viser en samlet vurdering af de forskellige materialer og bygningsdele, som indgår i et konkret byggeri. Men samtidig skal det påpeges, at det kan være vanskeligt at bruge SAVE-metoden præcist i forhold til enkelte materialers eller bygningsdeles økonomiske værdisætning.

For at omregne kvalitative værdier til kroner og øre, kræver det et retvisende og simpelt system, hvor mangfoldige aspekter/værdier kan reduceres til tal. De kan efterfølgende indgå i den cirkulære ressourceplan. Udvikling af et sådant vurderingsværktøj vil kræve et målrettet arbejde, der tager udgangspunkt i en række konkrete projekter. Her skal bygninger i forskellige SAVE-kategorier ressourcekortlægges og værdien af materialer og bygningsdele skal vurderes og sammenholdes med data for CO2-besparelse og ekstraomkostningerne ved nænsom nedrivning.

# LÆSEVEJLEDNING

Dette projekt beskriver en række nye elementer, som skal tages med i arbejdet om at udføre en ressourcekortlægning af et byggeri, som står overfor en hel- eller delvis nedrivning. Projektet bygger videre på den ramme og krav til ressourcekortlægning, som Miljøstyrelsen udgav i april 2018<sup>(1)</sup>.

Rapporten fokuserer derfor på de tre nye elementer, som har til formål at skabe et bedre grundlag for at vurdere de værdier, der egner sig eller er vigtige at bevare ved en eventuel nænsom nedrivning og materialehøst i forhold til både økonomi og miljø. Der henvises derfor til at læseren, kender publikationen; *Ressourcekortlægning af bygninger* fra Miljøstyrelsen<sup>(1)</sup>. Derudover skal læseren have en grundlæggende viden om bygningsundersøgelser, byggeaffald og eventuelle indlejrede værdier i form af fx sjældne materialer, historisk betydning eller særligt arkitektonisk design.

Målgruppen er aktører i byggebranchen, som har brug for et bedre beslutningsgrundlag til at vurdere om en eventuel ressourcekortlægning og nænsom nedrivning kan betale sig, hvad enten man er bygherre eller dennes rådgiver eller om man er nedriver, entreprenør eller arkitekt, som ønsker at overbevise en given bygherre.

Læseren bliver derfor præsenteret for et par nye informationer, der skal udarbejdes som del af en ressourcekortlægning. Derudover har projektet forsøgt at udarbejde en række økonomiske nøgletal ud fra en række

forskellige cases, der skal vise, hvad det koster at høste et givent materiale. Ressourceplanen tænkes derfor også anvendt, som et hurtigt beslutningsværktøj til at vurdere om der er "noget at komme efter" på en given byggesag – hvor arbejdet med ressourcekortlægning og vurdering af genbrug- og genanvendelsespotentialer ofte bliver tilsidesat p.g.a. stramme tidsplaner.

## Det du får er:

- **Et udvidet ressourcekortlægnings-værktøj**, som har mere fokus på værdi – økonomi, miljø og arkitektur ved at nedrive nænsomt og genbruge materialer (helst på byggekomponentniveau), og dermed en ramme for at tage en mere oplyst beslutning om at genbruge og genanvende byggeaffald og bygningsdele.
- **En række generiske nøgletal**, der prissætter nænsom nedrivning af forskellige materialer og bygningsdele i forskellige byggesager, værdisætning af CO2-besparelse ved genbrug af materialer, og sammenhæng mellem bevaringsværdighed og materiale/affaldsværdi.





# OPBYGNING AF DEN CIRKULÆRE RESSOURCEPLAN

Kortlægning af skadelige stoffer i en bygning før den rives ned har været praksis i byggeriet i mange år. Af-faldsbekendtgørelsen fastsætter regler om udsortering af farligt affald, termoruder og PCB-holdigt affald, samt regler om screening og kortlægning af bygninger for PCB. Området er komplekst - og i 2016 udgav InnoBYG et materialeatlas<sup>(5)</sup>, som Teknologisk Institut stod bag. Formålet med Materialeatlasset er, at give personer der arbejder i byggeriet, men som ikke er eksperter inden for miljøkortlægning, et enkelt opslagsværk, som giver en indikation af risikoen for forekomst af skadelige stoffer i en given bygningsdel.

I de senere år har der været et stort fokus på cirkulær økonomi og på at genanvende og genbruge materialer fra byggeriet, når disse brydes ned i forbindelse med nedrivning og reovering. Det har ført til et behov for at kortlægge bygningers materialeressourcer med hensyn til deres potentiale for genbrug og genanvendelse – en ressourcekortlægning, som medførte at Teknologisk Institut på vegne af Miljøstyrelsen udviklede guidelines<sup>(1)</sup> for en ressourcekortlægning i 2018, som vi nævnte tidligere tager udgangspunkt i. De forskellige aspekter af ressourcekortlægningen blev beskrevet i projektet, og der blev udarbejdet en skabelon til et afrapporterings-skema baseret på en systematisk tilgang med fokus på at opgøre mængder og finde potentialet i ressourcerne.

I dette projekt arbejder vi videre med strukturen fra de tidligere udviklede guidelines fra 2018<sup>(1)</sup> og har fokus

på businesscasen i ressourcekortlægningen – her beskrevet i forhold til 3 aspekter:

- Økonomi
- Bevaringsværdighed
- CO2 besparelse

## Økonomi

Hvis bygningsdele skal genbruges, skal de nedtages på en mere nænsom måde end ved traditionel nedrivning, hvilket ofte vil betyde øgede omkostninger. Vi har forsøgt at sætte tal på hvad det kræver af arbejdstid / timer og udstyr eller ekstra udstyr at nedtage materialer med henblik på genbrug. De beregninger er samlet i kolonnen Nedrivning, som sammenholder økonomi ift. mandetimer og udstyr på en normal nedrivning og holder det op imod hvad nedtagning til genbrug koster af økonomi ift. mandetimer og udstyr og den forventede mængde nedtaget materiale.

## Bevaringsværdighed

I Vurderings-kolonnen under bevaringsværdighed er der mulighed for at vurdere evt. indlejrede værdier i materialer og/eller bygningsdele på baggrund af samme struktur der anvendes i forbindelse med vurderingsmetoder der ligger til grund for SAVE. Ved brug af SAVE-metoden er det muligt at vurdere forskellige materialefraktioner og bygningsdele indenfor følgende fem parametre og på den baggrund give dem en samlet score, som her er kaldet 'bevaringsværdighed'. Samtidig kan parametrene tilkendegive, hvorvidt der er et eller

flere af dem der vurderes at have en enten positiv eller negativ effekt på materialeværdien.

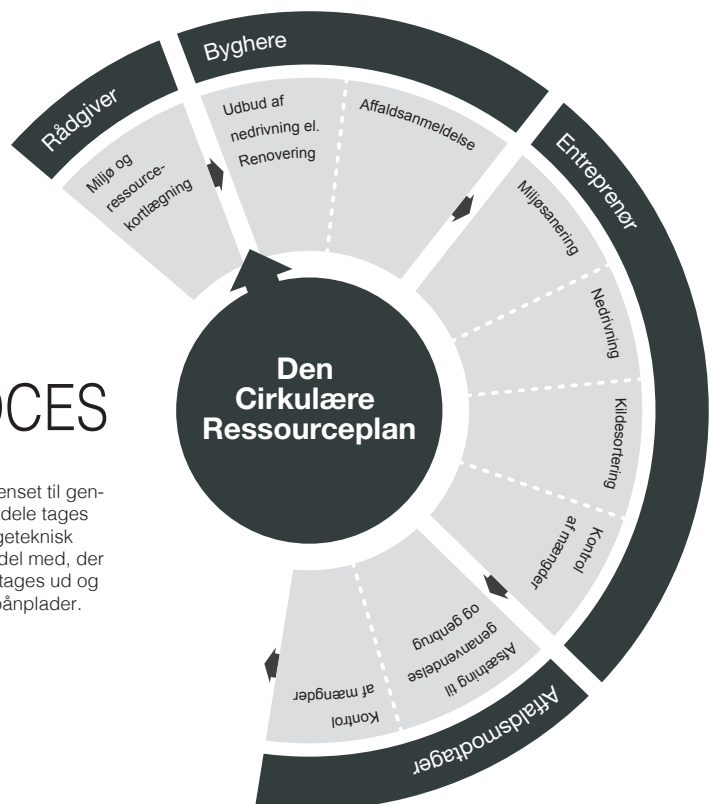
- Arkitektonisk værdi
- Kulturhistorisk værdi
- Miljømæssig værdi
- Originalitets værdi
- Tilstandsværdi
- Bevaringsværdi – samlet score

**CO2 besparelse:** Ved at genbruge materialer og bygningsdele sparer man produktionen af nye materialer og byggekomponenter. Her har vi valgt, at undersøge og anvende miljøpåvirkning angivet som global opvarmning (på engelsk Global Warming Potential, GWP).

GWP måles i enheden *kg CO<sub>2</sub>-ækvivalente*. Det bør dog understreges, at i en livscyklusanalyse findes der mange andre miljømæssige påvirkningskategorier, som også bør overvejes i en holistisk analyse. I branchen bliver der dog diskuteret og anvendt CO<sub>2</sub> besparelser, når der undersøges for genbrug, og da dette er en enkel måde at måle miljøpåvirkning, er der valgt at fokusere på denne parameter i dette projekt. Den cirkulære ressourceplan er i lighed med en ressourcekortlægning et element, der skal tages ind i nedrivningsprocessen, før nedrivningen er begyndt, for at give bygherre mulighed for at planlægge og aftale afsætning af materialer og/eller bygningsdele til genbrug eller genanvendelse på forhånd, således at det kan anvendes i et udbud. Dette er illustreret i nedenstående figur:

## NEDRIVNINGSPROCES

Den *Cirkulære Ressourceplan* er i denne kontekst afgrænset til genbrug, dvs. det tilfælde hvor materialer og/eller bygningsdele tages ud og bruges igen uden større forarbejdning- eller byggeteknisk opgradering. Det betyder også, at planen ikke har den del med, der hedder genanvendelse, dvs. hvor bygningsdelene kan tages ud og forarbejdes om til nye sekundære råstoffer – fx træ til spånplader.







## CIRKULÆR RESSOURCEPLAN = SKEMA

**Den cirkulære ressourceplan er opbygget via et skema opdelt i 5 dele, og opbygningen gennemgås i nedenstående tekst:**

Den cirkulære ressourceplan, som er foldet sammen bagerst i publikationen kan bruges som værktøj til egen gennemgang af en nedrivningssag. Vi anbefaler at du i forbindelse med gennemgang af den cirkulære ressourceplan folder plakaten ud og lægger ved siden af.

### ● Gennemgang af bygningen

**Kolonne A:** Materialerne i bygningen gennemgås efter samme struktur som den, der sat op i materialeatlasset.

### ● Potentiel risiko for skadelige stoffer

**Kolonne B:** Farvekoden indsættes fra Materialeatlas, genbrug. Den beskriver den overordnede, potentielle vurdering ift. risikoen for skadelige stoffer.

### ● Oplysninger fra ressourcekortlægning

**Kolonne C-F:** Information, der kommer fra ressourcekortlægningen, dvs. mængder med enhed, karakteristik der er væsentlig for nedrivningen, afsætningskanal (fx et projekt eller en genbrugsforhandler)

### ● Oplysninger om nedrivningen

**Kolonne G-R:** Information om nedrivningen, herunder metode og økonomi for henholdsvis den normale procedure og nedtagning til genbrug. For nedtagning til genbrug er inkluderet plads til at medtage oplysninger om ekstra udstyr og ekstra timer anvendt på opgaven, samt en spildprocent.

### ● Vurdering

**Kolonne S:** Omhandler besværlighedsfaktor for at give muligheden for at registrere, hvis der er nogle forhold som besværliggør den nænsomme nedrivning, fx arbejdsmiljø eller tekniske forhold.

**Kolonne T:** Giver mulighed for at vurdere om der er et potentiale for optimering af metode, fx automatisering af arbejds gange.

**Kolonne U:** Vurderer den ekstra økonomi for den nænsomme nedrivning og beregnes ud fra de givne tal fra oplysninger om nedrivningen

**Kolonne W:** Giver mulighed for at vurdere bevaringsværdighed ift. fem parametre

**Kolonne X:** Giver mulighed for at give en vurdering af om der er efterspørgsel på de genbrugte bygningsdele, dvs. en vurdering af markedet

**Kolonne Y - AA:** Giver mulighed for at indsætte data om CO2 besparelse

### **Til at vurdere ekstra økonomiske udgifter ved nænsom nedrivning er følgende overvejelser foretaget i projektet:**

Målet er, at sammenligne prisforskellen ved en traditionel nedrivning med en nænsom nedrivning, for at få en indikation af prisforskellen. I denne sammenhæng, er en traditionel nedrivning, en selektiv nedrivning som de udføres i dag, mens en nænsom nedrivning er en nedrivning, hvor de enkelte bygningsdele forsøges bevaret bedst muligt, så de kan genbruges.

Det bemærkes, at en del bygningsmateriale endvidere har et potentiale for genanvendelse, dvs. hvor materialerne kan forarbejdes til nye sekundære råmaterialer, der kan indgå i produktionen af nye byggevarer. Dette potentiale stiller ikke krav om, at bygningselementernes form skal bevares, men i højere grad, at de forskellige materialer gennemgår en sortering, der understøtter den senere anvendelse. Dette aspekt er ikke medtaget i dette projekt.

Det er antaget, at der vil være en stor forskel på en totalnedrivning, hvor hele bygningen rives ned, og en reovering, hvor dele af bygningen rives ned, og denne antagelse undersøges i projektet.

De ekstra udgifter til nænsom nedrivning antages at fordele sig på 2 typer af udgifter: Ekstra mandskraft, da nænsom nedrivning ofte vil kræve nedtagning med håndkraft og ekstra specialudstyr til at tage bygningen ned uden at skade materialerne eller de større bygningsdele. Projektets ambition ved at lave denne skelnen har været, at potentialet for udvikling af metoder til nænsom nedrivning bedre kan vurderes. Er der behov for ekstra mandskab kan det overvejes, om der er et potentiale for at automatisere arbejdsgange, fx ved hjælp af simple robotter. Kunne man fx forestille sig

en robot, der skiller mursten fra hinanden? Er der behov for ekstra udstyr, kan det overvejes om dette udstyr skal videreudvikles.

Derudover, er det væsentligt at være opmærksom på spildprocenten, da en vis del af de nedtagne byggematerialer, vil være i en tilstand, der ikke kan genbruges. Spildprocenten bliver derfor inddraget i beregningerne.

En anden faktor, der er blevet diskuteret i projektet, er det vi har kaldt "besværlighedsfaktoren". Dette var for at undersøge det aspekt, der handler om, at manuelle arbejdsgange kan være krævende ift. arbejdsmiljø.

### **Til at vurdere CO2 besparelsen er der foretaget følgende overvejelser i projektet:**

Til at vurdere CO2 besparelser, er som tidligere nævnt undersøgt og anvendt GWP (Global Warming Potential) anvendt. GWP måles i enheden *kg CO<sub>2</sub>-ækvivalente*, der gives for et specifikt materiales funktionelle enhed (FU). FU angives som grundlag for den livscyklusanalyse (LCA) der resulterer i miljøpåvirkningsværdier, og dette er i denne sammenhæng den mængde materiale, der måles på. Påvirkningsværdierne i en livscyklusanalyse er derfor gældende for den valgte FU, f.eks. per. m<sup>3</sup> træ, kg eller ton mursten, L maling eller m<sup>2</sup> gulvmateriale. For et træ-produkt kan man f.eks. få en GWP påvirkning angivet som "*xx kg CO<sub>2</sub>-ækvivalente per m<sup>3</sup> træ*".

En *CO<sub>2</sub>-ækvivalent* <sup>(a)</sup> er en valgt måleenhed (fællesnævner) for påvirkningskategorien GWP, til sammenligning af miljøpåvirkninger/emissioner fra alle drivhusgasser. Da forskellige gasser påvirker drivhuseffekten i forskelligt omfang (her både i effekt og levetid), anvendes *CO<sub>2</sub>-ækvivalente* til at vurdere hvor mange kg CO<sub>2</sub>



der skal til for at skabe samme 'effekt' som et kg af en anden type drivhusgas. Som eksempler kan nævnes udledning af 1 kg metan (CH<sub>4</sub>), der svarer til udledning af 25 kg CO<sub>2</sub>, og udledning af 1 kg lattergas (N<sub>2</sub>H) svarer til udledning af 298 kg CO<sub>2</sub><sup>(a)</sup>.

Metoden, anvendt i dette projekt, til at vurdere materialernes potentiale, målt i GWP, baseres på miljøvaredeklarationer<sup>(b)</sup> (på engelsk Environmental Product Declaration, EPD). Ved genbrug af et materiale, der er blevet 'fremskaffet' gennem nænsom nedrivning, er det vurderet at denne oprindelige miljøpåvirkning '*kan undgås*'. De værdier for GWP (kaldt CO<sub>2</sub> besparelser i projektet) der er anvendt i dette projekt, er fundet for materialernes oprindelige produktion, og miljøpåvirkning heraf. Ved aflæsning af værdier fra EPD'er for forskellige byggematerialer, er faserne A1-A3 anvendt, da disse repræsenterer produktionsfaserne, inkl. intern transport. Det antages at de resterende faser i materialets livscyklus vil være ens for hhv. nyt produceret materiale og genbrugt materiale.

Ved brug af anvendte metode, gøres der opmærksom på nogle usikkerheder/sensitivitet, der bør tages i betragtning, ved vurdering af resultaterne for vurderingen af gevinsten/funden værdi:

- Ved brug af EPD'er er der, så vidt muligt, anvendt EPD'er på danske produkter. Da omfanget af disse dog stadig er begrænset, er der også anvendt EPD'er fra andre europæiske lande, under antagelsen at processerne på tværs af udviklede EU-lande er ækvivalente. Denne antagelse er ikke nødvendigvis valid for alle EPD'er og materialer.
- Det noteres at antagelsen omkring '*undgået miljøpåvirkning*' fra materialeproduktion, er optimistisk, og den reelle '*besparelse*' af miljøpåvirkninger vil være

lavere, da det må antages at materialer ikke altid kan genbruges 1:1, og en eventuel bearbejdning vil resultere i miljøpåvirkninger af en ukendt størrelse.

- De anvendte EPD'er er valgt som eksempel på et produkt, f.eks. mursten eller døre. Det gøres dog opmærksom på at de ikke nødvendigvis er retvisende for det eksakte materiale/produkt anvendt i et specifikt byggeri. Endvidere er der for nogle materialetyper anvendt produktspecifikke EPD'er, hvor andre har været branche EPD'er, der baseres på et markedsgennemsnit. Denne usikkerhed vil kunne mindskes hvis EPD'er eller materialepas i fremtiden anvendes som 'indbygget' dokumentation, således at det kan dokumenteres mere præcist hvilket materiale der arbejdes med.
- Når man anvender GWP som eneste måleparameter, i A1-A3, vil man opleve at træ ofte fremstår med negativt fortegn. Dette afhænger dog af den metode man har anvendt til at karakterisere miljøpåvirkningerne på, altså om man har inkluderet træets egen-skab som 'carbon lager'<sup>(c)</sup>.

### **Til at vurdere bevaringsværdighed er der foretaget følgende overvejelser i projektet:**

I forhold til at inkludere arkitektoniske, kulturelle og historiske værdier i prissætningen af de høstede materialer og/eller bygningsdele, har vi valgt bevaringsværdighed som samlende kategori. Kategorien tager hensyn til, at ressourcerne kan have en værdi, som ikke er økonomisk takseret ud fra parametre som kun er kvantificerbare. I projektet har vi arbejdet med SAVE-metoden der oprindeligt udvikledes som et vurderingsværktøj til at understøtte arbejdet med at kortlægge bymiljøer og

registrere bygninger i Danmark der ses som bevaringsværdige. En SAVE-vurdering ser på de arkitektoniske, kulturelle og landskabelige kvaliteter i det byggede miljø, så at indlejrede værdier kan blive en del af fremtidig planlægning og bymæssig udvikling. I princippet dækker SAVE over to selvstændige dele:

- a. Kortlægning og vurdering af en eller flere byggede miljøer
- b. Registrering og bevaringsvurdering af enkelte bygninger

Til trods for at SAVE-metoden er udviklet primært til vurdering af eksteriør (bygningen set udefra) og de omkringliggende omgivelser, er der i metoden taget højde for bygningsdelsniveauet. Vi har derfor valgt, at bruge de fem grundparametre fra SAVE-metoden, som bygninger vurderes ud fra. De udgør en enkel struktur til at vurdere en mulig samlet merværdi, som vi benævner – bevaringsværdighed for de høstede byggematerialer og bygningsselementer. De fem parametre er <sup>(d)</sup>&<sup>(e)</sup>:

- **Arkitektonisk værdi**

Vedrører huset som helhed. Der ses på husets proportioner, og om det er harmonisk og konsekvent opført inden for sin stilart. Huset kan fx også være et særlig unikt eksempel på en ny byggestil eller have en særlig konstruktion.

- **Kulturhistorisk værdi**

Her har det betydning, om huset er et godt eksempel på en lokal byggetradition, enten inden for en bestemt stilart eller en særpræget anvendelse af materialer. Det kan også være afgørende, at huset har en særlig historisk betydning eller tilbage i tiden har haft en betydning for lokalområdet.

- **Miljømæssig værdi**

Den miljømæssige værdi fastsættes ud fra husets sammenhæng med de omkringliggende boliger og bygninger. Om huset er med til at understrege eller give et kvarter eller et område et særligt præg.

- **Originalitet**

Originaliteten bedømmes både ud fra, om huset står med sit oprindelige udtryk, og i hvilken stand det er. Huset kan godt være istandsat, men det har betydning, om istandsættelsen og eventuelle ændringer understreger husets originalitet.

- **Tilstand**

Husets tilstand indgår også i den samlede vurdering. Det er en konstatering af, om huset er vedligeholdt eller forsømt.

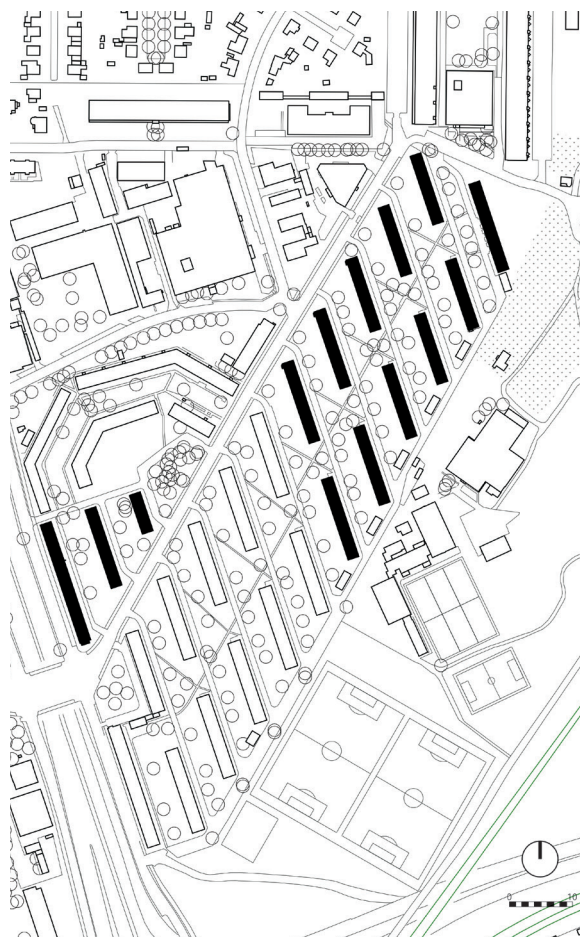
**Derudover:**

- Bevaringsværdighed (samlet værdi - vurderet på tværs af de fem parametre)

I SAVE vurderes bygninger indenfor hvert parameter på en skala mellem 1 - 9. Bygninger med højeste værdi får 1, hvilket typisk gælder fredede bygninger, mens værdier mellem 2-4 er bygninger, som i kraft af deres arkitektur, kulturhistorie og håndværksmæssige udførelse er fremtrædende eksempler inden for deres kategori. En bevaringsværdi på 5-6 er jævne, pæne bygninger, hvor utilpassede udskiftninger og ombygninger trækker ned i karakteren, mens en værdi på 7-9 er ofte bygninger uden arkitektonisk udtryk eller uden historisk betydning. Det kan også være bygninger, som er ombygget så meget, eller som har haft så mange udskiftninger, at de har mistet deres oprindelighed og dermed deres værdi. Opsummerende får bygningen en samlet 'karakter' der viser niveauet for dens bevaringsmæssige værdi.



En af grundene til at vi har valgt SAVE som metode og struktur til at vurdere merværdi af materialer og/eller bygningsdele, er at det er et kendt system, hvor rigtig mange bygninger allerede er registreret i den offentlige FBB-database. Dermed er der en formel struktur og et data-grundlag for bygninger, der eventuelt skal rives ned eller renoveres, som kan benyttes i vurderingen af materialer og bygningsdele.



Uddrag af grunddata i SAVE:  
Lundevænget, Ryparken, Stokbebyggelse, opført 1932-35, arkitekt, Edvard Heiberg, Karl Larsen & Frederik Wagner (Kooperative Arkitekter) i samarbejde med Povl Baumann. Landskabsarkitekt; C. Th. Sørensen. Murværk i gule teglsten og tag i røde tegl.

# AFPRØVNING VIA CASES

Den Cirkulære Ressourceplan er afprøvet på følgende 2 bebyggelser:

- Lundevangen, en stokbebyggelse i Ryparken fra 1932-35.
- Skallerupparken, en rækkehusbebyggelse i Aalborg Øst fra 1972-74.

I samråd mellem Tscherning og Teknologisk Institut blev prisen på en total nedrivning af Lundevangen og en renovering af Skallerupparken regnet ud for 2 nedrivningsmetoder: 1) en traditionel nedrivning og 2) en nænsom nedrivning. Lundevangen skal dog ikke totalnedrives, men blot renoveres.

## LUNDEVÆNGET

Fra 2018 til 2021 renoverer og fremtidssikrer Enemærke & Petersen Lundevangen, der er en af Københavns første stok-bebyggelser bygget i perioden fra 1932-35. Lundevangen består af 475 almene boliger, fordelt på 14 forskellige blokke. Boligerne bliver renoveret med respekt for bebyggelsens arkitektur og historie, og boligerne bliver moderniseret og opdateret til nutidige standarder.

Udvendigt skiftes til nyt tag, nye døre og vinduer, gavle efterisoleres og øvrigt murværk renoveres. Indvendigt renoveres og moderniseres køkkener og badeværelser og hovedparten af installationerne udskiftes. Derudover etableres ventilationsanlæg med varmegenvinding og eksisterende varme, vand og afløbsinstallationer udskiftes. Der etableres desuden 72 nye tagboliger som attraktive 3-værelses lejligheder. Det sker ved at inddrage tagrummet over 2. sals lejlighederne, så lejlighederne bliver i 2 etager. Entreprisen indeholder også opførelse af et nyt fælleshus, hvor beboere kan mødes.

Beboerne på Lundevangen genhuses og boligerne står tomme under renoveringen. Enemærke & Petersen opsætter og står for drift af pavilloner til genhusning. Renoveringen indeholder også en del miljøarbejder med sanering for skimmel, bly og asbest.

**Enterprise sum: 417 mio. kr.**



## SKALLERUPPARKEN

Fra 2018 til 2020 renoverer Enemærke & Petersen de almene boliger i Skallerupparken som er opført i 1972-74. Renoveringen foregår som en del af en gennemførelse af en helhedsplan for området. Vi udfører tømrer- og snedkerentreprisen og arbejdet omfatter gennemgribende renovering med nye facader, tage, døre, vinduer og indvendig renovering med nyt køkken og bad inkl. installationer. Nogle steder reduceres bygningshøjden med en etage og der etableres tagterrasser, andre steder bygges der til. Altangange erstattes af separat adgang til boligerne.

De nuværende 216 boliger reduceres til 129 boliger gennem nedrivninger og boligsammenlægninger. Flere af boligerne får niveaufri adgang med øget tilgængelig. Helhedsplanen omfatter desuden en fornyelse af udearealerne i bebyggelsen inkl. veje og stier. Beboerne i Skallerupparken er genhuset under renoveringen.

**Enterprise sum: 64,5 mio. kr.**

### I forbindelse med afprøvningen skal der gøres opmærksom på følgende forhold:

Der var ikke udarbejdet en ressourcekortlægning for de 2 cases i lighed med metoden for miljøprojekt nr. 2006<sup>(1)</sup>, hvilket betød, at der **ikke var aftalt en afsætningskanal**. Kolonne F blev derfor ikke udfyldt, ligesom Kolonne X om attraktion på markedet heller ikke kunne udfyldes.

Den **ekstra økonomi** kunne ligeledes ikke opdeles i mandetimer og afskrivning på udstyr, og der blev således regnet med en samlet ekstra pris.

Spildprocenten er opgivet i Kolonne P og er inddrages i udregning af prisen i Kolonne Q.

**Potentialet for udvikling** i Kolonne T blev ikke vurderet for de enkelte bygningsdele, men i perspektivering er der betragtninger om dette

Andre felter der **ikke er udfyldt: Bevaringsværdighed**. Denne blev i dette tilfælde ikke vurderet for de enkelte bygningsdele, men der er foretaget samlede betragtninger omkring bevaringsværdighed, som baserer sig på de studerendes forskellige detaljerede analyser.

# RESULTATER

## RESULTATER OMKRING ØKONOMI:

### Lundevænget:

Lundevænget er regnet som en totalnedbrydning. Det vil sige, at der er regnet med at der kommer en stor(e) gravemaskine(r) og nedbryder huset fra oven og ned. Gravemaskinen sorterer affaldet i de forskellige affaldsfraktioner. Der er som oftest ikke behov for mange håndmænd ved denne type for nedrivning.

Selvom gravemaskiner har en dyrere timepris, er de væsentlig hurtigere end manuel nedtagning. Totalnedrivning med store maskiner er derfor den billigste måde at rive ned på, hvis forholdene er til det. De store maskiner skåner derimod ikke i materialerne og direkte genbrug er sjældent en mulighed.

Ved nænsom nedrivning kan store maskiner ikke bruges, der er brug for mange mandetimer til at nedtage materialer nænsomt og sætte på paller mm. Mandetimer er omkostningstunge og jo færre håndmænd, der er behov for, jo billigere kan man gøre det. Ved nænsom nedrivning er der også behov for stillads, kran, paller mm, som alle er en fordyrende parameter. Affaldsomkostninger bliver sparet ved at genbruge materialerne, men denne er afgift er ikke høj nok til at det bliver væsentlige billigere at genbruge.

**Prisen for nænsom nedrivning bliver i casen med en total nedrivning fordoblet. Prisen stiger fra ca. 1. mill kr. til 2. mill. Kr.**

### Skallerupparken:

Materialet omkring Skallerupparken er bearbejdet som en renovering, hvor råhuset blev stående. Tag, facade og alle indvendige overflader bliver nedrevet.

Ved en renovering, hvor dele af bygningen skal blive stående, er nedrivningen nødt til at være mere skånsom end en totalnedrivning, og de helt store maskiner kan ikke bruges, da de ødelægger for meget. Her vil der i forvejen være brug for flere mandetimer samt stillads, kran mm. Derfor er prisforskellen mellem nænsom nedrivning og traditionel nedrivning ikke ligeså stor som ved totalnedrivning. Her er det den ekstra tid, det tager at tage materialerne ned på en nænsom måde, der koster ekstra.

**Prisen for nænsom nedrivning bliver i casen med en renovering en halv gang større. Prisen stiger fra 140.000 kr. til 205.000 kr.**



### **Generelle betragtninger:**

Det var ikke muligt inden for projektets rammer, at skelne mellem udgifter til mandskab og udgifter til udstyr, men det blev vurderet hvilken slags ekstra udstyr, der var behov for. I totalnedrivningen var det ekstra udstyr primært kran og stillads, men dette udstyr i forvejen var tilkøbt renoveringen. I renoveringen var der således ikke et oplagt behov for ekstra udstyr.

Metoderne blev beskrevet ift. nænsom nedrivning, og dette er primært manuel nedtagning, forsigtig nedtagning og opstilling af materialer på paller.

Besværlighedsfaktoren i den manuelle nedtagning giver sig primært til udtryk i ekstra mandskabstid og besværlig håndtering. Der blev ikke for hver enkel bygningsdel lavet en vurdering af om metoderne kan automatiseres eller forbedres, men på grund af de manuelle arbejdsgange, der kræver stort behov for ekstra mandetimer, vurderes det, at der samlet set er et oplagt potentiale for automatisering af manuelle arbejdsgange.

### **Resultater omkring CO2 besparelser:**

Det kan virke enkelt at opgøre miljøbesparelser af genbrug i CO<sub>2</sub>, men projektet viste, at der var en række udfordringer og dilemmaer i dette. Det er først og fremmest vigtigt at vælge en valid metode til at opgøre CO<sub>2</sub> besparelser, og derfor er der i dette projekt hentet data fra eksisterende EPD'er. I regnearket med data for de 2 cases ses hvilke tal, der er anvendt, samt en reference til den EPD, hvor tallene er taget fra. Der er dog en række usikkerhed på data og metode, som tidligere nævnt. Disse usikkerheder kommer til udtryk, når der CO<sub>2</sub> besparelserne regnes sammen for de 2 projekter. For Lundevænget var CO<sub>2</sub> besparelsen 39 ton CO<sub>2</sub> ækvivalenter, mens der for Skallerupparken overraskende blev en negativ besparelse på -83 ton CO<sub>2</sub> ækvivalenter, hvilket skyldes de store mængder træ, der kunne genbruges i

projektet, men som har et negativt fortegn, da der er regnet med data fra produktionsfasen. Dette er dog ikke et retvisende billede af miljøbesparelsen ved genbrug og diskuteres i det nedenstående:

Træ tælles negativt i produktionsfasen ved LCA analyser/EPD, i kategorien GWP, hvilket skyldes at behandling af træ ikke bruger energikrævende processer, så den 'positive' effekt der regnes på skyldes lagring af CO<sub>2</sub> <sup>(6)</sup>. Når træ vokser, optages der CO<sub>2</sub>, hvilket lagres i træet ind til det ikke længere ønskes/kan bruges i bygningen/produktet og derfor affaldshåndteres. Træ bliver ofte forbrændt, hvor det frigiver den lagrede CO<sub>2</sub>. Træ er altså 'kun' et lager af CO<sub>2</sub>, og vil ved endt levetid udlede gassen tilbage til atmosfæren. I dette tilfælde hvor træet genbruges, øges træets levetid, og der går længere tid inden CO<sub>2</sub> frigives.

Men den valgte metode til at opgøre CO<sub>2</sub> besparelser er der altså nogle metodeusikkerheder, der gør, at billedet af miljøbelastning bliver skævt. Der bør derfor arbejdes videre med at skabe en valid metode og endvidere skabe konsensus i branchen om hvordan CO<sub>2</sub> besparelser for genbrug bør beregnes.

### **Resultater omkring bevaringsværdighed:**

Projektet har undersøgt en potentiel mulighed for at aktivere arkitektoniske, kulturelle og historiske værdier i forhold til deres mulige indflydelse på prissætning af brugte materialer og bygningsdele ved brug af SAVE-metoden og den struktur der her er givet. Med henvisning til resultaterne fra de studerendes analyser af bevaringsværdighed for henholdsvis Lundevænget og Skallerupparken, er følgende vurderinger opnået:

### **SAVE-analyse af Lundevænget**

De studerende som arbejdede med Lundevænget foretog en 'klassisk' registrering og vurdering af bygninger-

ne ved brug af SAVE-metoden. Vurderingen blev dernæst, suppleret med en miljømæssig vurdering af genbrugspotentialet for de forskellige materialer og bygningsdele kategoriseret efter SFB-systemet. Her blev de vurderet efter samme principper, som er udviklet til InnoBYG-projektet; 'Materialeatlas – over byggematerialers genbrugs- og genanvendelsespotentialer', fra 2016 <sup>(5)</sup>.

Vurderingerne i forhold til de fem grundparametre i SAVE-metoden faldt ud følgende:

#### Arkitektonisk værdi 4:

Længerne har en regelmæssig, monoton takt, og er alle solorienterede. Længerne er i tre etager med sadeltag. Husene mod Lyngbyvej er i 4 etager, og fungerer som barrierer mellem motorvejen og den grønne park. Lejlighederne har balkon og der er god plads mellem husene. Blokkene er ens to og to, og varierer ved mindre detaljer i murværket og forskellige vinduestyper i gavlene.

#### Kulturhistorisk værdi 3:

Ryparken var et af de første bebyggelser, som brugte stok-typologien i en parkbebyggelse i Danmark og som tilbød altaner.

#### Miljømæssig værdi 3:

Området er præget af fine åbne friarealer, som giver en grøn og rolig karakter. Parkområdet mellem blokkene består af klippede græsplæner og store smukke gamle piletræer. Et stisystem er lagt ind i en diagonal vinkel i forhold til husene.

#### Originalitetsværdi 4:

Altanerne er renoverede og vinduerne er blevet udskiftet flere gange. Ellers er størstedelen af bebyggelsen original.

#### Tilstandsværdi 6:

Bebyggelsen er overordnet set stærkt præget af slidtage og dårlig vedligeholdelse.

#### Bevaringsværdighed 4

#### **Genbrugspotentiale for bygningsdele i Lundevangen vurderet ud fra miljøskadende stoffer**

Genbrugspotentialet i bygningsdele og deres anvendelsesmuligheder set i forhold til miljøskadende stoffer er parallelt blevet udarbejdet på baggrund af oplysninger hentet i 'Materialeatlas', 'Miljøscreeningsrapport' for Lundevangen fra 31.08.2016 og 'Gavlundersøgelse for skimmel' udarbejdet af Rambøll. Overordnet viser vurderingen at det primære bygningsdele som murede ydermure, tegltage og tømmerkonstruktioner i dæk har det højeste genbrugspotentiale, idet de består af rene materialefraktioner, hvor sekundære bygningsdele som indervægge, gulvbrædder og trapper rummer flere miljøskadende stoffer.

#### **SAVE-og miljøanalyse af Skallerupparken**

I eksemplet med Skallerupparken valgte denne gruppe studerende at gå en anden vej med hensyn til valget af vurderingsmetoder og måden at anvende dem på. Det hang direkte sammen med tre grundlæggende forskellige scenarier, hvor to af dem fokuserede på at opgradere de eksisterende bygninger i form af at tilføje rumlige kvaliteter, som øget dagslys eller udestue, slå lejligheder sammen og energirenovere. De tre scenarier blev defineret følgende:

- a. En let renovering, hvor kun 5-10 % af materialerne skulle udskiftes eller fornyes med ekstra lag af glas, klimazoner, øget vinduesarealer og efterisolering.
- b. En gennemgribende renovering, hvor 50-65% af materialer/bygningsdelene skulle udskiftes og evt. genbruges eller genanvendes og



- c. En total nedrivning, 100 % af alle materialer og bygningsdele fjernes og skal genbruges eller genanvendes.

I Skallerup-oversigten indgik både en SAVE-vurdering, sammenholdt med de materialefraktioner der egnede sig til genbrug (ingen/lav toksitet) eller egnede sig til genanvendelse (høj toksitet skal derfor sorteres). De samme materialefraktioner blev gjort op i m<sup>3</sup>, således at der hurtigt kunne skabes et visuelt overblik over mængderne indenfor de forskellige kategorier. Oversigten kan være et bud på et 'samle-ark' der kunne supplere den udviklede Cirkulære Ressourceplan idet den enkelt viser og sammenholder de forskellige data og vurderinger.

Det har ikke været muligt at teste vurderingen af bevaringsværdighed direkte i forhold til økonomi på de to cases, og der er dermed heller ikke nogen konklusioner omkring dets indflydelse på økonomien. Men de indledende undersøgelser og test udført af de arkitektstuderende og de øvrige overvejelser vi har gjort, kan danne udgangspunkt for videre arbejde udenfor dette projekt.



Billeder: Arkitektfirmaet NORD A/S

# PERSPEKTIVERING

Med projektet har vi ønsket at bidrage til arbejdet med at få udviklet branchemetoder til ressourcekortlægning og ressourceplaner, der især tilgodeser værdier på tværs af; Økonomi, CO2 besparelse og Bevaringsværdighed. Efter indledende research og vidensindsamling hos projektets parter stod det klart, at flere forskellige projekter allerede var i gang indenfor samme område, både i Danmark og internationalt. Vi valgte derfor i mindre grad, at fokusere på at udvikle en ny metode, som skulle være et alternativ til fx Miljøstyrelsens rapport, men i stedet at undersøge hvordan vi i højere grad kunne sikre, at der er flere bygherrer, rådgivere, entreprenører og nedrivere, der tager beslutning om at nedrive nænsomt for at genbruge byggeaffald.

De indledende drøftelser i projektet kom hurtigt til at handle om økonomi; "kan det betale sig...?". Det førte til, at projektets parter fokuserede på hvilke aspekter der kunne være relevante at inkludere, og som vi mente kunne påvirke beslutningerne. På samme tid, kan de tal og værdier vi er kommet frem til i de byggesager vi har brugt som cases, også bruges som generiske nøgletal til at vise hvad det koster – og hvad der kan spares af CO2, så vi ikke kun medvirker til et bedre økonomisk beslutningsgrundlag for at nedrive nænsomt, men også kan hjælpe byggebranchen med en hurtigere vurdering. Når det er sagt, så er der selvfølgelig en begrænsning i hvor omfattende et empirisk grundlag der kan tilvejebringes i et projekt af denne størrelse og økonomi, hvorfor de omtalte nøgletal må bruges indikativt og med en vis portion skepsis. Det er derfor vigtigt at understrege, at arbejdet med hhv. prissætning af nænsom nedrivning, værdisætning af CO2-besparelse og sammen-

hæng ml. bevaringsværdi og værdi af materialer ikke er endegyldigt fastlagt i dette projekt, og der eksisterer stadig et stort stykke arbejde i branchen med at få et validt datagrundlag at bygge på. Vores arbejde har givet anledning til en række overvejelser og tanker, som vi tænker, er værd at dele, så branchen kan bygge videre på dette arbejde.

## **Prissætning af nænsom nedrivning på materiale niveau og potentialet for forbedring**

Projektet viste ikke overraskende, at nænsom nedrivning er forbundet med øgede omkostninger. Projektet tydeliggør at denne ekstra omkostning er betydeligt lavere, når det gælder renovering frem for totalnedrivning. Dette skyldes, at der ved renovering i forvejen er et behov for, at nedrivningen er mere nænsom end en total nedrivning, og at der fx i forvejen er udgifter til stillads. Nedrivningsområdet har et stort potentiale for automatisering af arbejds gange i forbindelse med at bygningsdele tages nænsomt ned og sorteres. Og netop teknologier inden for Build 4.0 kan være med til at sætte skub i udviklingen mod mere genbrug og genanvendelse. I en ny publikation fra InnoBYG om Build 4.0 er der lavet en kortlægning af state of the art - teknologier inden for blandt andet 'Recycling'<sup>(6)</sup>. Projektets forfattere vurderer, at dette område har et stort potentiale – og et oplagt indsatsområde kunne være renoveringer, hvor en økonomisk gevinst er lettere at høste ift. en totalnedrivning.

## **Værdisætning af CO2-besparelse ved at genbruge materialer**

CO2-besparelser bliver anvendt i branchen i forbindelse med værdisætning af genbrug og genanvendelse.

En opgørelse af CO2-besparelse er kompliceret og der vil ofte ligge en række forudsætninger indbygget i den metode, der benyttes, når en CO2 besparelse fastlægges. Projektet har derfor taget udgangspunkt i data fra EPDer, da EPDer bygger på en standardiseret metode, hvilket dog har medført udfordringer med, at genbrug af træ tæller negativt i regnskabet, hvilket giver et skævt billede af miljøbelastningen.

Projektet må altså konkludere, at der fortsat er behov for at, der arbejdes videre med at fremskaffe valide data for opgørelse af CO2 besparelser for genbrug af byggevarer, og at der endvidere bør skabes konsensus i branchen om, hvordan CO2 besparelser for genbrug bør beregnes.

### **Sammenhæng ml. bygningens bevaringsværdi (SAVE) og værdien af de "høstede" materialer**

Den arkitektoniske-, kulturelle-, historiske- og herunder den æstetiske værdi af genbrug af byggematerialer og bygningsdele bliver omtalt meget i branchen – og SAVE-metoden er en måde, at få omsat denne diskussion til veldefinerede værdier. Det gode ved metoden er, at den er baseret på kvalitative registreringer af forskellige delelementer og samlet vægtning af de forskellige materiale og bygningsdele, som knytter sig direkte op på det konkrete byggeri.

Vi mener, at der med de undersøgelser og det arbejde der er påbegyndt, i forhold til at bruge SAVE som en metode til at konkretisere værdi forbundet med æstetik, kultur og historie ved et givent materiale eller bygningsdel, er skabt et udgangspunkt for videre undersøgelser og arbejde med at få skabt en dokumenteret sammenhæng ml. bevaringsværdi og økonomisk værdi af et byggematerialet fra nedrivning eller renoveringsprojekter.

Men det skal påpeges, at det kan være vanskeligt at bru-

ge SAVE-metoden præcist i forhold til enkelte materials eller bygningsdeles økonomiske værdisætning. Her vurderes de kulturhistoriske værdier at være de nemmeste at omregne til økonomisk værdi, da værdien afgøres af om 'proveniensen' kan påvises (materialets/ bygningsdelens historiske ramme). Tekniske egenskaber (styrke og holdbarhed) er vanskelige at udtale sig om, da vurderingen kun udføres på eksteriøret og går ikke dybere ned i materialet. Dog kan en overordnet vurdering udføres, ved at veje de relevante kategorier sammen, hvor man får et fingerpraj om materialet kan tænkes at have særlig økonomisk interesse. Hvis dette er tilfældet, skal en nærmere vurdering udføres af specialist, hvor både de tekniske og kulturelle aspekter vejes med.

Der er andre svagheder ved at bruge SAVE i denne sammenhæng. F.eks er de bygninger der findes i databasen ikke altid opdateret. Dvs man udfører vurderingen én gang, men ved tidspunktet for nedrivning/renovering kan meget have forandret sig. De kategorier der findes på skabelonen kan, hvis nøjagtigt udfyldt, bruges til at vurdere materialer og bygningsdele, men når man ser på niveauet i den FBB-databasen, er det ikke helt så dybdegående som man kunne ønske sig. Dette kunne pege på behovet af en ny faggruppe, der er i stand til at vurdere arkitektoniske såvel som historiske aspekter på stedet, for at derefter omregne det til økonomisk værdi.

For at de kvalitative værdier skal omregnes til kroner og øre, kræver det et retvisende, men simpelt system, hvor mangfoldige aspekter kan reduceres til tal, som kan indgå i den *Cirkulære Ressourceplan*. En mulighed er her, at foretage et større studie, der tager udgangspunkt i en række konkrete projekter, hvor bygninger i forskellige SAVE-kategorier ressourcekortlægges og værdien af materialer og bygningsdele vurderes og sammenholdes med data for CO2-besparelse og ekstraomkostningerne ved nænsom nedrivning.

# REFERENCER

1. Ressourcekortlægning af bygninger. Miljøprojekt 2006. Miljø- og Fødevareministeriet. April 2018
2. Kortlægning og registrering af byers og bygningers bevaringsværdi. Ny vejledning er udgivet af Kulturarvsstyrelsen 2011.
3. Anbefalinger til regeringen. Rapport fra Advisory Board for cirkulær økonomi. 7. juni 2017
4. Strategi for cirkulær økonomi. Miljø- og Fødevareministeriet og Erhvervsministeriet. September 2018
5. Materialeatlas over byggematerialers genbrugs- og genanvendelsespotentialer. InnoBYG, CINARK og Teknologisk Institut. August 2016.
6. Build 4.0 – Værdiskabelse med nye teknologier i den danske byggebranche. InnoBYG. Tåstrup 2019.

## Links

- a. [ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Carbon\\_dioxide\\_equivalent](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Carbon_dioxide_equivalent)
- b. [www.epddanmark.dk/site/vejledning.html](http://www.epddanmark.dk/site/vejledning.html)
- c. [www.unece.org/forests/outlook/carbonsinks.html](http://www.unece.org/forests/outlook/carbonsinks.html)
- d. [www.bolius.dk/bevaringsvaerdige-huse-17468/](http://www.bolius.dk/bevaringsvaerdige-huse-17468/)
- e. [slks.dk/omraader/kulturarv/bevaringsvaerdige-bygninger-og-miljoeer/bevaringsvaerdige-bygninger-metode/save/](http://slks.dk/omraader/kulturarv/bevaringsvaerdige-bygninger-og-miljoeer/bevaringsvaerdige-bygninger-metode/save/)
- f. [www.metsawood.com/global/tools/materialarchive/materialarchive/article-carbon-storage-in-wood-based-buildings-matti-kuittinen.pdf](http://www.metsawood.com/global/tools/materialarchive/materialarchive/article-carbon-storage-in-wood-based-buildings-matti-kuittinen.pdf)

## Baggrundslitteratur

Beim, A. 2018. "The Value of Architecture: SAVE or Science?". Informing Sustainable Architecture: The STED Project. L. Bjerregaard Jensen (ed.) København: Polyteknisk Boghandel og Forlag

Beim, A. (ed.) & P. Sørensen (ed.) & L.K. Frederiksen (ed.). 2015. Genbyggstudier. København: CINARK - Kunstakademiets Arkitektskole

Dansk Arkitekturcenter. 2011. S. Schmidt-Jensen & S. C. Nørgaard (ed.). Arkitektur og energirenovering: Det murede etagebyggeri fra 1920 til 1960. København.

Frederiksen, L. K. & U. S. Madsen, A. Beim (ed.), A. Oberender (ed.) & S. Butera (ed.). 2016 Idékatalog over nye designstrategier for genanvendelse: Et Inno-BYG-projekt, 2 ed. København: Det Kongelige Danske Kunstakademiets Skoler for Arkitektur, Design og Konservering

Kuittinen, M. 2015. CARBON STORAGE IN WOOD-BASED BUILDINGS. <https://www.metsawood.com/global/tools/materialarchive/materialarchive/article-carbon-storage-in-wood-based-buildings-matti-kuittinen.pdf>

Madsen, U.S. & L.K. Frederiksen. 2018. Idékatalog over designstrategier for adskillelse i præfabrikeret byggeri: Et InnoSPIRE-projekt. København: CINARK, Kunstakademiets Arkitektskole. 88 p.

Madsen, U.S. & A. Beim, L. K. Frederiksen, P. Munch-Petersen & S. Sköld. 2017. 3 vægfragmenter: TRÆ - TEGL - HALM: Cirkulær Tektonisk Tækning. København: CINARK, Kunstakademiets Arkitektskole.

Madsen, U.S. & A. Beim, A. Reitz & H.L. Bang (ed.). 2015. Værdiskabelse i Bygningsrenovering: en minianalyse af udvalgte koncepter for vurdering af egenskaber og kvaliteter i byggeri, København: CINARK, Kunstakademiets Arkitektskole.

Madsen, U.S. & A. Beim, & T. Beck. 2012. At bygge med øje for fremtiden: visioner i det industrialiserede boligbyggeri 1970 - 2011, 1. udgave ed. København: CINARK, Kunstakademiets Arkitektskoles Forlag.

Vandkunsten & A.M. Manelius ed. 2017. ReBeauty - Nordic Built Component Reuse. Vallensbæk



Enemærke & Petersen, CINARK,  
Teknologisk Institut og Tscherning A/S

ISBN 978-87-971559-0-5