



Til  
**Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen**

Dokumenttype  
**Bilagsrapport**

Dato  
**Maj 2020**

# **CIRKULÆR ØKONOMI I BYGGERIET**

## **ANALYSE AF POTENTIALER FOR ØGET GENBRUG OG GENANVENDELSE AF BYGGEAFFALD**

**RAMBOLL**

Bright ideas. Sustainable change.



# **CIRKULÆR ØKONOMI I BYGGERIET ANALYSE AF POTENTIALER FOR ØGET GENBRUG OG GENANVENDELSE AF BYGGEAFFALD**

Projekt navn **Cirkulær økonomi i byggeriet – Analyse af potentialer**  
Modtager **Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen**  
Dokumenttype **Bilagsrapport**  
Version **1.0**  
Dato **Maj 2020**

Rambøll  
Olof Palmes Allé 20  
DK-8200 Aarhus N

T +45 5161 1000  
F +45 5161 1001  
<https://dk.ramboll.com>

## INDHOLD

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Bilag A: Metodebeskrivelse for livscyklusvurdering (LCA)</b>   | <b>2</b>  |
| <b>Bilag B: Metodebeskrivelse for samfundsøkonomisk analyse</b>   | <b>3</b>  |
| <b>Bilag C: Totaløkonomisk analyse på materialeniveau og følsomhedsanalyser</b>                               | <b>15</b> |
| <b>Bilag D: Detaljerede resultater og yderligere følsomhedsberegninger fra den samfundsøkonomiske analyse</b> | <b>27</b> |

## **BILAG A: METODEBESKRIVELSE FOR LIVSCYKLUSVURDERING (LCA)**

Se selvstændig bilagsrapport.

## BILAG B: METODEBESKRIVELSE FOR SAMFUNDSØKONOMISK ANALYSE

I dette bilag beskrives metoden til den samfundsøkonomiske analyse. Afsnittet er opdelt efter materialefraktion og de enkelte processer forbundet med håndteringen af hver materialefraktion. Analysen er gennemført med udgangspunkt i Finansministeriets retningslinjer i "Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger 2017".<sup>1</sup>

### 1.1 Generelle samfundsøkonomiske forudsætninger

Beregningsåret for analysen er 2020 – priser for tidligere år er derfor fremskrevet til 2020-priser via nettoprisindekset fra Danmarks Statistik. En typisk samfundsøkonomisk analyse vil have en tidshorisont og tilbagediskontere de fremtidige effekter til nutidig værdi, men i denne analyse beregnes effekterne i kr. pr. ton. Disse opskaleres efterfølgende til totale, årlige mængder, jf. de respektive resultatafsnit i [hovedrapporten](#).

Samtlige af analysens effekter er værdisat efter markedsprismetoden jf. Finansministeriets vejledning<sup>2</sup>; det vil sige, at priserne er regnet i markedspriser, da de har udgangspunkt i forbrugeren og dennes betalingsvillighed. Derfor er alle priser omregnet fra faktorpriser til markedspriser ved brug af nettoafgiftsfaktoren (NAF), som er fastsat til 1,28 af Finansministeriet.<sup>3</sup>

### 1.2 Eksterne effekter

Den samfundsøkonomiske analyse tager ikke kun højde for direkte omkostninger forbundet med hvert scenarie, men inkluderer også eksterne effekter. Eksterne effekter er indirekte omkostninger eller gevinster, som påvirker aktører i andre dele af samfundet – det kan f.eks. være påvirkning af menneskets sundhed og klimapåvirkninger. Fra et samfundsøkonomisk perspektiv har disse effekter en værdi og bør indgå i en beslutningsproces.

Følgende afsnit beskriver hvilke eksterne effekter, analysen indeholder.

#### 1.2.1 Globale eksterne effekter (miljø og klima)

I analysen omfatter de globale eksterne effekter påvirkninger for miljøet og klimaet. Konkret har vi værdisat de eksterne effekter som følge af CO<sub>2</sub>-udledning, partikeludledning (PM<sub>2,5</sub>), NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub>. De miljømæssige effekter opdeles efter, om udledningen resulterer fra elforbrug, transport eller procesudledninger under produktionen. Vi skelner mellem udledningernes kilde, da den samfundsøkonomiske beregningspris varierer herefter.

Beregningsprisen for udledningen af partikler, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> fra elforbrug og processer er opdelt efter danske og udenlandske effekter, da kun en del af skaden forekommer i Danmark. Den fulde beregningspris samt andel af skade i Danmark er vist i Tabel 0-1. Den samfundsøkonomiske analyse omfatter kun effekter med betydning for danske samfundsaktører og er altså geografisk afgrænset til Danmark. Beregningspriserne er derfor vægtet efter effekternes skade inden for landets grænser (Tabel 0-1).

Derimod er hele omkostningen fra CO<sub>2</sub>-udledningen medregnet for Danmark, da udledningerne sker på dansk jord og derfor indgår i Danmarks klimaregnskab. I analysen anvendes forskellige beregningspriser for omkostningen ved CO<sub>2</sub>-udledning. Prisen for CO<sub>2</sub>-udledningen fra processer er fastsat efter Energistyrelsens skøn for CO<sub>2</sub>-kvotepriser for 2020<sup>4</sup>, som er fastsat til 214 kr. pr. ton

<sup>1</sup> Finansministeriet (2017): "Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger 2017"

<sup>2</sup> Finansministeriet (2017): "Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger 2017"

<sup>3</sup> Alle udgifter og indtægter for det offentlige og private virksomheder er omregnet til markedspriser ved hjælp af nettoafgiftsfaktoren.

<sup>4</sup> Energistyrelsen (2019): "Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner"

CO<sub>2</sub> (i 2019-priser). Opregnet til 2020-pris samt ganget med NAF giver det 276 kr. pr. ton CO<sub>2</sub>. For transporten er CO<sub>2</sub>-prisen fastsat efter de Transportøkonomiske Enhedspriser.

Jf. Energistyrelsen indgår prisen på CO<sub>2</sub> i elprisen, så for at undgå dobbeltregning, er CO<sub>2</sub>-prisen sat til 0 for elforbruget. Vi har derfor også taget udgangspunkt i ovennævnte rapport fra Energistyrelsen, hvor elprisen for 2020 er fastsat til 512 kr. pr. MWh for virksomheder (i 2019-priser). Opregnet til 2020-pris samt ganget med NAF giver 661 kr. pr. MWh.

For transport medregnes den fulde effekt for udledningerne (CO<sub>2</sub>, partikler, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub>) for Danmark.

Skadeomkostningerne fra transport er værdisat efter de Transportøkonomiske Enhedspriser fra 2019, hvor effekterne er inddelt efter by og land. Alle afstande under 40 km antages at foregå i byen. Beregningsprisen er vist i Tabel 0-1.

**Tabel 0-1 Priser for udledninger fordelt på aktiviteter (2020-priser)**

| Udledning                      | El     |                 | Transport |             |                 | Processer |                 |
|--------------------------------|--------|-----------------|-----------|-------------|-----------------|-----------|-----------------|
|                                | Kr./kg | Andel i Danmark | By Kr./kg | Land Kr./kg | Andel i Danmark | Kr./kg    | Andel i Danmark |
| CO <sub>2</sub>                | 0,00   | 100%            | 0,16      | 0,16        | 100%            | 0,28      | 100%            |
| Partikler (PM <sub>2,5</sub> ) | 275    | 21%             | 1.3050    | 892         | 100%            | 295       | 24%             |
| NO <sub>x</sub>                | 142    | 8%              | 265       | 125         | 100%            | 148       | 10%             |
| SO <sub>2</sub>                | 139    | 9%              | 12        | 12          | 100%            | 167       | 9%              |

Kilde: Energistyrelsen (2019): "Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner". Transportministeriet (2019): "Transportøkonomiske enhedspriser", version 1.91.

**Tabel 0-2 Beregningspriser for emissioner, nationalt (Kr./kg, 2020-priser)**

| Emissioner                     | El | Transport By | Transport Land | Processer |
|--------------------------------|----|--------------|----------------|-----------|
| CO <sub>2</sub>                | 0  | 0,16         | 0,16           | 0,28      |
| Partikler (PM <sub>2,5</sub> ) | 58 | 1.350        | 892            | 71        |
| NO <sub>x</sub>                | 11 | 265          | 125            | 15        |
| SO <sub>2</sub>                | 13 | 12           | 12             | 15        |

Kilde: Energistyrelsen (2019): "Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner". Transportministeriet (2019): "Transportøkonomiske enhedspriser", version 1.91.

### 1.2.2 Lokale eksterne effekter (transport)

I hvert analysescenarie indgår transport som en samfundsøkonomisk omkostning, som bl.a. påvirker mængden af støj, uheld, trængsel og infrastruktur. Disse effekter er værdisat i de Transportøkonomiske Enhedspriser og er vist i Tabel 0-3.

**Tabel 0-3 Forudsætninger for lokale eksterne transporteffekter (kr./km i 2020-priser)**

| <i>Effekt</i>        | <i>Værdi</i> |
|----------------------|--------------|
| <i>Støj</i>          | 0,16         |
| <i>Uheld</i>         | 2,00         |
| <i>Trængsel</i>      | 0,71         |
| <i>Infrastruktur</i> | 1,24         |

Kilde: Transportministeriet (2019): "Transportøkonomiske enhedspriser", version 1.91.

### 1.3 Transportomkostninger

Udover de eksterne effekter fra transport inddrages også afstandsafhængige og tidsafhængige transportomkostninger samt tidsværdien for det transporterede gods, som alle er værdisat efter de Transportøkonomiske Enhedspriser 2019. Heri indgår udgifter til brændstof, dæk, kapacitetsomkostninger, reparation, vedligeholdelse samt afskrivninger.

Det antages, at en lastbil i gennemsnit kører 65 km pr. time, og at den har en godskapacitet på 8 tons.

De afstandsafhængige transportomkostninger for 2020 er 4,63 kr. pr. km. De tidsafhængige omkostninger er 543 kr. pr. time, hvilket samlet set giver kørselsomkostninger på 844 kr. pr. time<sup>5</sup> og 0,41 kr. pr. ton pr. km<sup>6</sup>.

Ifølge de Transportøkonomiske Enhedspriser er tidsværdien for gods 0,5 kr. pr. ton pr. time og 0,01 kr. pr. ton pr. km<sup>7</sup>.

Samlet set giver det en total transportomkostning på 0,41 kr. pr. ton pr. km, som er den sats, der anvendes i analysen til at beregne de samfundsøkonomiske omkostninger ved transport.

### 1.4 Afgifter og skatteforvridning

For hver materialefraktion analyseres to forskellige scenarier, hvor det ene er et basisscenarie (nuværende praksis), og det andet er et alternativt scenarie, som er en mere cirkulær måde at håndtere affaldsfraktionen på. Alternativscenariet analyserer dermed en adfærdændring, hvilket vil ændre statens indtægter fra afgifter. I analysen inddrages forskellen på statens afgiftsprovenu mellem de to scenarier, og skatteforvridningen på 10 pct. indføres som en omkostning (eller indtægt) i alternativscenariet, hvis afgiftsprovenuet falder (eller stiger) fra basisscenariet til alternativscenariet.

Skatteforvridningen er den effekt, der opstår, når staten øger eller reducerer skatten for at balancere ændringer i afgiftsprovenuet. Hvis statens indtægter fra afgifter falder i alternativscenariet sammenlignet med basisscenariet, vil staten kompensere ved at hæve skatten andre steder. Det skaber en forvridning og derfor en omkostning for samfundet. De anvendte afgifter er vist i Tabel 0-4.

<sup>5</sup> 4,63 kr. per km \* 65 km per time + 543 kr. per time = 844 kr. per time

<sup>6</sup> 844 kr. per time / 32 tons / 65 km per time = 0,41 kr. per tons per km

<sup>7</sup> 0,5 kr. per tons per time / 65 km per time = 0,01 kr. Per tons per km

Tabel 0-4 Anvendte afgifter (2020-priser)

|   | Enhed              | Værdi | Kilde                                   |
|---|--------------------|-------|---|
| <i>Dieselmotorer</i>                        |                    |       |   |
| - Dieselpriis                               | Kr./liter          | 11,02 | Oliebranchens fællesråd                 |
| - CO <sub>2</sub> -afgift (4 %)             | Kr./liter          | 0,44  | Oliebranchens fællesråd                 |
| - Energiavgift (25 %)                       | Kr./liter          | 2,86  | Oliebranchens fællesråd                 |
| <i>Totale dieselaftgifter</i>               | Kr./liter          | 3,31  |   |
| <i>Råstofafgift</i>                         |                    |       |   |
|   | Kr./m <sup>3</sup> | 5     | Skatteministeriet (2020)                |
|   | Kr./ton            | 8,33  |   |
| <i>Lastbiltransport</i>                     |                    |       |   |
| - Kørsel                                    | Kr./km             | 1     | Transportøkonomiske enhedspriser (2019) |
| - Tid                                       | Kr./time           | 5,04  | Transportøkonomiske enhedspriser (2019) |
|   | Kr./km             | 0,08  |   |
| <i>Totale afgifter for lastbiltransport</i> |                    | 1,08  |   |
| <i>Forbrændingsafgift</i>                   | Kr./ton            | 330   | Skatteministeriet (2020)                |
| <i>Deponeringsafgift</i>                    | Kr./ton            | 475   | Skatteministeriet (2020)                |

Kilder: Oliebranchens fællesråd: Dieselpriiser fra deres hjemmeside pr. 1. januar 2019. Skatteministeriet (2020): Bekendtgørelse af lov om afgift af affald og råstoffer (affalds- og råstofafgiftsloven), § 10, E.A.7.3.5 og E.A.7.4.3.

### 1.5 Tagsten – processer som indgår i den samfundsøkonomiske analyse

Følgende afsnit beskriver metoden og de relevante forudsætninger for den samfundsøkonomiske analyse for materialefraktionen tagsten. Derudover beskrives de forskellige processer for hvert scenarie. Som beskrevet i hovedrapporten vil analysescenariet for tagsten analysere potentialet for at genbruge 80 pct. og nedknuse 20 pct. af tagstensaffaldet i stedet for at nedknuse det hele, som er den primære affaldshåndtering i dag.

Den funktionelle enhed for analysen er 1 ton tagstensaffald. Beregningerne vil tage udgangspunkt i et dansk vingetegl, da det ifølge branchen er en af de mest brugte tagsten i Danmark. Den gennemsnitlige vægt for denne type tagsten er 2,8 kg, og der regnes derfor med 357 tagsten pr. ton.

#### 1.5.1 Nedrivning af tagsten

I både nul- og alternativscenariet indgår nedrivning af tagstenen som en aktivitet, men aktiviteten er ikke ens i de to scenarier. I basisscenariet foregår nedrivningsprocessen typisk ved brug af nedrivningsmaskiner, hvor tagstenen efterfølgende smides i en container. I alternativscenariet foregår nedrivning på en mere nænsom og langsommelig måde – her nedtages tagstenen manuelt,



og de placeres på en palle. Denne proces er mere besværlig og kræver flere mandetimer end den traditionelle nedrivningsproces.

Til at estimere omkostninger ved de to former for nedrivningsprocesser tages der udgangspunkt i InnoBYG-projektet: "Ressourceplan – Cirkulær kortlægning ved nedrivning af byggeri" fra 2019. Herudover har vi igennem interview fået oplyst, at det tager ca. dobbelt så lang tid at nedrive til genbrug i stedet for knusning. I ovenstående rapport har de beregnet omkostningen ved hhv. normal nedrivning og nænsom nedrivning med fokus på genbrug for forskellige byggematerialer og bygningsdele. De har bl.a. beregnet omkostningerne ved at nedrive et tag efter normal procedure (basisscenarie), samt hvis tagstenen skal genbruges efterfølgende (alternativscenarie). Dette har vi omregnet til omkostninger pr. ton, som er vist i Tabel 0-5.

**Tabel 0-5 Nedrivningsomkostninger for tagsten**

| Beskrivelse                                   | Enhed          | Basisscenarie | Alternativscenarie | Pris                     |
|---|----------------|---------------|--------------------|--------------------------|
| <i>Omkostninger for projekt</i>               | Kr.            | 40.500        | 70.875             | 2019, faktorpris         |
| <i>Antal tagsten</i>                          | Stk.           | 12.700        | 12.700             | 2019, faktorpris         |
| <i>Antal m2</i>                               | M2             | 900           | 900                |                          |
| <i>Omkostninger pr. tegl</i>                  | Kr./stk.       | 3,19          | 5,58               | 2019, faktorpris         |
| <i>Omkostninger pr. ton</i>                   | Kr./ton        | 1.149         | 2.010              | 2020, faktorpris         |
| <b><i>Nedrivningsomkostninger pr. ton</i></b> | <b>Kr./ton</b> | <b>1.470</b>  | <b>2.573</b>       | <b>2020, markedspris</b> |

Note: Der regnes med en gennemsnitlig vægt på en tagsten på 2,8 kr./stk. og dermed 357 stk./ton.

Kilde: InnoBYG (2019): "Ressourceplan. Cirkulær kortlægning ved nedrivning af byggeri" og Rambøll.

Det vil sige, at der anvendes 1.470 kr. pr. ton i basisscenariet for aktiviteten nedrivning og 2.573 kr. pr. ton i alternativscenariet. Nedrivningsomkostningerne er således 75 pct. højere i alternativscenariet end i basisscenariet på grund af en mere besværlig nedrivningsproces.

Efter selve nedrivningen af taget skal tagstenene enten transporteres til en genbrugsplads eller affaldsoperatør, hvis det skal nedknuses (basisscenariet), eller til en oparbejdningsvirksomhed hvis tagstenene skal genbruges (alternativscenariet). Den gennemsnitlige afstand til nedknusning antages at være 30 km – antagelsen er baseret en rapport af Miljøstyrelsen<sup>8</sup>. De 30 km inddrages til beregningen af transportomkostninger, samt til de afledte eksterne effekter som følge af transport.

Transporten af tagstensaffaldet i alternativscenariet er estimeret til at være 40 km. Denne afstand er beregnet ved at finde afstanden fra den største by i hver region til den nærmeste oparbejder af brugte tagsten, hvorefter denne afstand er vægtet med andelen af byggeaktivitet i hver region for kvartal 4 2018 til kvartal 3 2019 (Tabel 0-6). Afstanden på de 40 km bruges til at beregne de globale og lokale eksterne effekter fra transporten, men da transportomkostningerne allerede er indregnet i oparbejdningsomkostningerne (afsnit 1.5.5), regnes de ikke separat her.

<sup>8</sup> Miljøstyrelsen (2016): "Samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten", miljøprojekt nr. 1904

Tabel 0-6 Byggeaktivitet (i tusinde m<sup>2</sup>)

| Beskrivelse        | 2018K4 | 2019K1 | 2019K2 | 2019K3 | Total | Vægtet total |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------------|
| Hele landet        | 1.901  | 1.864  | 2.004  | 1.685  | 7.453 |              |
| Region Hovedstaden | 449    | 455    | 512    | 414    | 1.830 | 25%          |
| Region Sjælland    | 269    | 227    | 283    | 254    | 1.033 | 14%          |
| Region Syddanmark  | 378    | 423    | 417    | 372    | 1.589 | 21%          |
| Region Midtjylland | 539    | 507    | 581    | 473    | 2.100 | 28%          |
| Region Nordjylland | 267    | 252    | 211    | 171    | 901   | 12%          |

Kilde: Danmarks Statistik BYGV11 og Rambøll

### 1.5.2 Nedknusning af tagstensaffald

I basisscenariet nedrives tagstenene efter normal procedure og sendes til en genbrugsplads eller affaldsoperatør. Prisen på nedknusning af tagstensaffald estimeres til at være mellem 100 og 130 kr. pr tons på baggrund af skøn fra Rambølls affaldseksperter. I analysen er 115 kr. pr. ton anvendt.

### 1.5.3 Udvinning af grus

Udvinning af grus indgår i begge scenarier, men på forskellige måder. I basisscenariet indgår det som en gevinst, fordi det nedknuste tagstensaffald erstatter udvindingen af jomfruelige materialer som grus. Modsætningsvis indgår denne aktivitet som en omkostning i alternativscenariet, da 80 pct. af tagstensaffaldet ikke længere nedknuses. Der skal derfor udvindes mere grus, hvilket indgår som en omkostning i alternativscenariet.

Prisen på at udvinde grus estimeres til at være mellem 75 og 100 kr. pr tons på baggrund af skøn fra Rambølls affaldseksperter. Gennemsnitsprisen på 88 kr. pr. ton anvendes derfor i analysen. Da der findes forskellige typer af grus fra forskellige grusgrave i Danmark, har vi analyseret resultaternes følsomhed over for ændringer i prisen på udvinning af grus jf. afsnit 9.2.2."

### 1.5.4 Produktion af tagsten

En tagsten antages at have en gennemsnitlig vægt på 2,8 kg, hvilket svarer til 357 tagsten pr. ton. Fra interview ved vi, at det koster ca. 3,3 kr. at producere en tagsten, hvilket er 1.179 kr. pr. ton tagsten<sup>9</sup>. Denne pris indeholder alle processer forbundet med produktionen og transport af tagsten.

### 1.5.5 Genbrug af tagsten

I Danmark arbejder en håndfuld virksomheder med at indsamle, rense og sælge brugte tagsten til nybyg og renoveringer. Ud fra interview ved vi, at omkostningerne ved at oparbejde en brugt tagsten estimeres til at være ca. 6,5 kr. pr. stk. Det svarer til 2.971 kr. pr. ton<sup>10</sup>. Denne omkostning indeholder transport, rensning og opbevaring.

<sup>9</sup> 3,3 kr. pr. stk. \* 357 stk. pr. ton = 1.179 kr. pr. ton

<sup>10</sup> 6,5 kr. pr. stk. \* 357 stk. pr. ton \* 1,28 (NAF) = 2.971 kr. pr. ton

Det skal naturligvis siges, at dette er en gennemsnitsomkostning, da oparbejder prissætter den enkelte tagsten efter størrelsen på egne omkostninger ved at hente og oparbejde den. Derfor har vi analyseret resultaternes følsomhed over for ændringer i denne pris i hovedrapporten.

### 1.5.6 Afgiftsprovenu og skatteforvridning

Analysescenariet for tagsten indeholder dieselafgifter, da der bliver brugt diesel til knusning af tagstenen. Dernæst indeholder scenarierne også afgifter til lastbiltransport.

Dieselforbruget til nedknusning er 0,14 liter pr. ton jf. estimater fra DTU (se Bilag A). Da 100 pct. nedknyttes i basisscenariet, indgår 100 pct. af dette forbrug i scenariet. Modsat nedknyttes kun 20 pct. af tagstenene i alternativscenariet, hvorfor forbruget af diesel er tilsvarende mindre. Forbruget er derfor ganget med afgiften på diesel (se

Tabel 0-4). Afgiftsprovenuet for dieselforbruget er vist i Tabel 0-7 nedenfor.

I basisscenariet køres der 30 km til knusning, hvilket svarer til 4 km pr. ton<sup>11</sup>. I alternativscenariet indgår 40 km fra nedrivning til genbrug, hvilket på samme måde er omregnet til 5 km pr. ton. Afgiften fra lastbiltransporten (se

Tabel 0-4) ganges på de respektive transportafstande pr. ton. Resultatet er vist i tabellen nedenfor.

**Tabel 0-7 Afgiftsprovenu og skatteforvridning (kr./ton, 2020-priser)**

|                              | Basisscenarie | Alternativscenarie |
|------------------------------|---------------|--------------------|
| <i>Diesel</i>                | 0,46          | 0,09               |
| <i>Lastbiltransport</i>      | 4             | 5                  |
| <i>Totalt afgiftsprovenu</i> | 4             | 5                  |
| <i>Forskel</i>               | -1            |                    |
| <i>Skatteforvridning</i>     | -0,1          |                    |

Kilde: Rambøll

Samlet set giver det et afgiftsprovenu for basisscenariet på 4 kr. pr. ton og 5 kr. pr. ton for alternativscenariet. Som beskrevet i afsnit 1.4 er skatteforvridningen på 10 pct. af forskellen på afgiftsprovenuet. Tabel 0-7 viser, at staten vil få et højere afgiftsprovenu i alternativscenariet, hvilket skyldes øget transport. Dette giver en positiv forvridning for samfundet. Skatteforvridningen har en negativ værdi her, da den indgår som en omkostning i basisscenariet.

### 1.6 Stenuld – processer som indgår i den samfundsøkonomiske analyse

Ud fra interviews ved vi, at der i 2019 blev genanvendt 8.600 tons stenuld til ny stenuld. Derudover er der en del, som anvendes til andre formål; Noget deponeres (i rene, forurenede og blandede fraktioner), noget anvendes i Leca-kugler, noget anvendes i asfalt og beton og der er sikkert flere anvendelsesmetoder. Vi har både været i kontakt med Rockwool Miljøstyrelsen, RGS Nordic, Leca, Dansk Affaldsforening, Danish Waste Solutions samt inddraget Rambølls egne affaldseksperter for

<sup>11</sup> Beregningerne anvender en lastbilkapacitet på 8 tons. Kilde: DTU (2020)

at afdække, hvor store mængder stenuldsaffald der er, og hvordan fraktionen fordeler sig mellem forskellige anvendelsesmetoder.

Rockwool modtog i 2019 8.600 tons brugt stenuld, og Leca modtog 4.000 tons blandet sten- og glasuldsaffald. Derudover modtager andre affaldsoperatører en mængde, som vi ikke kender til. Vi kender heller ikke den præcise håndteringsmetode. Vi ved dog, at noget f.eks. blandes i beton og asfalt. Endelig deponeres der også en mængde stenuld. Den præcise mængde er også uvist, da noget er forurenset, noget er rent og andet ligger i blandede affaldsfraktioner. På trods af en detaljeret afdækningsproces har det ikke været muligt at finde de totale mængder og fordelingen mellem anvendelser. Det er Rambølls vurdering, at det faktum, at det har været så svært at afdække taler for, at der er behov for en mere dybdegående undersøgelse af affaldsstrømmene for stenuld fra byggeriet.

Den totale mængde stenuldsaffald er estimeret på baggrund af tidligere undersøgelser. Vi tager udgangspunkt i en rapport fra Miljøstyrelsen<sup>12</sup>, hvor den årlige mængde stenuldsaffald blev fremskrevet. Vi har anvendt samme fremskrivningsfaktor, hvilket resulterer i en årlig mængde på 30.000 tons i 2020. Til sammenligning blev der i Affaldsstatistikken i 2017 registreret en samlet mængde isoleringsaffald på 19.000 tons. Det er derfor vores vurdering, at 30.000 tons er en anelse højt. Ifølge interviews med RGS Nordic og Rockwool vurderes den årlige mængde snarere at ligge omkring 25.000 tons. Vi anvender derfor denne mængde som et mere realistisk og konservativt estimat. Det vil sige, at der i dag er en genanvendelsesprocent på 34 pct.<sup>13</sup> Det skal dog siges, at der stadig er en del usikkerhed forbundet med dette.

Analysen medregner ikke nedrivningsomkostninger, da det antages, at der i alternativscenariet ikke skal bruges ekstra ressourcer på at udsortere mere stenuld.

### 1.6.1 Produktion af stenuld

Da det allerede i dag er almindelig praksis, at der bliver genanvendt brugt stenuld i produktionen af ny stenuld, skal denne omkostning medregnes. Det har ikke været muligt at indsamle opdaterede data vedrørende omkostningerne ved at genanvende stenuld, så analysen benytter derfor et estimat på 150 kr. pr. ton stenuld fra tidligere undersøgelser.<sup>14</sup> Dette er opregnet til 2020- samt markedspris, og analysen anvender derfor 236 kr. pr. ton.

Produktionsomkostningerne vurderes på baggrund af interview med Rockwool kun at blive reduceret marginalt, hvis der genanvendes en større mængde brugt stenuld. Derfor anvendes de 236 kr. pr. ton som produktionsomkostningen i begge scenarier.

Da analysen regnes i omkostninger pr. ton samt andele genanvendt stenuld, vil basisscenariet indregne 34 pct. af produktionsomkostningen, mens alternativscenariet vil medregne 90 pct.

### 1.6.2 Deponi

Vi har afholdt interviews med flere aktører i branchen, men der hersker en generel uvished om hvor store mængder, der deponeres. I nogle tilfælde deponeres stenulden også i blandede fraktioner, men det har ikke været muligt at opspore de præcise mængder. Danish Waste Solutions (2017)<sup>15</sup> har lavet en række forsøg på deponeringsanlæg, hvor de indsamler og sorterer det blandede affald, som afleveres til deponi. Ud af 14 læs deponeringsaffald fandt de mineraluld i alle læs. Mængdemæssigt svarer det til 6 pct. og var den tredjestørste fraktion i de 14 læs. De konkluderer, at meget af denne mineraluld kunne være blevet genanvendt. Dette er et eksempel på, at der stadig deponeres stenuld, som ellers ville kunne genanvendes.

<sup>12</sup> Miljøstyrelsen (2006): "Genanvendelse af brugt stenuld, Hovedprojekt"

<sup>13</sup> 8.600 tons / 25.000 tons = 34 %

<sup>14</sup> Miljøstyrelsen (2006): "Genanvendelse af brugt stenuld, Hovedprojekt"

<sup>15</sup> Danish Waste Solutions (2017): "Fremtidens Deponeringsstrategier - Forbedret Håndtering Og Deponering Af Affald"



For at simplificere beregningerne antages det, at den resterende mængde, som ikke genanvendes i ny stenuld, bliver deponeret. Dette vurderes at være en grov antagelse, som med fordel kan undersøges nærmere i fremtidige analyser. Omkostningen ved at aflevere et ton stenuld til deponi er på ca. 1.060 kr. pr. ton<sup>16</sup>. I markedspriser er dette 1.206 kr. pr. ton, hvilket er den pris, der anvendes i analysen.

### 1.6.3 Transport

Uanset om stenulden sendes til genanvendelse eller til anden anvendelse, bliver det transporteret til en affaldsoperatør – derfor udelades denne transportproces fra analysen. Som beskrevet ovenfor, tager analysen kun udgangspunkt i at genanvende stenulden i ny stenuld og at deponere det. I forbindelse med genanvendelse af brugt stenuld i produktionen af ny stenuld, erstatter brugt stenuld jomfrueligt sten 1:1 i produktionen.

Transportafstanden til deponi antages at være 30 km på baggrund af en oversigt over antallet af deponeringsanlæg i Danmark.<sup>17</sup>

Da RGS Nordic og Rockwool er de primære aktører forbundet med genanvendelse af stenuld i ny stenuld vil analysen tage udgangspunkt i transportafstanden mellem disse. Først og fremmest skal det brugte stenuld transporteres til RGS Nordic i Kolding, hvor stenulden renses og granuleres. Afstanden hertil estimeres at være ca. 150 km. Denne afstand er estimeret ved først at bruge byggeaktiviteten i hver region som proxy for nedrivningsaktiviteten i hver region (Tabel 0-6). Herefter er afstanden fra den største by i hver region til Kolding vægtet med regionens andel af den samlede nedrivningsaktivitet.

Når stenulden er blevet rensat og granuleret i Kolding, sendes det til Rockwools fabrik i Øster Doense – denne afstand er 172 km. Samlet set anvendes derfor en afstand på 322 km, som vægtes med andelen af genanvendt stenuld i hvert analysescenarie.

I alternativscenariet genanvendes en større mængde stenuld, hvilket vil sige, at der er en besparelse i forhold til transport af jomfruelige sten til produktionen. Det har af konkurrencemæssige hensyn ikke været muligt at afdække, hvor Rockwool modtager sten fra til produktionen af ny stenuld. Det antages derfor i analysen, at Rockwool modtager diabassten fra det nærmeste store stenbrud, hvilket er i Häggshult i Sverige. Da Rockwool også har en fabrik i Vamdrup, anvendes den gennemsnitlige afstand fra Häggshult til hhv. Øster Doense og Vamdrup, hvilket er 450 km. Dette indgår som en besparelse i alternativscenariet vægtet efter andelen af stenuld, som ikke blev genanvendt i basisscenariet.

Transportafstandene vises i tabellen nedenfor.

**Tabel 0-8 Transportafstande til stenuld (km)**

|                                     | Basisscenarie | Alternativscenarie |
|-------------------------------------|---------------|--------------------|
| Afstand til genanvendelse           | 322           | 322                |
| Afstand til deponi                  | 30            | 30                 |
| Undgået afstand af sten fra Sverige |               | 450                |

Kilde: Rambøll

<sup>16</sup> Takster fra AV Miljø's hjemmeside, 2020. Indeholder afgift på 475 kr. pr. ton.

<sup>17</sup> Dansk Affaldsforening (2016): "BEATE Benchmarking af affaldssektoren 2016"

## 1.7 Beton – processer som indgår i den samfundsøkonomiske analyse

Analysen af beton indeholder som beskrevet i hovedrapporten et basisscenarie med den primære praksis i dag, som er nedknusning af betonaffaldet samt et alternativt scenarie, som analyserer potentialet for at lade en betonkonstruktion stå og dermed genbruge den.

### 1.7.1 Nedrivning

I begge scenarier indgår nedrivningsomkostninger, da udgangspunktet er, at der står en bygning, som enten rives ned eller genbruges.

I basisscenariet er det hele bygningen, der skal nedbrydes. På baggrund af interview ved vi, at nedbrydningsomkostningen er på 1.000 kr. m<sup>2</sup> bygning. Derudover tager beregningerne udgangspunkt i tre byggerityper (familiehus, boligbyggeri og kontorbyggeri), da nedrivningsomkostningen er en pris pr. areal. Denne er derefter beregnet pr. ton beton i det enkelte byggeri (Tabel 0-9).

**Tabel 0-9 Total nedrivningsomkostning for byggerityper i basisscenarie (2020-priser)**

|  | Familiehus | Boligbyggeri | Kontorbyggeri |
|--|------------|--------------|---------------|
| <i>Størrelse (m<sup>2</sup>)</i>             | 210        | 1.375        | 1.232         |
| <i>Betonmængde (tons)</i>                    | 135        | 1.639        | 1.236         |
| <i>Totale nedrivningsomkostninger</i>        | 210.000    | 1.375.000    | 1.232.000     |
| <i>Nedrivningsomkostninger pr. ton beton</i> | 1.554      | 839          | 997           |

Kilde: Rambøll

For at finde et gennemsnit for ovenstående nedrivningsomkostninger tager analysen udgangspunkt i de tre byggeritypers andel ud af deres totale bygningsmasse. På baggrund af data fra Danmarks Statistik udgør familiehuset 43 pct., boligbyggeriet 38 pct. og kontorbyggeriet 18 pct. ud af den samlede bygningsmasse<sup>18</sup>. Det giver derfor en vægtet nedrivningsomkostning på 1.426 kr. pr. ton beton, som anvendes i basisscenariet.

I alternativscenariet bliver de bærende betonelementer stående, og alt andet skal derfor nedbrydes. Derudover vil der realistisk set være behov for, at konstruktionen skal renses for skruer og andet, der har siddet deri – dette har også en omkostning. Analysen tager udgangspunkt i beregninger fra LCC-analysen i afsnit 1.9.1.2. Tabellen nedenfor viser beregningerne.

**Tabel 0-10 Nedrivningsomkostninger for byggerityper i alternativscenarie (2020-priser)**

|  | Familiehus | Boligbyggeri | Kontorbyggeri |
|--|------------|--------------|---------------|
| <i>Total nedrivningsomkostning (kr.)</i>       | 381.197    | 1.114.981    | 1.028.567     |
| <i>Betonmængde (tons)</i>                      | 135        | 1.639        | 1.236         |
| <i>Nedrivningsomkostninger (kr./ton beton)</i> | 2.821      | 680          | 832           |

Kilde: Rambøll

<sup>18</sup> Tallene for de tre byggerityper er repræsentative for 56 pct. af den totale bygningsmasse.

Nedrivningsomkostningerne er på samme måde som for basisscenariet vægtet efter byggeritypernes andel ud af bygningsmassen. Det giver en gennemsnitlig nedrivningsomkostning på 1.631 kr. pr. ton beton.

### 1.7.2 Nedknusning af betonaffald

Efter nedbrydningen af betonen i basisscenariet nedknuses det, da det er den primære håndtering af affaldet i dag. Analysen anvender de samme omkostninger som ved knusning af tagstenene beskrevet i afsnit 1.5.2. Derfor indregnes en omkostning på 115 kr. pr. ton i basisscenariet.

### 1.7.3 Udvinning af grus

Ved at genbruge betonkonstruktionen vil der være en mangel på den nedknuste beton, og der skal i stedet udvindes grus. Omkostningen til det er den samme som scenariet for tagsten, hvilket udgør 88 kr. pr. ton.

### 1.7.4 Produktion af beton

I alternativscenariet genbruges de bærende betonelementer til en ny bygning. Hvis ikke de bærende betonelementer blev stående, skulle der produceres ny beton til den nye bygning. Derfor er der en gevinst i dette scenarie i form af undgået produktion af ny beton.

På grund af konkurrencemæssige hensyn har vi ikke kunnet få adgang til data vedrørende produktionsomkostninger på beton. Derfor har vi estimeret denne omkostning. Det har vi gjort på baggrund af salgspriser fra Ökobau-databasen, som anvendes i LCC-beregningerne. Tabellen nedenfor viser de respektive salgspriser for betonen til byggerityperne.

**Tabel 0-11 Salgspris for beton til byggerityper (2020-priser)**

|                     | Familiehus | Boligbyggeri | Kontorbyggeri |
|---------------------|------------|--------------|---------------|
| Salgspris (kr./ton) | 2.044      | 2.098        | 2.107         |

Kilde: Rambøll

De ovenstående priser er vægtet på samme måde som i afsnit 1.7.1. Det vil sige, at de er vægtet efter byggeritypernes respektive andele ud af denne bygningsmasse. Det giver en vægtet salgspris på 2.076 kr. pr. ton.

Til den samfundsøkonomiske analyse skal vi dog bruge omkostninger og ikke salgspriser. Derfor anvender vi en gennemsnitlig fortjeneste for betonbranchen fra Danmarks Statistik<sup>19</sup>, som er estimeret til at være 34 pct. Fortjenesten trækkes fra salgsprisen, og vi får en produktionsomkostning på 1.549 kr. pr. ton<sup>20</sup>.

### 1.7.5 Transport

I basisscenariet bliver det nedrevne beton transporteret fra byggepladsen til en affaldsoperatør, som tager sig af knusningen. Her anvendes den samme transportafstand som i analysescenariet for tagsten; 30 km. I alternativscenariet undgås denne transport, da betonkonstruktionen bliver stående.

Når betonen genbruges, skal der tilliggende udvindes grus, da betonen ellers ville være blevet knust og brugt som vejfyld m.m. Transporten til dette antages dog at gå ud med den transport, der indgår i basisscenariet ved produktionen af ny beton. Derfor medtages dette ikke i analysen.

<sup>19</sup> Danmarks Statistik (2020): tabelnumre REGN1 og FIKS33

<sup>20</sup> 2.076 kr. pr. ton - (2.044 kr. per tons \* (-1/1,34+1)) = 1.549 kr. pr. ton

## 1.8 Interimstræ – processer som indgår i den samfundsøkonomiske analyse

Som beskrevet tidligere vil analysescenariet for materialefraktionen træ analysere potentialet for at opskalere genbrug af interimstræ på byggepladsen.

### 1.8.1 Produktion af træ

I basisscenariet produceres 50.000 tons træ. Da det ikke har været muligt at få indblik i produktionsomkostningerne for træet, tager analysen udgangspunkt i gennemsnitlige salgspriser, som er brugt i LCC-analysen, samt den gennemsnitlige fortjeneste for træindustrien fra Danmarks Statistik<sup>21</sup>. Den gennemsnitlige fortjeneste er dermed trukket fra den gennemsnitlige salgspris, hvorved produktionsomkostningen estimeres.

Den gennemsnitlig salgspris er omkring 7.000 kr. pr. ton, og den gennemsnitlig fortjeneste for træindustrien er på 28 pct. jf. Danmarks Statistik. Analysen anvender derfor en gennemsnitlig produktionsomkostning på 5.469 kr. pr. ton<sup>22</sup>.

### 1.8.2 Nedrivning

Som beskrevet tidligere nedrives træet først og fremmest på byggepladsen efter brug. Her antages, at 50 pct. frasorteres og sendes til forbrænding, mens den anden halvdel sendes til genbrug. Det antages, at der ikke er ekstraomkostninger ved at nedrive træet i genbrug på byggepladsen. Der er dog en samfundsøkonomisk omkostning ved at indlevere træaffaldet til en affaldsoperatør. Dette estimeres til at være 1.000 kr. pr. ton på baggrund af interview. Derfor indregnes 1.000 kr. pr. ton i basisscenariet, mens denne post kun udgør 660 kr. pr. ton i alternativscenariet, da kun 66 pct. sendes til en affaldsoperatør.

### 1.8.3 Genbrug af træ

I alternativscenariet skal der også indregnes en omkostning ved at rense og sortere træet, når det leveres tilbage til grossisten. På baggrund af interview tager det 5 timer at rense og sortere 1 ton træ. Ved at anvende en gennemsnitlig timeløn for branchen fra Danmarks Statistik<sup>23</sup>, giver det en omkostning på 1.436 kr. pr. ton<sup>24</sup>. Eftersom kun halvdelen af et ton leveres til genbrug, anvendes halvdelen af denne omkostning i analysen: 718 kr. pr. ton.

### 1.8.4 Transport

Når træet nedrives på byggepladsen, skal det enten leveres til en affaldsoperatør eller til genbrug hos en grossist (i dette tilfælde hos STARK). Afstanden til en affaldsoperatør antages at være 30 km ligesom for analysen af tagsten, som er antaget på baggrund af en rapport fra Miljøstyrelsen<sup>25</sup>. Det antages, at afstanden er den samme, hvis træet skal afleveres til genbrug.

I alternativscenariet er der en besparelse på 34 pct. af nyproduktionen af træ, hvilket også giver en besparelse i forbindelse med transporten af det nye træ. Jf. interview produceres de anvendte træmaterialer primært i Sverige. Det antages, at træet transporteres fra den sydlige nåleskov i Sverige, hvilket svarer til en besparelse på 400 km. De 400 km indregnes derfor som en besparelse i alternativscenariet vedr. transportomkostninger. I forhold til eksterne effekter (miljø og lokale transporteffekter) tager analysen kun højde for en besparelse på 50 km, da denne afstand antages at foregå i Danmark. Resten finder sted i Sverige og inddrages derfor ikke.

<sup>21</sup> Danmarks Statistik (2020): tabelnumre REGN1 og FIKS33

<sup>22</sup>  $7.000 \text{ kr. pr. ton} - (7.000 * (-1/1,28+1)) = 5.469 \text{ kr. pr. ton}$

<sup>23</sup> Danmarks Statistik (2020): tabelnumre REGN1 og FIKS33

<sup>24</sup>  $5 \text{ timer} * 287 \text{ kr. pr. time} = 1.436 \text{ kr. pr. ton}$

<sup>25</sup> Miljøstyrelsen (2016): "Samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten", miljøprojekt nr. 1904.



## BILAG C: TOTALØKONOMISK ANALYSE PÅ MATERIALENIVEAU OG FØLSOMHEDSANALYSER

I dette bilag præsenteres resultaterne af LCC-analysen på materialeniveau for de tre byggerityper. De anvendte data og materialepriser præsenteres løbende. Bilaget indeholder desuden resultater af en række følsomhedsanalyser ved ændring i de anvendte materialepriser.

### 1.9 Typehus

#### 1.9.1 Resultater for totaløkonomisk analyse på materialeniveau

I dette afsnit vises og beskrives LCC-beregningen på materialeniveau for tegl og beton i et typisk typehus. Der er ikke foretaget LCC-beregninger for stenuld, da prisen på stenuld ikke afhænger af genanvendelsesprocenten. LCC-beregningerne på materialeniveau kan være behjælpelig i spørgsmålet om nybyg kontra renovering, eller i konkrete tilfælde hvor der skal renoveres dele af et tag, beton etc.

##### 1.9.1.1 Tegltag

De fleste typehuse opbygges typisk med et sadeltag, fladt tag eller skråt tag. Brugen af genbrugstegl til taget vil derfor være anvendeligt både til renovering og til nybyg. Der blev i mellem 1960 og 1980 opført 915.000 nye boliger i Danmark, hvor halvdelen var parcelhuse typisk med sadeltag og tagsten.<sup>26</sup>

Der er derfor foretaget en beregning på materialeniveau, der giver prisforskellene mellem nyt tegl og genbrugstegl for denne bygningstype og størrelse.

Følgende forudsætninger ligger til grund for beregningen:

- Tagareal areal: 210 m<sup>2</sup>
- Vingetegl: 14,6 stk./m<sup>2</sup>
- Beregningsperiode 50 år
- Kalkulationsrente 5 %, real rente med faste priser.
- Levetid: 50 år
- Vedligeholdelsesprocent pr. år: 1%
- Genopretningsprocent: 125%

Resultaterne af analysen fremgår af nedenstående tabel.

**Tabel 0-1 Resultater af brug af ny tegl og genbrugstegl til typehusbyggeri**

|   | Ny tegl<br>Røde vingetagsten | Genbrugstegl<br>Røde vingetagsten |
|---|------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Enhedspris [kr./stk.]</b>                    | 19 kr. (inkl. Arbejds løn) * | 26 kr. (inkl. Arbejds løn) *      |
| <b>Enhedspris [kr./m<sup>2</sup>]</b>           | 276                          | 375                               |
| <b>Levetid [år]</b>                             | 50                           | 50                                |
| <b>Total anskaffelsespris [kr.]</b>             | 57.855                       | 78.645                            |
| <b>Total Drift &amp; Vedligehold pris [kr.]</b> | 29.932                       | 28.715                            |
| <b>Nutidsværdi [kr.]</b>                        | <b>87.787</b>                | <b>107.360</b>                    |

\*Arbejds løn estimeret fra MOLIO Prisdata, ca. 403 kr./time ekskl. moms. Timeforbrug: 44 timer.

<sup>26</sup> Hækken: Det danske parcelhus i lyst og nød, Arkitektens forlag, 1996 samt Tag over hovedet, Arkitektens forlag 1984.

I Molio regnes der med en stykpris på 19 kr., hvoraf arbejdstimerne forbundet med taglægningen udgør de 6 kr. Interviews med forarbejdningsevne viser, at genbrugstegl koster ca. 20 kr. i købspris, hvilket indeholder nedtagning, forarbejdning og pakning til pålægning. Dertil skal lægges arbejdstimer for taglægningen, hvorfor prisen for genbrugstegl er estimeret til 26 kr. pr. styk inkl. arbejdstimer. Det antages også, at levetiden samt vedligeholdelsesprocenten er den samme som nye for tag-teglsten. Dette er baseret på tidligere studier, som viser, at brugte tagsten i de fleste tilfælde stadig har en meget lang levetid, når de nedtages. Center for Bygningsbevaring (2012) vurderer f.eks., at levetiden for tagsten kan være helt op til 300 år.<sup>27</sup> Da dette langt overstiger analyseperioden i nærværende LCC-analyse, så antager vi samme levetid for nye såvel som brugte tagsten.

### 1.9.1.2 Beton

Det fiktive typehus er et klassisk typehusbyggeri med linjefundament, terrændækket og vægelementer i beton. Disse elementer (råhuset) har mulighed for at blive bevaret, hvis en ny ejer af huset kun ønsker at forny de øvrige elementer i huset. Ved bevaringen af et råhus, skal der energirenoveres, altså efterisoleres og laves forebyggende arbejde, så det kan opfylde energikrav til renovering.

Vægge og tag kan efterisoleres udad, mens det er mest oplagt at nedbryde og opbygge terrændæksopbygningen. Der kan dog i visse tilfælde for almindelige parcelhuse søges dispensation herfor. Hvis der søges dispensation og en ny terrændæksopbygning kan undgås, skal der regnes med et større energiforbrug til at dække den mængde varme, der strømmer ud igennem linjetabet og varmetabet i hhv. fundamenter og terrændæk.

Prisen for bevaringen af råhuset inkluderer nedrivningsomkostninger af alt undtagen råhuset. Derudover er omkostningen for etableringen af en ny terrændæksopbygning inkluderet i denne pris.

Følgende forudsætninger ligger til grund for beregningen

- Beregningsperiode er 50 år
- Kalkulationsrente 5 %, real rente med faste priser
- Eksisterende terrændæksopbygning nedbrydes og retableres i overensstemmelse med energikrav for BR18's renoveringsklasse 2
- Der er estimeret en mængde på 56,3 m<sup>3</sup> beton i et typehus
- Betonelementerne har forskellige enhedspriser, som indhentet fra MOLIO Prisdata

Enhedsprisen for bevaringen af et råhus med ny terrændæksopbygning er på 6.773 kr./m<sup>3</sup> beton. Denne pris baserer sig på nedbrydningsprisen for en bygning ekskl. råhuset + nedbrydningsprisen for terrændæksopbygningen og klargøringen til ny terrændæksopbygning.

Følgende elementer indgår i enhedsprisen for bevaringen af et råhus.

- Nedbrydning af bygning: 1000 kr./m<sup>2</sup>
- Nedbrydning af beton råhus: 600 kr./m<sup>3</sup>
- Reparations- og forebyggende arbejder: 50 kr./m<sup>2</sup> beton overflader
- Nedbrydning af terrændæksopbygning: 552 kr./m<sup>2</sup>
- Klargøring til ny terrændæksopbygning: 550 kr./m<sup>2</sup>

Enhedsprisen for bevaringen af et råhus uden ny terrændæksopbygning er på 3.278 kr./m<sup>3</sup> beton. I LCC-beregningen for hele bygningen, vil der medtages et højere energiforbrug for scenariet, da der ikke etableres en ny terrændæksopbygning. De andre bygningsdele vil stadig opfylde energikravene i BR 18's renoveringsklasse 2.

<sup>27</sup> Søren Vadstrup, Center for Bygningsbevaring i RAADVAD (2012): Genbrug og genoplægning af gamle teglsten

Denne pris baserer sig på nedbrydningsprisen for en bygning ekskl. råhuset.

Resultaterne af analysen fremgår af nedenstående tabel.

**Table 0-2 Resultater genbrug af beton i typehuse**

|   | Nyt beton<br>råhus | Genbrug af beton<br>råhus m. ny<br>terrændæksopbygning | Genbrug af beton<br>råhus u. ny<br>terrændæksopbygning |
|---|--------------------|--|--|
| <b>Enhedspris [kr./m<sup>3</sup>]<br/>(inkl. arbejds løn)</b> | 4.905              | 6773   | 3.278  |
| <b>Levetid [år]</b>   | 120 år             | 120 år   | 120 år   |
| <b>Total D&amp;V pris [kr.]</b>                               | 50.415             | 69.242   | 33.690   |
| <b>Total<br/>anskaffelsespris<br/>[kr.]</b>                   | 276.082            | 379.282  | 184.540  |
| <b>Nutidsværdi [kr.]</b>                                      | <b>326.572</b>     | <b>448.524</b>   | <b>218.230</b>   |

### 1.9.2 Resultater for følsomhedsanalyse

Der er foretaget nogle følsomhedsanalyser på priserne for genbrug af materialerne. Baggrunden for følsomhedsanalyserne ligger i usikkerheden omkring prisestimerne for f.eks. genbrugstegl til tag og nedbrydningspriser for beton. Afhængigt af projektets størrelse og anlægssum, kan det have indflydelse, hvis priser og procedure for genbrug er forskellig fra leverandør til leverandør.

Der regnet med følgende prisudsving:

#### Tegl tagsten

- +50%/-50%
  - Prisudsvinget afspejler den usikkerhed der ligger i genbrugsprisen for en tegl tagsten, da den afhænger af det nedtagne materiales tilstand og resterende levetid, som muligvis kræver noget overfladebehandling.
  - Det er oplyst fra en virksomhed, som forarbejder og videresælger brugte teglsten, at prisen kan variere fra 4-50 kr. pr. styk. Derfor undersøges resultaternes følsomhed ved ændring af den i hovedanalysen anvendte pris (20 kr. pr. styk) med +50% og -50%.

#### Beton

- +15%/-15%
  - Prisudsvinget afspejler den usikkerhed der ligger i nedbrydningsprisen samt behandlingsprisen for et byggeri. Nedbrydningsprisen er en enhedspris på bygningsbasis, uden hensyntagen til kompleksitet, typer af beton og størrelser af betonelementer. Da vi antager at differencen mellem nedbrydningsprisen for en bygning og nedbrydningsprisen for et råhus er lig bevaringsprisen for et råhus, undersøges denne for prisudsving. Nedbrydningsprisen samt klargøringsprisen for ny terrændæksopbygning er fast.

Tabel 0-3: Følsomhedsanalyse på typehus, nutidsværdi i kr.

| Scenarie                 | U.<br>Genbrugsmate<br>rialer | M. Alle<br>genbrugsmate<br>rialer<br>(+reeterblerin<br>g) | M.<br>Genbrug<br>af råhus<br>(+reeterable<br>ring) | M.<br>Genbrug<br>af råhus<br>(-<br>reeterbleri<br>ng) | M.<br>Genbrugst<br>egl til tag |
|--------------------------|------------------------------|---|--|---|--------------------------------|
| <b>Beton - 15%</b>       | 4.470.725                    | 4.206.025   | 4.177.725  | 4.107.446   | 4.499.216                      |
| <b>Beton + 15%</b>       | 4.470.725                    | 4.236.504   | 4.208.193  | 4.137.912   | 4.499.216                      |
| <b>Tegltagsten - 50%</b> | 4.470.725                    | 4.179.422   | 4.192.959  | 4.122.682   | 4.457.373                      |
| <b>Tegltagsten +50%</b>  | 4.470.725                    | 4.263.131   | 4.192.959  | 4.122.682   | 4.541.082                      |

Følsomhedsanalysen viser, at:

- Genbrug af råhuset med eller uden reeterablering af terrændæksopbygning er billigere end scenariet med nybyg (u.genbrugsmaterialer)
- Scenariet med genbrugstegl, beton samt reeterablering af terrændæksopbygningen er et billigere alternativ, trods de forskellige prisjusteringer på tegl og beton.
- Genbrugstegl til tag er en rentabel løsning, hvis prisen per teglsten reduceres med ca. 40-50%.



## 1.10 Boligbyggeri

### 1.10.1 Resultater for totaløkonomisk analyse på materialeniveau

I dette afsnit vises og beskrives LCC-beregningen på materialeniveau for tegltag, beton og interimstræ i et typisk boligbyggeri. Da genanvendelsen af stenuld ikke har noget effekt på prisen på ny stenuld er disse ikke medtaget i beregningen.

#### 1.10.1.1 Tegltag

I LCC-beregningen på bygningsniveau er der ikke set på scenariet med udskiftning af tegltag med genbrugstegl. Nyere boligbyggeri ses ofte med fladt tag. Vi har i stedet undersøgt konsekvenserne ved at genbruge tegl i et renoveringsprojekt, såsom almene boliger fra 1950 og 1960'erne.

Følgende forudsætninger ligger til grund for beregningen:

- Tagareal areal: 275 m<sup>2</sup>
- Vingetegl: 14,6 stk./m<sup>2</sup>
- Beregningsperiode 50 år
- Kalkulationsrente 5 %, real rente med faste priser.
- Levetid: 60 år
- Vedligeholdelsesprocent pr. år: 1%
- Genopretningsprocent: 125%

Resultaterne af analysen fremgår af nedenstående tabel.

**Tabel 0-4 Resultater af brug af ny tegl og genbrugstegl til typehusbyggeri**

|                                       | Ny tegl<br>Røde vingetagsten   | Genbrugstegl<br>Røde vingetagsten |
|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Enhedspris [kr./stk.]</b>          | 18,7 kr. (inkl. Arbejds løn) * | 25,5 kr. (inkl. Arbejds løn) *    |
| <b>Enhedspris [kr./m<sup>2</sup>]</b> | 268                            | 371                               |
| <b>Levetid [år]</b>                   | 50                             | 50                                |
| <b>Total anskaffelsespris [kr.]</b>   | 73.700                         | 102.058                           |
| <b>Total D&amp;V pris [kr.]</b>       | 26.909                         | 37.261                            |
| <b>Nutidsværdi [kr.]</b>              | <b>100.609</b>                 | <b>139.314</b>                    |

\*Arbejds løn estimeret fra MOLIO Prisdata, 403kr./time ekskl. moms. Timeforbrug: 55 timer.

### 1.10.1.2 Beton

I et boligbyggeri anvendes der en mængde beton til fundamenter, terrændæk, dæk og bærende vægge (råhuset). Denne mængde har mulighed for at blive bevaret, i det tilfælde en ny ejer af huset kun ønsker at forny alt andet. Ved bevaringen af et råhus, skal der energirenoveres, altså efterisoleres og laves forebyggende arbejde, så det kan opfylde de aktuelle energikrav til renovering.

Vægge, tag og dæk kan efterisoleres, mens det er mest oplagt at nedbryde og opbygge terrændæksopbygningen. Omkostningsmæssigt vil det dog være mest oplagt at bevare terrændækket og søge dispensation. Nedbrydningen af terrændæk i et boligbyggeri vil kræve nogle større arbejder end typehuset, da der skal tages ekstra hensyn til det bærende system af vægge der vil stå på terrændækket i kælderen.

I dette tilfælde regnes der derfor med et større energiforbrug til at dække den mængde varme, der strømmer ud igennem linjetabet og varmetabet i hhv. fundamenter og terrændæk.

Følgende forudsætninger ligger til grund for beregningen:

- Beregningsperiode 50 år
- Kalkulationsrente 5 %, real rente med faste priser.
- Der er estimeret en mængde på 683 m<sup>3</sup> beton i et boligbyggeri. Denne mængde er en sum af betonmængderne fra fundamenter, terrændæk, betonvægge og dækelementer.
- Betonelementerne har forskellige enhedspriser, som indhentet fra MOLIO Prisdata, hvilket giver en gennemsnitlig pris på 5.034 kr./m<sup>3</sup> beton

Enhedsprisen for bevaring af et råhus regnes uden omkostninger til en ny terrændæksopbygning, hvilket skyldes en antagelse om, at der søges om dispensation for en reetablering. En reetablering af en terrændæksopbygning i et kontorbyggeri eller for den sags skyld byggerier, hvor kælderdek møder andre bærende elementer, kræver højere omkostninger. Her tænkes der på omkostninger ift. rådgiverhonorar ifm. Projektering, omkostninger ift. midlertidige afstivninger etc.

Enhedsprisen for bevaringen af et råhus uden ny terrændæksopbygning er på 1.632kr./m<sup>3</sup> beton. Denne pris baserer sig på nedbrydningsprisen for en bygning ekskl. Råhuset. I LCC-beregningen for hele bygningen, vil der medtages et højere energiforbrug for scenarierne, hvor råhuset bevares. De andre bygningsdele vil stadig opfylde energikravene i BR 18's renoveringsklasse 2.

Resultaterne af analysen fremgår af nedenstående tabel.

**Tabel 0-5 Resultater af genbrug af beton i boligbyggeri**

|                                       | Råhus<br>Beton elementer | Genbrug af råhus<br>Beton elementer |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| <b>Enhedspris [kr./m<sup>3</sup>]</b> | 5.034                    | 1.632                               |
| <b>Levetid [år]</b>                   | 120                      | 120                                 |
| <b>Total anskaffelsespris [kr.]</b>   | 3.438.222                | 1.114.656                           |
| <b>Total D&amp;V pris [kr.]</b>       | 627.679                  | 203.491                             |
| <b>Nutidsværdi [kr.]</b>              | <b>4.065.901</b>         | <b>1.318.147</b>                    |

### 1.10.1.3 Interimstræ

Der er ikke foretaget en LCC-beregning på interimstræ, som anvendes til gelænder, faldsikring, aflukninger og støbeforskalling. I stedet har vi gennemført LCC-beregninger på en række øvrige former for interimstræ, som, STARK har oplyst, er en del af Gentræ-ordningen.

Følgende forudsætninger ligger til grund for beregning af omkostninger af interimstræ:

- Mængde af træ (baseret på tidligere projekter)
  - Støbeforskalling: ca. 2600 m
  - Brædder til faldsikring ca. 350 m
  - Klemmeliste til faldsikring og aflukninger ca. 200 m
  - Reglar til gelænder, aflukninger og faldsikring ca. 700 m
  - Høvlet reglar til gelænder, aflukninger og faldsikring ca. 550 m.
- Genopretningsprocent: 0%
- Beregningsperiode 1 år
- STARK oplyser, at brugt interimstræ sælges videre med en prisreduktion på 20 pct. sammenlignet med nyt træ.

Resultaterne af analysen fremgår af nedenstående tabel.

**Tabel 0-6 Resultater af genbrug af interimstræ i boligbyggeri**

| Interimstrætype             | Interimstræ Ny [kr./m] | Interimstræ Genbrug [kr./m] | Totalpris ny [kr.] | Totalpris Genbrug [kr.] |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|
| <b>Støbeforskallingstræ</b> | 14                     | 11                          | <b>37.146,2</b>    | <b>29.717,0</b>         |
| <b>Brædder</b>              | 9                      | 7                           | <b>3.093,8</b>     | <b>2.475,0</b>          |
| <b>Klemmelister</b>         | 6                      | 5                           | <b>1.237,5</b>     | <b>990,0</b>            |
| <b>Reglar</b>               | 14                     | 11                          | <b>9.625,0</b>     | <b>7.700,0</b>          |
| <b>Reglar (høvlet)</b>      | 22                     | 18                          | <b>12.100,0</b>    | <b>9.680,0</b>          |

### 1.10.2 Resultater for følsomhedsanalyse

Der er gennemført nogle følsomhedsanalyser på priserne for genbrugte materialer. Baggrunden for følsomhedsanalyserne ligger i usikkerheden omkring prisestimerne for f.eks. genbrugstegl til tag og nedbrydningspriser for beton. Der regnes med følgende prisudsving:

Tegl tagsten

- +50%/-50%
  - Prisudsvinget afspejler den usikkerhed der ligger i genbrugsprisen for en tegl tagsten, da den afhænger af det nedtagne materiales tilstand og resterende levetid.
  - Det er oplyst fra en teglstensproducent, at prisen kan variere fra 4-50kr., hvorfor der gennemføres følsomhedsanalyser for scenarierne +50% og -50%.

Beton

- +15%/-15%
  - Prisudsvinget afspejler den usikkerhed der ligger i nedbrydningsprisen. Nedbrydningsprisen er en enhedsprisen på bygningsbasis uden hensyntagen til kompleksitet, typer af beton og størrelser af betonelementer. Da vi antager, at differencen mellem nedbrydningsprisen for en bygning og nedbrydningsprisen for

et råhus er lig bevaringsprisen for et råhus, undersøges denne for prisudsving. Nedbrydningsprisen samt klargøringsprisen for ny terrændæksopbygning er fast.

Interimstræ

- -5%/-15%
  - Da enhedsprisen på interimstræ i forvejen er lav, grundet trækvaliteten (seksta), vil prisudsving ikke give de store ændringer. Resultaterne har dog betydning, når det skaleres op og multipliceres over flere byggeprojekterne.

Resultaterne af følsomhedsanalyserne fremgår af nedenstående tabel

**Tabel 0-7: Følsomhedsanalyse på boligbyggeri, nutidsværdi i kr.**

| Scenarie                | U. Genbrugsmaterialer | M. Alle genbrugsmaterialer | M. Genbrug af beton - u. reetablering | M. Genbrugstræ til interim | M. Genbrugstegl til tag |
|-------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>Beton - 15%</b>      | 20.578.182            | 18.734.111                 | 18.710.319                            | 20.563.234                 | 20.616.922              |
| <b>Beton + 15%</b>      | 20.578.182            | 19.086.747                 | 19.062.956                            | 20.563.234                 | 20.616.922              |
| <b>Tegltagsten -50%</b> | 20.578.182            | 18.855.618                 | 18.886.637                            | 20.563.234                 | 20.562.111              |
| <b>Tegltagsten +50%</b> | 20.578.182            | 18.965.237                 | 18.886.637                            | 20.563.234                 | 20.671.730              |
| <b>Interimstræ - 5%</b> | 20.578.182            | 18.907.439                 | 18.886.637                            | 20.560.244                 | 20.616.922              |
| <b>Interimstræ -15%</b> | 20.578.182            | 18.901.460                 | 18.886.637                            | 20.554.265                 | 20.616.922              |

Note: For scenarierne 'Med alle genbrugsmaterialer' og med 'Genbrug af beton, uden reetablering' regnes der med et energiforbrug som er 3 gange højere end nybyg scenariet.

Følsomhedsanalysen viser blandt andet at:

- Genbrug af råhuset uden reetablering af terrændæksopbygning er billigere end scenariet med nybyg (u.genbrugsmaterialer) trods prisjustering på +15%.
- Genbrugstegl til tag er en rentabel løsning, hvis prisen per teglstens reduceres med ca. 40-50%.

## 1.11 Kontorbyggeri

### 1.11.1 Resultater af totaløkonomisk analyse på materialeniveau

I dette afsnit vises og beskrives LCC beregningen på materialeniveau for tagsten, beton og interimstræ i et typisk kontorbyggeri. Da genanvendelsen af stenuld ikke har noget effekt på prisen på ny stenuld er disse ikke medtaget i beregningen.

#### 1.11.1.1 Tegltag

Der er foretaget en LCC-beregning af genbrugsteglsten til tag for at redegøre for prisforskellene i anskaffelse, nutidsværdi og driftsomkostninger. De nedenstående priser baserer sig på et fiktivt tagareal, men der er mulighed for at anvende enhedspriserne kr./m<sup>2</sup>, til andre scenarier med større eller mindre areal, da arbejds lønnen er den samme for montering af nye tagsten og gamle tagsten.

Følgende forudsætninger ligger til grund for beregningen:

- Tagareal areal: 308 m<sup>2</sup>
- Vingetegl: 14,6 stk./m<sup>2</sup>
- Beregningsperiode 50 år
- Kalkulationsrente 5 %, real rente med faste priser

Resultaterne af analysen fremgår af nedenstående tabel.

**Tabel 0-8 Resultater af genbrug af tegltag i kontorbyggeri**

|                                       | <b>Ny tegl<br/>Røde vingetagsten</b> | <b>Genbrugstegl<br/>Røde vingetagsten</b> |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| <b>Enhedspris [kr./stk.]</b>          | 19 kr. (inkl. Arbejds løn) *         | 26 kr. (inkl. Arbejds løn) *              |
| <b>Enhedspris [kr./m<sup>2</sup>]</b> | 268                                  | 372                                       |
| <b>Levetid [år]</b>                   | 50                                   | 50  |
| <b>Total anskaffelsespris [kr.]</b>   | 82.667                               | 114.422                                   |
| <b>Total D&amp;V pris [kr.]</b>       | 30.183                               | 41.778                                    |
| <b>Nutidsværdi [kr.]</b>              | <b>112.851</b>                       | <b>156.200</b>                            |

\*Arbejds løn estimeret fra MOLIO Prisdata, 403 kr./time ekskl. moms. Timeforbrug: 61 timer.

### 1.11.1.2 Beton

Det fiktive kontorbyggeri differentierer sig fra boligbyggeriet ved, at det står på pælefundering samt har en søjle – bjælke opbygning indvendigt. Denne opbygning er valgt for at give et repræsentativt billede af nye små/mellemstore kontorbygninger samt eksisterende kontorbygninger eller industribygninger, der kan renoveres til nye funktioner.

Ved bevaringen af et råhus skal der energirenoveres, altså efterisoleres og laves forebyggende arbejde, så det kan opfylde de aktuelle energikrav til renovering. Råhuset defineres i dette tilfælde som værende fundamenter, terrændæk, betonvægge, bjælker og søjler samt huldæk.

Vægge, tag og dæk kan efterisoleres, mens det er mest oplagt at nedbryde og opbygge terrændæksopbygningen. Omkostningsmæssigt vil det dog være mest oplagt at bevare terrændækket og søge dispensation. Nedbrydningen af terrændæk i et eksisterende kontorbyggeri vil kræve nogle større arbejder end typehuset, da der skal tages ekstra hensyn til det bærende system af vægge og søjlers fundamenter.

Følgende forudsætninger ligger til grund for beregningen:

- Beregningsperiode 50 år
- Kalkulationsrente 5 %, real rente med faste priser
- Der er estimeret en mængde på 515 m<sup>3</sup> beton i et kontorbyggeri. Denne mængde er en sum af betonmængderne fra fundamenter, terrændæk, betonvægge, bjælke og søjler samt dækelementer
- Enhedsprisen for bevaringen af et råhus uden ny terrændæksopbygning er på 1997 kr./m<sup>3</sup> beton. Denne pris baserer sig på nedbrydningsprisen for en bygning ekskl. Råhuset.
- I LCC-beregningen for hele bygningen, vil der medtages et højere energiforbrug for scenarierne, hvor råhuset bevares. De andre bygningsdele vil stadig opfylde energikravene i BR 18's renoveringsklasse 2

Resultaterne af analysen fremgår af nedenstående tabel.

**Tabel 0-9 Resultater af genbrug af beton i kontorbyggeri**

|   | Råhus<br>Beton elementer | Genbrug af råhus<br>Beton elementer |
|---|--------------------------|-------------------------------------|
| <b>Enhedspris [kr/m<sup>3</sup>]<br/>(inkl. arbejdsløn)</b> | 5058                     | 1997                                |
| <b>Levetid [år]</b>   | 120                      | 120                                 |
| <b>Total anskaffelsespris [kr]</b>                          | 2.604.716                | 1.028.301                           |
| <b>Total D&amp;V pris [kr]</b>                              | 475.515                  | 187.726                             |
| <b>Nutidsværdi [kr]</b>                                     | <b>3.080.230</b>         | <b>1.216.026</b>                    |

### 1.11.1.3 Interimstræ

Der er ikke foretaget en LCC-beregning på interimstræ, som anvendes til gelænder, faldsikring, aflukninger og støbeforskalling. I stedet har vi gennemført LCC-beregninger på en række øvrige former for interimstræ.

Følgende forudsætninger ligger til grund for beregningen

- Mængde af træ (baseret på tidligere projekter)
  - Støbeforskalling: ca. 460 m
  - Brædder til faldsikring ca. 300 m
  - Klemmeliste til faldsikring og aflukninger ca. 180 m
  - Reglar til gelænder, aflukninger og faldsikring ca. 600 m



- Høvlet reglar til gelænder, aflukninger og faldsikring ca. 250 m.
- Beregningsperiode 1 år
- Genopretningsprocent: 0%
- STARK oplyser, at brugt interimstræ sælges videre med en prisreduktion på 20 pct. sammenlignet med nyt træ.

Resultaterne af analysen fremgår af nedenstående tabel.

**Tabel 0-10 Resultater af genbrug af interimstræ i kontorbyggeri**

|                             | Interrimstræ<br>Ny [kr/m] | Interrimstræ<br>Genbrug [kr/m] |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| <b>Støbeforskallingstræ</b> | 14                        | 11                             |
| <b>Brædder</b>              | 9                         | 7                              |
| <b>Klemmelister</b>         | 6                         | 5                              |
| <b>Reglar</b>               | 14                        | 11                             |
| <b>Reglar (høvlet)</b>      | 22                        | 18                             |

### 1.11.2 Resultater for følsomhedsanalyse

Der er gennemført nogle følsomhedsanalyser på priserne for genbrug af materialerne. Baggrunden for følsomhedsanalyserne ligger i usikkerheden omkring prisestimerne for f.eks. genbrugstegl til tag og nedbrydningspriser for beton. Afhængigt af projektets størrelse og anlægssum, kan det derfor have indflydelse, hvis priser og procedure for genbrug er forskellig fra leverandør til leverandør.

Tegl tagsten

- +50%/-50%
  - Prisudsvinget afspejler den usikkerhed der ligger i genbrugsprisen for en tegl tagsten, da den afhænger af det nedtagne materiales tilstand og resterende levetid, som muligvis kræver noget overfladebehandling.
  - Det er oplyst fra en teglstensproducent, at prisen kan variere fra 4-50kr., hvorfor scenarierne +50% og -50% undersøges.

Beton

- +15%/-15%
  - Prisudsvinget afspejler den usikkerhed der ligger i nedbrydningsprisen. Nedbrydningsprisen er en enhedsprisen på bygningsbasis, uden hensyntagen til kompleksitet, typer af beton og størrelser af betonelementer. Da vi antager, at differencen mellem nedbrydningsprisen for en bygning og nedbrydningsprisen for et råhus er lig bevaringsprisen for et råhus, undersøges denne for prisudsving. Nedbrydningsprisen samt klargøringsprisen for ny terrændæksopbygning er fast.

Interimstræ

- - 5%/-15%
  - Da enhedsprisen på interimstræ i forvejen er lav, grundet trækvaliteten (seksta), vil prisudsving ikke give de store ændringer.

Resultaterne af følsomhedsanalyserne fremgår af nedenstående tabel

Tabel 0-11: Følsomhedsanalyse på kontorbyggeri, nutidsværdi i kr.

| Scenarie                | Uden genbrugsmaterialer | Med alle genbrugsmaterialer | Med genbrug af beton | Med brug af genbrugs tegltagsten | Med brug af genbrugsinterim |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| <b>Beton -15%</b>       | 24.709.886              | 23.522.303                  | 23.490.369           | 24.838.437                       | 24.703.782                  |
| <b>Beton +15%</b>       | 24.709.886              | 23.879.943                  | 23.848.009           | 24.838.437                       | 24.703.782                  |
| <b>Tegltagsten -50%</b> | 24.709.886              | 23.647.945                  | 23.668.988           | 24.785.259                       | 24.703.782                  |
| <b>Tegltagsten +50%</b> | 24.709.886              | 23.754.300                  | 23.668.988           | 24.891.614                       | 24.703.782                  |
| <b>Interimstræ - 5%</b> | 24.709.886              | 23.699.970                  | 23.668.988           | 24.838.437                       | 24.702.629                  |
| <b>Interimstræ -15%</b> | 24.709.886              | 23.697.663                  | 23.668.988           | 24.838.437                       | 24.700.323                  |

Note: For scenarierne; Med alle genbrugsmaterialer og med genbrug af beton, uden reetablering, regnes der med et energiforbrug som er 3 gange højere end nybyg scenariet.

Følsomhedsanalysen viser blandt andet at:

- Genbrug af råhuset uden reetablering af terrændæksopbygning er billigere end scenariet med nybyg (u.genbrugsmaterialer) trods prisjustering på +15%. Ca. 900.000 over beregningsperioden på 50 år.
- Genbrugstegl til tag, ifbm. er en rentabel løsning, hvis prisen per teglstens reduceres med ca. 40-50%.

## BILAG D: DETALJEREDE RESULTATER OG YDERLIGERE FØLSOMHEDSBEREGNINGER FRA DEN SAMFUNDSØKONOMISKE ANALYSE

Dette bilag viser detaljerede resultaterne fra den samfundsøkonomiske analyse samt resultaterne for de følsomhedsanalyser, som ikke er udeladt i de respektive afsnit i hovedrapporten.

### 1.12 Detaljerede samfundsøkonomiske resultater

#### 1.12.1 Tagsten

Tablet 0-1 Samfundsøkonomisk resultat for tagsten (kr./ton i 2020-priser)

|   | BASIS-<br>SCENARIO (B) | ALTERNATIV-<br>SCENARIO (A) | NETTOEFFEKT<br>(B-A) |
|---|------------------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>OMKOSTNINGER</b>                                 |                        |                             |                      |
| <b>HÅNDBEREGNINGSSOMKOSTNINGER</b>                  |                        |                             |                      |
| Nedrivning  | 1.470                  | 2.353                       | -882                 |
| Nedrivning til nedknusning                          | 1.470                  | 294                         |                      |
| Nedrivning til genbrug                              |                        | 2.059                       |                      |
| <b>Genbrug (transport, forarbejdning, lagring)*</b> |                        | 2.377                       | -2.377               |
| Nedknusning   | 115                    | 22                          | 90                   |
| Udvinding af grus                                   |                        | 72                          | -72                  |
| <b>TOTALE HÅNDBEREGNINGSSOMKOSTNINGER</b>           | <b>1.585</b>           | <b>4.824</b>                | <b>-3.242</b>        |
| <b>TRANSPORTOMKOSTNINGER</b>                        |                        |                             |                      |
| Transport fra nedrivning til nedknusning            | 49                     | 10                          | 39                   |
| <b>TOTALE TRANSPORTOMKOSTNINGER</b>                 | <b>49</b>              | <b>10</b>                   | <b>39</b>            |
| <b>GLOBALE EKSTERNE EFFEKTER</b>                    |                        |                             |                      |
| CO <sub>2</sub>                                     | 0,6                    | -77                         | 77                   |
| PM <sub>2,5</sub>                                   | 0,4                    | -4                          | 4                    |
| NO <sub>x</sub>                                     | 0,7                    | -7                          | 7                    |
| SO <sub>2</sub>                                     | 0,03                   | -5                          | 5                    |
| <b>TOTALE GLOBALE EKSTERNE EFFEKTER</b>             | <b>2</b>               | <b>-92</b>                  | <b>93</b>            |
| <b>LOKALE EKSTERNE EFFEKTER</b>                     |                        |                             |                      |
| Støj  | 0,6                    | 0,8                         | -0,2                 |
| Uheld   | 7                      | 10                          | -2                   |
| Trængsel  | 3                      | 4                           | -1                   |
| Infrastruktur                                       | 5                      | 6                           | -2                   |
| <b>TOTALE LOKALE EKSTERNE EFFEKTER</b>              | <b>15</b>              | <b>21</b>                   | <b>-5</b>            |
| <b>SKATTEFORVRIDNING</b>                            |                        |                             |                      |
| Ændring i afgiftsprovener                           |                        | -1                          | 1                    |
| <b>TOTAL SKATTEFORVRIDNING</b>                      |                        | <b>-0,1</b>                 | <b>0,1</b>           |
| <b>TOTALE OMKOSTNINGER</b>                          | <b>1.652</b>           | <b>4.762</b>                | <b>-3.110</b>        |
| <b>GEVINSTER</b>                                    |                        |                             |                      |
| Undgået produktion af tagsten                       |                        | 943                         | 943                  |
| <b>TOTALE GEVINSTER</b>                             | <b>0</b>               | <b>943</b>                  | <b>943</b>           |
| <b>NETTORESULTAT</b>                                | <b>-1.652</b>          | <b>-3.819</b>               | <b>-2.167</b>        |

Note: \*Transportomkostninger for genbrugte tegl er inkluderet i produktionsomkostningen, da det ikke har været muligt at udlede transportomkostningen fra det indsamlede data.

Kilde: Rambøll

### 1.12.2 Stenuld

Table 0-2 Samfundøkonomisk resultat for stenuld (kr./ton i 2020-priser)

|   | BASISSCENARIE | ALTERNATIVSCNARIE | NETTOEFFEKT  |
|---|---------------|-------------------|--------------|
| <b>OMKOSTNINGER</b>                     |               |                   |              |
| <b>HÅNTERINGSOMKOSTNINGER</b>           |               |                   |              |
| Genanvendelse i ny stenuld              | 81            | 212               | -131         |
| Deponi                                  |               | 121               | -121         |
| <b>TOTALE HÅNTERINGSOMKOSTNINGER</b>    | <b>81</b>     | <b>333</b>        | <b>-252</b>  |
| <b>TRANSPORTOMKOSTNINGER</b>            |               |                   |              |
| Transport til genanvendelse             | 181           | 445               | -265         |
| Transport til deponi                    | 32            | 5                 | 27           |
| <b>TOTALE TRANSPORTOMKOSTNINGER</b>     | <b>213</b>    | <b>450</b>        | <b>-237</b>  |
| <b>GLOBALE EKSTERNE EFFEKTER</b>        |               |                   |              |
| CO <sub>2</sub>                         | 2             | 2                 | 0            |
| PM <sub>2,5</sub>                       | 0,5           | 0,5               | -0,1         |
| NO <sub>x</sub>                         | 1             | 0,9               | 0            |
| SO <sub>2</sub>                         | 0,1           | 0,1               | 0            |
| <b>TOTALE GLOBALE EKSTERNE EFFEKTER</b> | <b>4</b>      | <b>4</b>          | <b>-0,03</b> |
| <b>LOKALE EKSTERNE EFFEKTER</b>         |               |                   |              |
| Støj                                    | 3             | 5                 | -3           |
| Uheld                                   | 33            | 66                | -34          |
| Trængsel                                | 12            | 23                | -12          |
| Infrastruktur                           | 20            | 41                | -21          |
| <b>TOTALE LOKALE EKSTERNE EFFEKTER</b>  | <b>67</b>     | <b>136</b>        | <b>-69</b>   |
| <b>SKATTEFORVRIDNING</b>                |               |                   |              |
| Ændring i afgiftsprovenu                |               | 254               | -254         |
| <b>TOTAL SKATTEFORVRIDNING</b>          |               | <b>25</b>         | <b>-25</b>   |
| <b>TOTALE OMKOSTNINGER</b>              | <b>364</b>    | <b>948</b>        | <b>-584</b>  |
| <b>GEVINSTER</b>                        |               |                   |              |
| Undgået omkostninger til deponi         |               | 671               | 671          |
| Undgået transport af sten fra Sverige   |               | 179               | 179          |
| <b>TOTALE GEVINSTER</b>                 |               | <b>850</b>        | <b>850</b>   |
| <b>NETTORESULTAT</b>                    | <b>-364</b>   | <b>-98</b>        | <b>266</b>   |

Kilde: Rambøll

### 1.12.3 Beton

Table 0-3 Samfundsøkonomisk resultat for beton (kr./ton i 2020-priser)

|   | BASISSCENARIO | ALTERNATIVSCENARIO | NETTOEFFEKT  |
|---|---------------|--------------------|--------------|
| <b>OMKOSTNINGER</b>                     |               |                    |              |
| <b>HÅNTERINGSOMKOSTNINGER</b>           |               |                    |              |
| Nedrivning                              | 1.176         | 1.631              | -455         |
| Nedknusning                             | 115           |                    | 115          |
| Oparbejdning af grus                    |               | 88                 | -88          |
| <b>TOTALE HÅNTERINGSOMKOSTNINGER</b>    | <b>1.291</b>  | <b>1.719</b>       | <b>-427</b>  |
| <b>TRANSPORTOMKOSTNINGER</b>            |               |                    |              |
| Fra nedrivning til knusning             | 49            |                    | 49           |
| <b>TOTALE TRANSPORTOMKOSTNINGER</b>     | <b>49</b>     |                    | <b>49</b>    |
| <b>GLOBALE EKSTERNE EFFEKTER</b>        |               |                    |              |
| CO <sub>2</sub>                         | 0,3           | -22                | 22           |
| PM <sub>2,5</sub>                       | 0,4           | -0,6               | 1            |
| NO <sub>x</sub>                         | 0,6           | -1                 | 2            |
| SO <sub>2</sub>                         | 0,02          | -1                 | 1            |
| <b>TOTALE GLOBALE EKSTERNE EFFEKTER</b> | <b>1</b>      | <b>-25</b>         | <b>26</b>    |
| <b>LOKALE EKSTERNE EFFEKTER</b>         |               |                    |              |
| Støj                                    | 0,6           | -0,6               | 1            |
| Uheld                                   | 7             | -7                 | 15           |
| Trængsel                                | 3             | -3                 | 5            |
| Infrastruktur                           | 5             | -5                 | 9            |
| <b>TOTALE LOKALE EKSTERNE EFFEKTER</b>  | <b>15</b>     | <b>-15</b>         | <b>31</b>    |
| <b>SKATTEFORVRIDNING</b>                |               |                    |              |
| Ændring i afgiftsprovener               |               | 9                  | -9           |
| <b>TOTAL SKATTEFORVRIDNING</b>          |               | <b>0,9</b>         | <b>-1</b>    |
| <b>TOTALE OMKOSTNINGER</b>              | <b>1.357</b>  | <b>1.679</b>       | <b>-323</b>  |
| <b>GEVINSTER</b>                        |               |                    |              |
| Undgået produktion af beton             |               | 1.549              | 1.549        |
| Undgået transport af betonmaterialer    |               | 49                 | 49           |
| <b>TOTALE GEVINSTER</b>                 | <b>0</b>      | <b>1.598</b>       | <b>1.598</b> |
| <b>NETTORESULTAT</b>                    | <b>-1.357</b> | <b>-81</b>         | <b>1.276</b> |

Kilde: Rambøll

### 1.12.4 Interimstræ

Tabel 0-4 Samfundøkonomisk resultat for interimstræ (kr./ton i 2020-priser)

|   | BASISSCENARIE | ALTERNATIVSCENARIE | NETTOEFFEKT  |
|---|---------------|--------------------|--------------|
| <b>OMKOSTNINGER</b>                     |               |                    |              |
| <b>HÅNTERINGSOMKOSTNINGER</b>           |               |                    |              |
| Omkostninger ved indlevering af affald  | 1.000         | 660                | 340          |
| Rensning og sortering                   |               | 718                | -718         |
| <b>TOTALE HÅNTERINGSOMKOSTNINGER</b>    | <b>1.000</b>  | <b>1.378</b>       | <b>-378</b>  |
| <b>TRANSPORTOMKOSTNINGER</b>            |               |                    |              |
| Omkostninger                            | 49            | 49                 | 0            |
| <b>TOTALE TRANSPORTOMKOSTNINGER</b>     | <b>49</b>     | <b>49</b>          | <b>0</b>     |
| <b>GLOBALE EKSTERNE EFFEKTER</b>        |               |                    |              |
| CO <sub>2</sub>                         | -679          | -692               | 13           |
| PM <sub>2,5</sub>                       | -3            | -41                | 38           |
| NO <sub>x</sub>                         | 4             | -3                 | 7            |
| SO <sub>2</sub>                         | -1            | -2                 | 1            |
| <b>TOTALE GLOBALE EKSTERNE EFFEKTER</b> | <b>-678</b>   | <b>-738</b>        | <b>60</b>    |
| <b>LOKALE EKSTERNE EFFEKTER</b>         |               |                    |              |
| Støj                                    | 0,6           | 0,3                | 0,3          |
| Uheld                                   | 7             | 3                  | 4            |
| Trængsel                                | 3             | 1                  | 2            |
| Infrastruktur                           | 5             | 2                  | 3            |
| <b>TOTALE LOKALE EKSTERNE EFFEKTER</b>  | <b>15</b>     | <b>7</b>           | <b>9</b>     |
| <b>SKATTEFORVRIDNING</b>                |               |                    |              |
| Ændring i afgiftsprovener               |               | 114                | -114         |
| <b>TOTAL SKATTEFORVRIDNING</b>          |               | <b>11</b>          | <b>-11</b>   |
| <b>TOTALE OMKOSTNINGER</b>              | <b>386</b>    | <b>706</b>         | <b>-320</b>  |
| <b>GEVINSTER</b>                        |               |                    |              |
| Undgået transport i nyproduktion        |               | 222                | 222          |
| Undgået produktion af træ               |               | 1.859              | 1.859        |
| Undgået indlevering af affald           |               | 340                | 340          |
| <b>TOTALE GEVINSTER</b>                 |               | <b>2.421</b>       | <b>2.421</b> |
| <b>NETTORESULTAT</b>                    | <b>-386</b>   | <b>1.715</b>       | <b>2.101</b> |

Kilde: Rambøll



## 1.13 Yderligere følsomhedsanalyser

### 1.13.1 Tagsten

Følgende afsnit præsenterer de følsomhedsanalyser for tagsten, som ikke er vist i hovedrapporten. Tabellen nedenfor viser, hvilke parametre vi har testet samt resultaterne af analysen. Ingen af parametrene ændrer på nettoeffekten, og derfor vurderer vi, at analysens resultater er robuste ift. ændringer i disse parametre.

Tablet 0-5 Følsomhedsanalyser for tagsten (kr./ton)

|                                    | Basisscenarie | Alternativscenarie | Nettoeffekt |
|------------------------------------|---------------|--------------------|-------------|
| <b>Enhedsprisen på grus</b>        |               |                    |             |
| <b>Hovedresultat (88 kr./ton)</b>  | -1.652        | -3.819             | -2.167      |
| <b>75 kr./ton</b>                  | -1.652        | -3.809             | -2.157      |
| <b>100 kr./ton</b>                 | -1.652        | -3.829             | -2.177      |
| <b>Prisen på nedknusning</b>       |               |                    |             |
| <b>Hovedresultat (115 kr./ton)</b> | -1.652        | -3.819             | -2.167      |
| <b>100 kr./ton</b>                 | -1.637        | -3.816             | -2.179      |
| <b>130 kr./ton</b>                 | -1.667        | -3.822             | -2.155      |
| <b>Transport til knusning</b>      |               |                    |             |
| <b>Hovedresultat (30 km)</b>       | -1.652        | -3.819             | -2.167      |
| <b>10 km</b>                       | -1.609        | -3.812             | -2.203      |
| <b>50 km</b>                       | -1.694        | -3.825             | -2.131      |
| <b>Transport til genbrug</b>       |               |                    |             |
| <b>Hovedresultat (40 km)</b>       | -1.652        | -3.819             | -2.167      |
| <b>20 km</b>                       | -1.652        | -3.809             | -2.157      |
| <b>60 km</b>                       | -1.652        | -3.829             | -2.177      |

Kilde: Rambøll

### 1.13.2 Stenuld

Dette afsnit præsenterer resultatet på de følsomhedsberegninger, som ikke er beskrevet i hovedrapporten. Tabellen nedenfor viser resultaterne af følsomhedsberegningerne på parametrene: transportafstand af jomfruelig sten, transportafstand til deponi samt transportafstanden til genanvendelse. Ændringer i disse parametre ændrer ikke analysens resultat, hvorfor vi vurderer, at resultatet er robust overfor ændringer i disse parametre.

Tabel 0-6 Følsomhedsanalyser for stenuld (kr./ton)

|  | Basisscenarie | Alternativscenarie | Nettoeffekt |
|--|---------------|--------------------|-------------|
| <b>Transportafstand af jomfruelig sten</b> |               |                    |             |
| Hovedanalyse (400 km)                      | -364          | -98                | 266         |
| 200 km                                     | -364          | -158               | 206         |
| 600 km                                     | -364          | -39                | 326         |
| <b>Transportafstand til deponi</b>         |               |                    |             |
| Hovedresultat (30 km)                      | -364          | -98                | 266         |
| 10 km                                      | -336          | -112               | 224         |
| 50 km                                      | -392          | -85                | 308         |
| <b>Transportafstand til genanvendelse</b>  |               |                    |             |
| Hovedanalyse (322 km)                      | -364          | -98                | 266         |
| 222 km                                     | -291          | 94                 | 384         |
| 422 km                                     | -439          | -290               | 148         |

Kilde: Rambøll

### 1.13.3 Beton

Dette afsnit præsenterer følsomhedsberegningerne for de parametre, som ikke er vist i hovedrapporten. Tabellen nedenfor viser resultatet for scenarierne samt nettoeffekten.

Resultatet for disse følsomhedsanalyser giver kun marginale ændringer til det samlede resultat. Derfor vurderer vi, at den samfundsøkonomiske analyse er robust i forhold til ændringer i disse parametre.

**Tablel 0-7 Følsomhedsanalyser for beton (kr./ton)**

|                                    | Basisscenarie | Alternativscenarie | Nettoeffekt |
|------------------------------------|---------------|--------------------|-------------|
| <b>Pris på nedknusning</b>         |               |                    |             |
| <b>Hovedresultat (115 kr./ton)</b> | -1.357        | -81                | 1.276       |
| <b>100 kr./ton</b>                 | -1.342        | -81                | 1.261       |
| <b>130 kr./ton</b>                 | -1372         | -81                | 1.291       |
| <b>Enhedspris på grus</b>          |               |                    |             |
| <b>Hovedresultat (88 kr./ton)</b>  | -1.357        | -81                | 1.276       |
| <b>75 kr./ton</b>                  | -1.375        | -69                | 1.288       |
| <b>100 kr./ton</b>                 | -1.375        | -94                | 1.263       |
| <b>Transport til knusning</b>      |               |                    |             |
| <b>Hovedresultat (30 km)</b>       | -1.357        | -81                | 1.276       |
| <b>10 km</b>                       | -1.314        | -81                | 1.233       |
| <b>50 km</b>                       | -1.400        | -81                | 1.318       |

Kilde: Rambøll

#### 1.13.4 Træ

I dette afsnit præsenteres resultaterne for de følsomhedsanalyser, som ikke er vist i hovedrapporten. Tabellen nedenfor viser nettoresultatet for hvert scenarie samt nettoeffekten.

Ingen af de nedenstående parametre ændrer resultatet betydeligt, og vi vurderer derfor, at analysen er robust over for ændringer i disse parametre.

Tablet 0-8 Følsomhedsanalyser for træ (kr./ton)

|   | Basisscenarie | Alternativscenarie | Nettoeffekt |
|---|---------------|--------------------|-------------|
| <b>Transportafstand til genbrugsplads</b>         |               |                    |             |
| <i>Hovedanalyse (30 km)</i>                       | -386          | 1.715              | 2.101       |
| <i>10 km</i>                                      | -343          | 1.715              | 2.058       |
| <i>50 km</i>                                      | -429          | 1.714              | 2.143       |
| <b>Transportafstand til nyt træ fra Sverige</b>   |               |                    |             |
| <i>Hovedanalyse (400 km)</i>                      | -386          | 1.715              | 2.101       |
| <i>250 km</i>                                     | -386          | 1.631              | 2.018       |
| <i>550 km</i>                                     | -386          | 1.798              | 2.184       |
| <b>Timeforbrug på rensning af træ</b>             |               |                    |             |
| <i>Hovedanalyse (5 timer pr. ton)</i>             | -386          | 1.715              | 2.101       |
| <i>3 timer pr. ton</i>                            | -386          | 2.002              | 2.388       |
| <i>7 timer pr. ton</i>                            | -386          | 1.858              | 2.244       |
| <b>Pris på indlevering af træ til forbrænding</b> |               |                    |             |
| <i>Hovedanalyse (1.000 kr. pr. ton)</i>           | -386          | 1.715              | 2.101       |
| <i>600 kr. pr. ton</i>                            | 14            | 1.843              | 1.829       |
| <i>1400 kr. pr. ton</i>                           | -786          | 1.587              | 2.372       |

Kilde: Rambøll



**RAMBOLL**

Bright Ideas Sustainable change