Vinduets vej fra råmateriale til endt levetid,
eller til det indgår i en ny cyklus...

LIVS / CYKLUS / VURDERING

LCA – HVAD ER DET?

LCA er en standardiseret metode til at kortlægge og vurdere de miljøpåvirkninger og det ressourceforbrug, der er knyttet til et produkt eller en service.

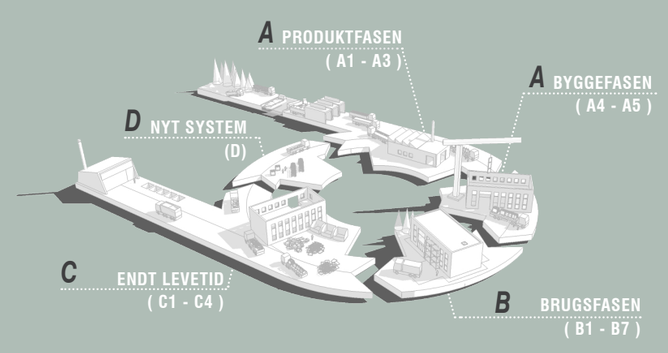
Ordet LCA - Livs Cyklus Analyse/vurdering - stammer fra det engelske ord Life Cycle Assesment og bygger på livscyklustankegangen, hvor man vurderer produkter eller bygninger over hele deres levetid.

Indenfor byggebranchen har man traditionelt set haft fokus på bygningers energiforbrug i brugsfasen, dvs. primært forbruget af fossile brændstoffer til opvarmning og elektriske installationer.

I LCA-metoden vurderes et produkt over i alt 5 faser. Fra udvinding af råmaterialer og fremstilling af produktet, over brugen af produktet frem til bortskaffelse eller genanvendelse af det kasserede produkt.

Et produkt skal forstås som alt, lige fra en tandbørste, en cykel eller et hus, til en serviceydelse som eksempelvis rengøring af en skole eller service på din bil.

Produkterne vurderes ikke, som hidtil, ud fra energiforbruget, men derimod ud fra det samlede forbrug af jordens ressourcer og den forventede påvirkning af miljøet.



Som det fremgår af illustrationen, er en LCA opdelt i 5 faser. Hver af faserne er benævnt med et bogstav og de underliggende processer med et tal. Produktfasen og byggeprocesfasen er i beregningssammenhæng den samme. Derfor hedder de begge A.

HVORFOR ARBEJDE MED LCA?

Byggebranchen er ansvarlig for ca. 40 % af Danmarks samlede affaldsproduktion og ca. 40 % af Europas samlede energiforbrug og for at forbruge ca. 40 % af verdens råstoffer. Dvs. at byggebranchen har en stor andel i de påvirkninger af miljøet, der bl.a. medfører en lang række klimaforandringer.

Der er efterhånden bred enighed om, at miljøpåvirkningerne har uoverskuelige konsekvenser for vores jordklode. Klimaforandringer opleves på hele jordkloden, blandt andet som stigende temperaturer og ekstreme vind- og nedbørsmængder. Af andre miljøpåvirkninger kan nævnes iltsvind i havene, forurening af vores grundvand, smog i storbyer, forsuring af søer etc.

Ydermere betyder vores store forbrug af naturens ressourcer, at vi i nærmeste fremtid begynder at løbe tør for nogle vigtige råstoffer.

Politisk er der efterhånden bred enighed om, at miljøpåvirkningerne skal nedsættes for at minimere konsekvenserne mest muligt. Indenfor byggebranchen efterleves denne ambition primært ved lovgivning og stadig større krav til offentligt byggeri, som i løbet af en årrække forventes at brede sig til det private byggeri.

Men også store private bygherrer har fokus på at planlægge med miljøet for øje.

Både private og offentlige bygherrer anvender i stadig højere grad certificeringsordninger, der beskriver et byggeris bæredygtighedsprofil.

Som et væsentligt led i at minimere miljøpåvirkningerne er det nødvendigt at kunne kortlægge, hvilke produkter og processer der har den største andel af udledningen. Når det er klart, kan der fokuseres på de aktiviteter, der bidrager mest.

LCA bruges til denne kortlægning. Med en LCA kan produkter sammenlignes med andre tilsvarende produkter, og det kan vurderes, i hvilke faser af bygningens levetid der særligt skal sættes ind for at sænke belastningen af miljøet.

LCA – HVORNÅR OG HVORDAN?

LCA-metoden bruges overordnet på 2 niveauer i byggebranchen:

LCA på produktniveau - typisk udarbejdet af producenten
På produktniveau bruges LCA til at vurdere og sammeholde produkter og materialer ved at udarbejde en såkaldt EPD - Environmental Product Declaration. En EPD er det samme som en varedeklaration på eksempelvis en pakke rugbrød, blot med nogle andre informationer. Der kan udarbejdes en EPD for henholdsvis "vugge til port", samt for "vugge til grav".

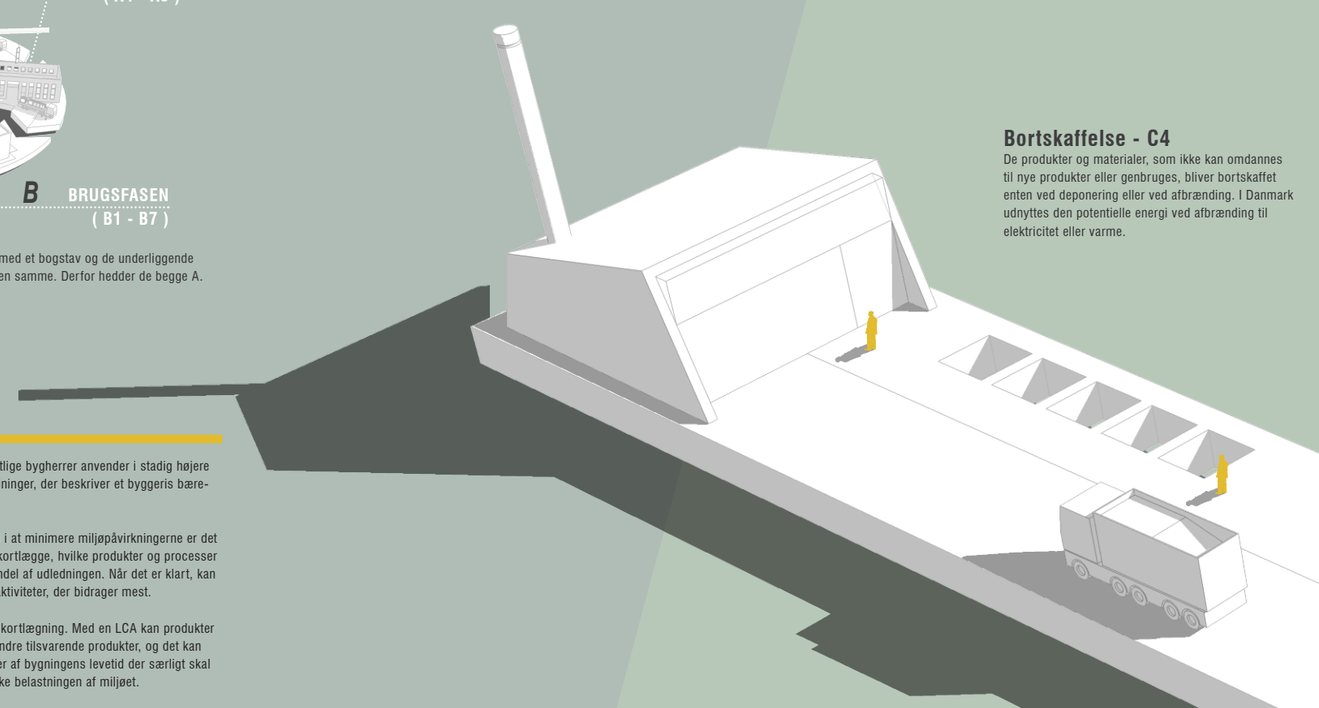
En EPD fortæller om de miljø- og ressourcepåvirkninger, der er relateret til det konkrete produkt, så materialer ikke alene bliver vurderet på pris, men også på påvirkning af miljøet.

LCA på produktniveau foregår ofte i planlægningen af et byggeri. Altså inden der bygges.

LCA på bygningsniveau - typisk udarbejdet af bygherre
På bygningsniveau bruges LCA-metoden til at vurdere bygningens samlede miljøpåvirkninger - i hele bygningens levetid. Der kan også laves en såkaldt hotspotanalyse, dvs. det afklares, i hvilke faser de væsentligste udledninger foregår.
For at lave en LCA på bygningsniveau skal man bruge EPD'er for alle de byggematerialer, der bruges til at bygge huset.

Disse skal indgå i en samlet vurdering af bygningens potentielle påvirkninger af miljøet. Rådgiveren har nu mulighed at vurdere konsekvensen af de til- og fravalg, der foretages i planlægningen af en bygning, i bestræbelserne på at minimere miljøpåvirkningerne og klodens samlede ressourceforbrug.

Råmaterialer - A1
Råmaterialerne udvindes fra kilden. Alt afhængig af hvor tilgængelige råmaterialerne er, vil der skulle bruges en vis mængde energi til at høste råmaterialerne.
Nogle råmaterialer vil om nogle år vil være brugt op, mens andre ressourcer er uudtømmelige kilder.



Bortskaffelse - C4
De produkter og materialer, som ikke kan omdannes til nye produkter eller genbruges, bliver bortskaffet enten ved deponering eller ved afbrænding. I Danmark udnyttes den potentielle energi ved afbrænding til elektricitet eller varme.

Affaldsbehandling - C3
For at kunne genbruge så meget som muligt af det byggeaffald, der produceres ved en nedrivning, bliver de forskellige materialer sorteret. Denne sortering sker både i løbet af nedrivningen og på genbrugsstationen.

Transport - C2
Alle produkterne (materialer, komponenter og byggevarer) bliver fjernet fra byggepladsen. Alle dele har forskellige destinationer. Nogle materialer skal igennem en affaldshåndtering, andre kan bruges direkte i processen til at bygge nyt på samme placering eller indgå i et nyt system.

Nedtagning/nedrivning - C1
Når bygningen ikke skal bruges mere, bliver den revet ned. Produktet tages ud af bygningen i større eller mindre dele, afhængigt af hvordan det fremadrettet skal bruges.

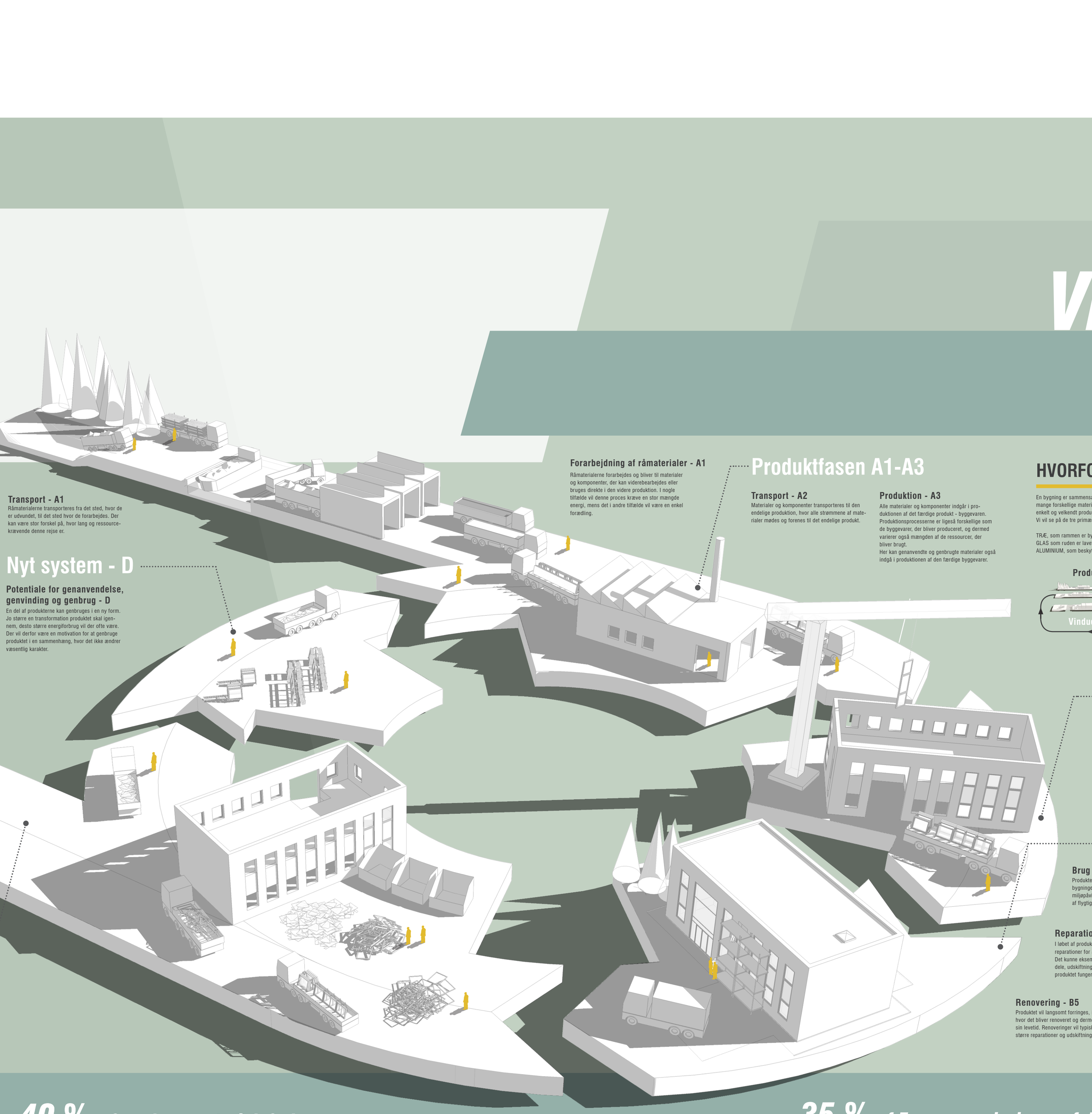
Endt levetid C1-C4

I BYGGEBRANCHEN

Byggebranchen
står for...

LCA

"Du behøver ikke læse hele udstillingen på en gang. Du kan starte med at læse, lige hvor du vil. God fornøjelse.



Transport - A1
Råmaterialerne transporteres fra det sted, hvor de er udvundet, til det sted hvor de forarbejdes. Der kan være stor forskel på, hvor lang og ressource-krævende denne rejse er.

Nyt system - D

Potentiale for genanvendelse, genvinding og genbrug - D
En del af produkterne kan genbruges i en ny form. Jo større en transformation produktet skal igen-nem, desto større energiforbrug vil der ofte være. Der vil derfor være en motivation for at genbruge produktet i en sammenhæng, hvor det ikke ændrer væsentlig karakter.

Forarbejdning af råmaterialer - A1
Råmaterialerne forarbejdes og bliver til materialer og komponenter, der kan viderebearbejdes eller bruges direkte i den videre produktion. I nogle tilfælde vil denne proces kræve en stor mængde energi, mens det i andre tilfælde vil være en enkel forædling.

Produktfasen A1-A3

Transport - A2
Materialer og komponenter transporteres til den endelige produktion, hvor alle strømmene af mate-rialer mødes og forenes til det endelige produkt.

Produktion - A3
Alle materialer og komponenter indgår i pro-duktionen af det færdige produkt - byggevaren. Produktionsprocesserne er ligeså forskellige som de byggevarer, der bliver produceret, og dermed varierer også mængden af de ressourcer, der bliver brugt.
Her kan genanvendte og genbrugte materialer også indgå i produktionen af den færdige byggevarer.

HVORFO

En bygning er sammensa
mange forskellige materi
enkelt og velkendt produ
Vi vil se på de tre primæ

TRÆ, som rammen er by
GLAS som ruden er lave
ALUMINIUM, som beskyt

Prod

Vindue

Brug
Produkte
bygninge
miljøpåvi
af flygtig

Reparatio
I løbet af produk
reparationer for
Det kunne eksem
dele, udskiftning
produktet funger

Renovering - B5
Produktet vil langsomt forringes,
hvor det bliver renoveret og derm
sin levetid. Renoveringer vil typisk
større reparationer og udskiftning

40 % *af verdens materialeforbrug*

42 % *af Europas energiforbrug*

39 % *af Danmarks totale affaldsproduktion*

35 % *af Europas emissioner af d*

INDUET SOM EKSEMPEL ...

OR VINDUET SOM EKSEMPEL ...?

at af mange byggevarer, der er lavet af aler. I det følgende vil vi zoome ind på et kt i branchen, et træ/alu-vindue. re materialer, som vinduet består af:

ygget af,
t af, og
tter rammen udvendigt mod vind og vejr.

Aluminium, glas og træ er alle materialer, der er hentet i naturen og bearbejdet og behandlet, inden de til sidst samles til et vindue. Når vinduet ikke længere kan bruges, vil materialerne igen blive skilt ad og blive bortskaffet eller genanvendt.

Vi skal se på, hvordan de, hver for sig og sammen, på forskellig vis påvirker miljøet og jordens ressourcer.

Byggefasen A4-A5

Transport - A4
Det færdige produkt opmagasineres og transporteres herefter fra producenten til byggepladsen. Transporten er ofte med lastbil og kræver energi.

Montage - A5
Produktet indbygges og monteres i byggeriet. Ved selve montagen bruges der ofte andre materialer f.eks. beslag, isolering, fugemateriale etc. Derudover bruges der materiale i form af fx håndværktøj og lift. Energi til materiel kan komme fra både vedvarende energi eller fra afbrænding af fossile kilder.

Brugsfasen B1-B7

- B1
t tages i brug sammen med resten af n. I løbet af brugsfasen kan der være irkninger eksempelvis i form af afgasning e stoffer fra malede overflader.

Vedligeholdelse - B2
Produktet skal vedligeholdes, så brugen af det ikke forringes. Det skal eksempelvis løbende efterses, rengøres, smøres etc.

on - B3
tets brugstid vil der være at opretholde vinduets kvalitet. mpelvis være udskiftning af enkelte af sliddele etc., som sikrer, at er.

Udskiftning - B4
I løbet af brugsfasen vil man løbende vurdere, om det kan betale sig at vedligeholde produktet. Hvis det ikke kan betale sig at renovere det, vil man udskifte det, så bygningens samlede levetid ikke forkortes.

Energi- og vandforbrug til drift - B6/B7
I hele brugsfasen vil der blive brugt energi og vand på at drifte, vedligeholde, reparere, renovere og udskifte produktet. Det kunne eksempelvis være energiforbrug til indbyggede motorer eller sensorer, som er nødvendige for, at produktet virker. Det kunne også være vand- og energiforbrug (samt brug af rengøringsmidler) til vedligehold ved eksempelvis rengøring.

indtil det punkt ed får forlænget k omhandle er på produktet.

FRA UDLEDNING TIL MILJØPROBLEM...

Udledning

Ved afbrænding og deponering (losseplads) af eksempelvis byggeaffald udledes der en række forskellige stoffer til atmosfæren - nogle af de stoffer kunne være CO_2 og metan.

Udledninger fører til miljøpåvirkninger

Miljøpåvirkning

Både Metan og CO_2 kan have flere MILJØPÅVIRKNINGER på samme tid - men virkningsfaktoren er ikke den samme. En af dem er den globale opvarmning.

Miljøpåvirkninger fører til miljøproblemer

Miljøproblem

Den globale opvarmning, dvs. en stigning af Jordens gennemsnitstemperatur, forårsager en række miljøproblemer, bl.a. at isen ved polerne smelter. Når isen smelter, stiger verdenshavene, og lavlandet rundt omkring i verden forsvinder væk under havet.

EKSEMPLER PÅ MILJØPÅVIRKNINGER DER VIL VÆRE FOKUS PÅ I EN LCA

Lokale påvirkninger

Næringssaltbelastning (Eutrofiering, EP)
Betyder egentlig "at blive rig på næringsstoffer". Med for høje tilførsler af næringsstoffer i fx vandet fremmes uønsket algevækst, hvilket kan medføre fiskedød.

Forsuring (AP)
Luftforurenende stoffer som svovl- og kvælstofforbindelser reagerer i luften med vand og bliver til svovl- eller salpetersyre. Denne syre falder på jorden som syreregn og ødelægger skove og forårsager fiskedød. Den sure regn ødelægger også sandstensbygninger.

Fotokemisk ozondannelse (POCP)
Kvælstofoxider (NOX) og letfordampelige organiske forbindelser (VOC'er) bidrager i forbindelse med UV-stråling til jordnær ozon også kaldet "sommersmog". Sommersmog angriber luftvejene og er til skade for planter og dyr.

Globale påvirkninger

Nedbrydelse af ozonlaget (ODP)
Nedbrydelse af det stratosfæriske ozonlag der beskytter flora og fauna mod solens skadelige UV-stråler.

Global opvarmning (GWP)
Forøgelse af den globale middeltemperatur grundet et øget indhold af drivhusgasser i atmosfæren, som fx CO_2 og metan.

Udtynding af ressourcer

(ADPf)
Udtynding af abiotiske fossile ressourcer.
Udtynding af jordens fossile ressourcer, såsom kul, olie og gas.

(ADPe)
Udtynding af abiotiske ikke-fossile ressourcer
Metaller og mineraler er begrænsede ressourcer.

KLIMAFORANDRINGER ER ET VELKENDT MILJØPROBLEM, DER SKABES AF DRIVHUSEFFEKTEN - MEN HVAD ER DET?

Drivhuseffekten forsager en opvarmning af atmosfæren og jordoverfladen på samme måde, som glasfladerne opvarmer et drivhus ved at danne en "varmefælde": Glasfladerne tillader den kortbølgede solstråling at trænge ind i drivhuset, men forhindrer den langbølgede varmestråling i at forlade drivhuset, som derved opvarmes.

Overføres denne analogi til jordkloden, er "glasfladerne" de drivhusgasser, som er i atmosfæren. Det er fx CO_2, metan, lattergas og CFC-gasser. Drivhuseffekten er med sikkerhed blevet forøget over de seneste få århundreder på grund af menneskers aktivitet og har ført til en forhøjet koncentration af drivhusgasser i atmosfæren. Konsekvenserne af den menneskeskabte drivhuseffekt og dermed højere globale gennemsnitstemperaturer er blandt andet forandringer i de globale og regionale klimamønstre. Det vigtigste menneskeskabte bidrag til drivhuseffekten kan tilskrives afbrændingen af fossile brændsler som kul, olie og naturgas.

Den globale opvarmning og de relaterede klimaforandringer og deres indvirkning på økosystemer og vores alle sammens fremtid er en af vor tids mest presserende globale udfordringer – også politisk. Emnet har enorm bevågenhed overalt på kloden og er kendt af alle.

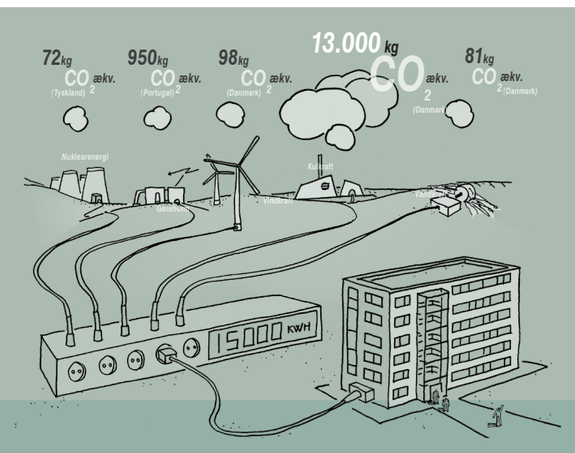
PARADIGMESKIFT - FRA KWH TIL MILJØPÅVIRKNING

I løbet af de sidste mange årtier har miljøhensyn været fokuseret på at nedbringe energiforbruget, altså kilowatt-timer (KWh). Dette har historisk set givet god mening, da langt størstedelen af energiforsyningen kom fra forbrænding af fossile energiressourcer, såsom kul, olie og gas. Hermed har en nedbringelse af kilowatt-timerne automatisk resulteret i en tilsvarende nedbringelse af CO_2-udledningerne.

Men i dag ser billedet anderledes ud. Vedvarende energikilder, såsom vind-, vand- og solenergi, er langt mere udbredte, og det har derfor stor betydning, hvilken energikilde den energi, vi bruger, kommer fra.

Skal der, som i eksemplet her, bruges 15.000 KWh til at opvarme en boligblok i et givent tidsrum, vil de udledninger der sker til miljøet være meget forskellige, alt efter hvilken energikilde der vælges. Et kulkraftværk i Danmark vil som bekendt medføre en kraftig udledning, mens vedvarende energikilder som vind og vand, som vi også har i Danmark, vil medføre under 1 promille udledning til miljøet, når udledningen omregnes til samme enhed (ækvivalenter).

Men også andre energiformer, som eksemplet atomkraft eller jordvarme, har langt lavere udledninger af CO_2 end et kulkraftværk.



Gl
Glas pr
glas, sø
producer
sprincip
producer
flasker

Udvi
På trod
kommer
Frankrig
sand gi

Aluminiu
Aluminium er et metallisk, sølvhvidt
som findes i råstoffet bauxit. De ste
forekomster findes i Australien, Gui
og Brasilien. "Aluminium er det tred
grundstof i jordskorpen."

drivhusgasser

PRODUKT

Råmaterialer
Transport • P

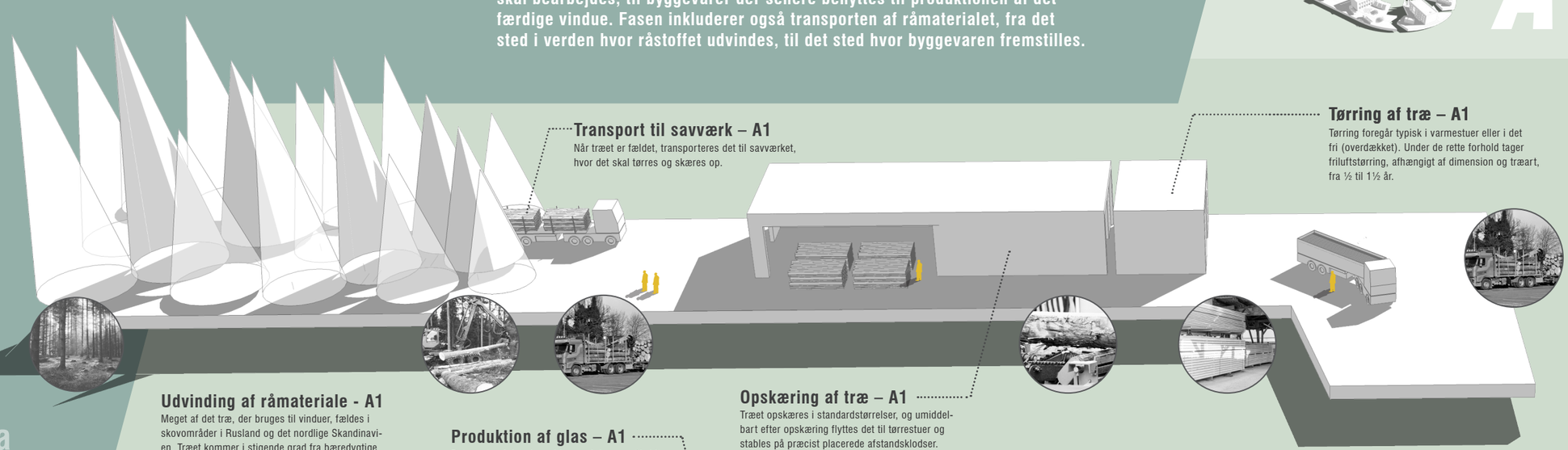
A1-A

Produktfasen vedrører de processer, der har at gøre med produktionen af vinduet: Lige fra udvinding af de råmaterialer der skal bearbejdes, til byggevarer der senere benyttes til produktionen af det færdige vindue. Fasen inkluderer også transporten af råmaterialet, fra det sted i verden hvor råstoffet udvindes, til det sted hvor byggevaren fremstilles.

Træ

Træ optager CO_2 i vækstperioden. Dvs. at træ bidrager positivt (med et negativt tal) til CO_2 regnskabet for et produkt eller en bygning. Derfor fremstår træ i en LCA som udgangspunkt mere miljøvenligt end mange andre byggematerialer.
Når træ brændes, eksempelvis ved produktion af varme eller strøm, siger man, at det er CO_2-neutralt. Dvs. at den Co_2, træet har optaget og bundet i vækstperioden, frigives i det øjeblik, man brænder det.

skovfyr



Udvinding af råmateriale - A1

Meget af det træ, der bruges til vinduer, fældes i skovområder i Rusland og det nordlige Skandinavien. Træet kommer i stigende grad fra bæredygtige skovbrug.

Transport til savværk – A1

Når træet er fældet, transporteres det til savværket, hvor det skal tørres og skæres op.

Tørring af træ – A1

Tørring foregår typisk i varmestuer eller i det fri (overdækket). Under de rette forhold tager friluftstørring, afhængigt af dimension og træart, fra ½ til 1½ år.

Opskæring af træ – A1

Træet opskæres i standardstørrelser, og umiddelbart efter opskæring flyttes det til tørrestuer og stables på præcist placerede afstandsklodser.

Transport til produ

Transporteres fra savværket u
centen

salt til soda

Udvinding af råmateriale - A1

Soda produceres i store mængder i Kina og USA og i mindre skala i Tyskland, Polen mf. Soda har været kendt og brugt siden oldtiden. Det anvendes bl.a. som vaskemiddel, til fremstilling af sæbe og papirmasse. Men altså også i produktionen af glas.

Produktion af glas – A1

Det meste af det glas, vi bruger i dag, er såkaldt floatglas, som er produceret i store floatglasanlæg. Et floatanlæg kører nonstop ca. 10-15 år og producerer omkring 6.000 kilometer glas om året.
Når glasmassen har lagt sig i et ensartet lag, køles glasset langsomt i en køletunnel.

Produktion af glas – A1

Kalk, sand og soda blandes sammen, hvorefter det varmes op og smeltes ved ca. 1.500 grader.

Opskæring af glas – A1

Når glasset er kølet ned, skæres det op i standardstørrelser og pakkes. Herefter transporteres det ud til vinduesproducenterne.

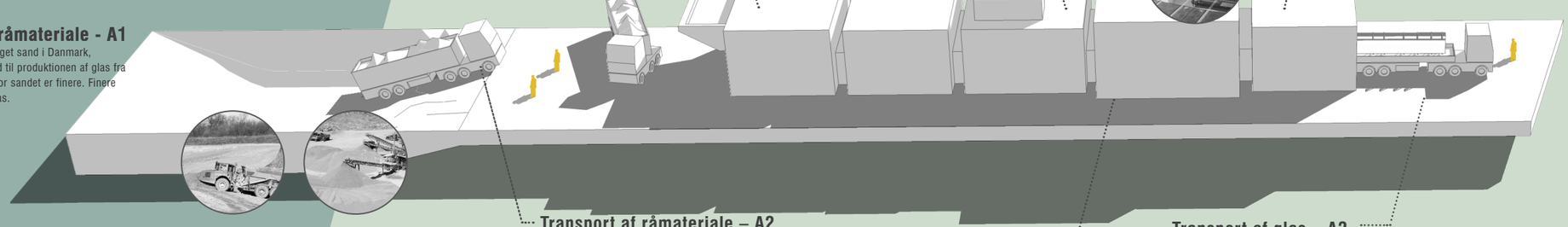
las

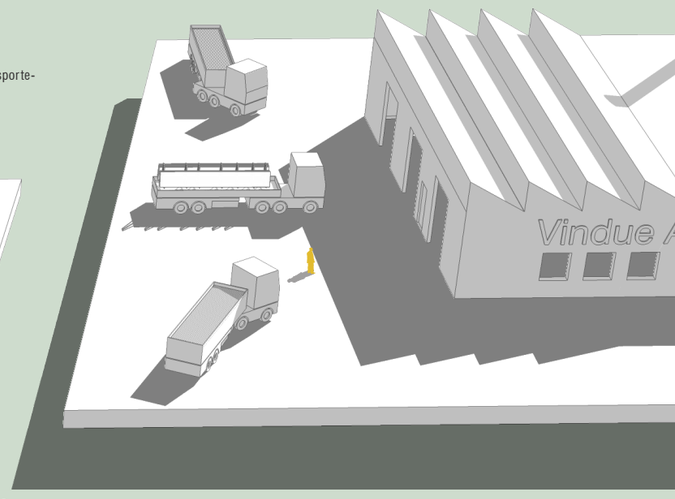
oduceres i hovedtræk på to måder: Float-
om bruges i langt de fleste moderne vinduer,
eres på store floatglasanlæg (samlebånd-
). Og glaspustning som man bruger til at
ere planglas (glas som ser "gammelt" ud),
og glasbeholdere.

inding af råmateriale - A1

s af at vi har meget sand i Danmark,
r det meste sand til produktionen af glas fra
g og Holland, hvor sandet er finere. Finere
ver et klarere glas.

nd





Udvinding af råmateriale - A1

Kalk brydes i kalkbrud som eksempelvis Møns Klint og i miner som i Mønsted ved Viborg.

kalksten m.m.

Transport af råmateriale – A2

Når kalken er brudt og forarbejdet, transporteres den til glasproducenterne.

Produktion af glas – A1

Når glasmassen er flydende, hældes den ud over et aflangt bassin med opvarmet / flydende tin. Ved denne proces brændes alle organiske partikler af. Og da glas er lettere end tin, flyder glasmassen ovenpå og lægger sig i et jævnt, tyndt lag (heraf navnet floatglas).

Transport af glas – A2

Afslutningsvis transporteres glasset ud til vinduesproducenterne.

Transport af aluminium – A2

De forarbejdede aluminium-barrer transporteres ud til vinduesproducenten på skibe og lastbiler.

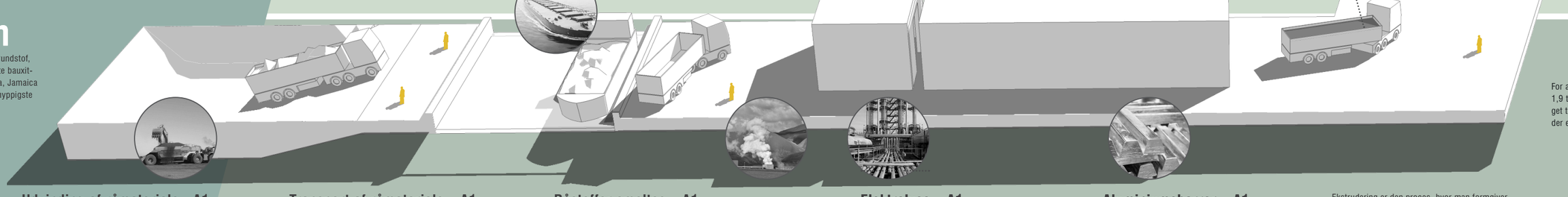
Vinduesproduktion – A3

Hos vinduesproducenter samles glas, aluminiu
og træ til et færdigt vindue. Ud over ovennævn
aler bruges der til et færdigt vindue også vind
gummi, diverse skruer og beslag til at samle
isoleringsmaterialer i karme og profiler m.m.
Alle aktiviteter i produktionshallen hos vindue
indgår i en LCA-vurdering.

Den energikrævende elektrolyse foregår ofte på fabrikker de steder på jorden, hvor der er adgang til billig og ikke mindst "grøn" strøm, fx på Island, hvor elproduktionen typisk foregår med geotermisk varme (varme fra vulkaner).

m

grundstof,
rste bauxit-
nea, Jamaica
jehyppigste



For at fremstille 1 tons aluminium skal der bruges 1,9 t aluminiumoxid (4 t Bauxit), og energiforbruget til elektrolysen er 15.000 kWh – et elforbrug der er nok til et enfamiliehus i ca. 5 år.

Udvinding af råmateriale - A1

Bauxit udvindes i meget store grusgrave og miner.

bauxit

Transport af råmateriale – A1

Når råstoffet Bauxit er udvundet, transporteres det til aluminiumsfabrikker.

Råstoffer smeltes – A1

Et aluminiumsværk består af en række lange elektrolysehaller. Den tørrede og knuste malm bringes opløses ved behandling med natriumhydroxid under forhøjet tryk og ved ca. 1000 grader.

Elektrolyse – A1

Herefter gennemgår bauxit en kemisk proces, hvor det omdannes til aluminiumoxid. Via elektrolyse og under meget høje temperaturer omdannes aluminiumoxiden til flydende aluminium.

Aluminiumsbarrer – A1

Endelig støbes der aluminiumsbarrer af den flydende aluminiumsmasse.

Ekstrudering er den proces, hvor man formgiver aluminiummet, fx til en ramme, som vil kunne bruges til et træ/alu-vindue. Her anvendes der energi og smøreolie til drift og service af maskiner.

BYGGERI

Transport

Montering af produkt

A4-A5

Byggerifasen omhandler de processer, der har med selve byggeprocessen at gøre. Det vil sige vinduets vej fra produktionen, til vinduet er monteret i bygningen. Fasen inkluderer også de materialer og det materiel, der bliver brugt ved montagen.

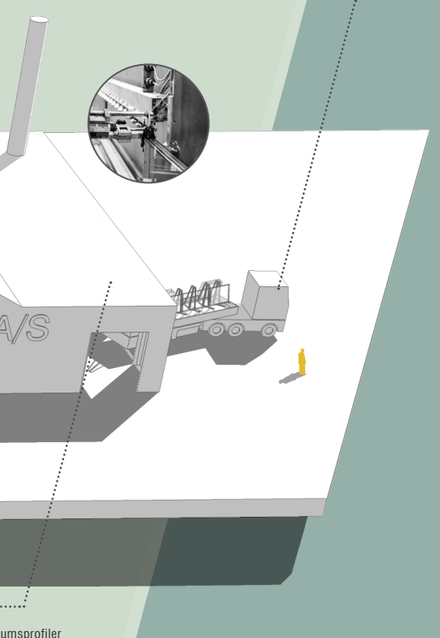
Produkt

3

ucenten – A2

d til vinduesprodu-

CO2-udledningen i PRODUKTFASEN udgør typisk størstedelen af den samlede CO2-udledning.



umsprofiler
nte materi-
ueslister af
vinduet med,

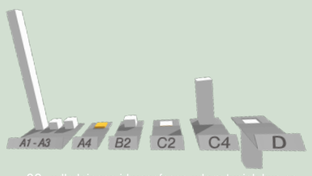
sproducenten

også de små ting tæller...

Ved montagen bruges der også beslag, skruer, isoleringsmateriale og fugemasse. Disse materialer og byggevarer vil, ligesom vinduet, have været igennem en produktionsfase, hvor der blevet brugt energi og ressourcer.

Montage – A5

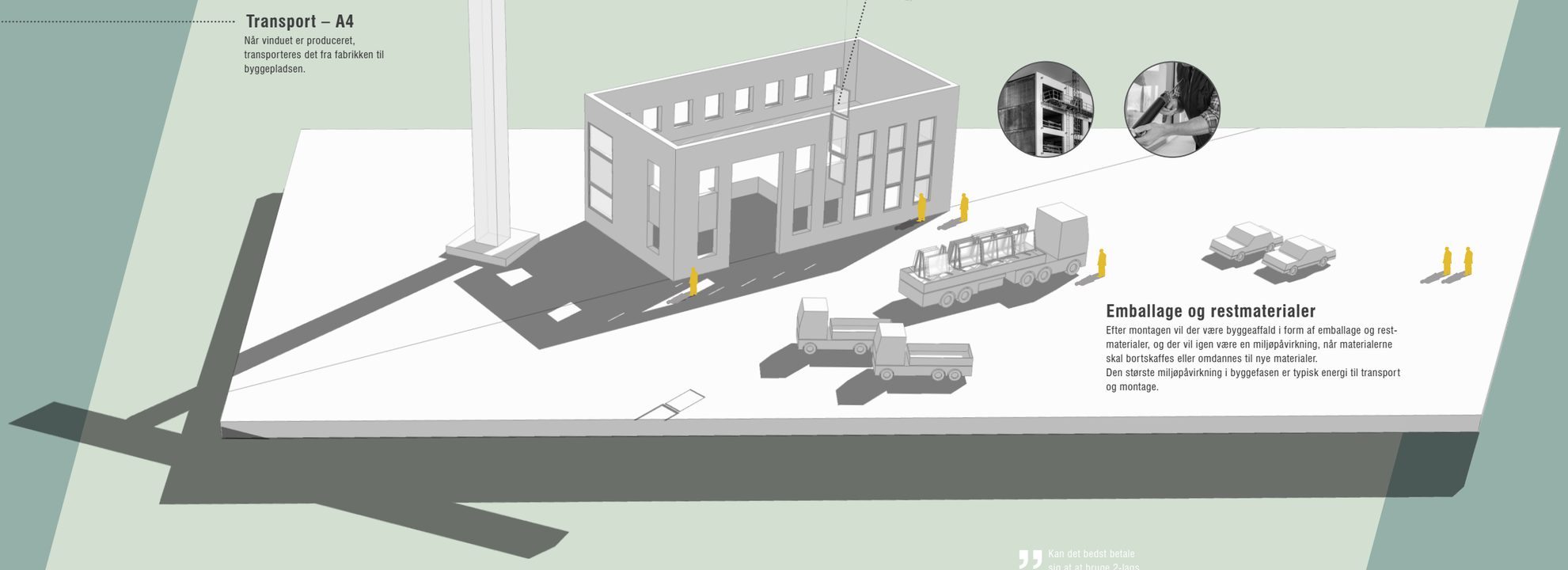
På byggepladsen bliver vinduerne opmagasineret eller direkte monteret. Ved montagen bruges der elektrisk værktøj, elektriske eller dieseldrevne maskiner samt kraner og lifte, der medvirker til energiforbruget.



CO_2-udledningen i byggefasen udgør typisk kun en meget lille del af den samlede CO_2-udledning.

Transport – A4

Når vinduet er produceret, transporteres det fra fabrikken til byggepladsen.



Emballage og restmaterialer

Efter montagen vil der være byggeaffald i form af emballage og restmaterialer, og der vil igen være en miljøpåvirkning, når materialerne skal bortskaffes eller omdannes til nye materialer.
Den største miljøpåvirkning i byggefasen er typisk energi til transport og montage.

LCA SOM STØTTEVÆRKTØJ I PLANLÆGNINGEN AF BYGGERIET

Kan det bedst betale sig at at bruge 2-lags eller 3-lagsvindue i et byggeri?

Resultaterne af en LCA vurderes som oftest ved at sammenligne to eller flere mulige scenarier. Det kan for eksempel være mellem forskellige mulige bærende konstruktioner. Eller i forbindelse med et valg mellem flere forskellige typer af facadebeklædning.

Vindue med 2-lags rude

eller

Vindue med 3-lags rude

Eksempel på LCA på produktniveau og bygningsniveau
I forbindelse med fremstillingen af et vindue med 3-lags rude udledes der 182 kg CO_2. Fremstilles den samme type vindue i stedet med en 2-lags rude, udledes der kun 151 kg CO_2, da 2-lags ruden indeholder mindre glas end 3-lags ruden gør. Derfor kan man fristes til at konkludere, at vinduet med 2-lags rude rent miljømæssigt er "bedre" end vinduet med 3-lags rude, da der udledes mindre CO_2.

Ser vi vinduet i et større perspektiv - altså den helhed som vinduet er en del af – bygningen, får vi et noget anderledes billede af belastningen. Når de to vinduer er installeret i bygningen, vil de have indflydelse på bygningens energiforbrug på grund af vinduernes energibalance:

Vinduet med 2-lags rude har en energibalance på -2 kWh pr. m^2 pr år. Det vil sige, at i løbet af et år vil bygningen opleve et netto varmetab på 2 kWh pr. m^2 vindue. For at kunne holde varmen indendørs skal beboerne altså lukke op for radiatoren, hvorved de bruger noget fjernvarme.

Vinduet med 3-lags rude har en energibalance på 30 kWh pr. m^2 pr. år. Det vil sige, at i løbet af et år vil bygningen opleve et netto energitilskud på 30 kWh pr. m^2 vindue, fordi mængden af solenergi ind i huset er større end varmetabet ud af huset. Derfor kan beboerne faktisk skrue lidt ned for radiatoren og stadig holde varmen. Kommer vi nogle tal på, ser regnestykket således ud for et vindue i størrelsen 1,23 x 1,48 m, forudsat at CO_2-udledningen pr. kWh fjernvarme er 0,2 kg. Betragtningsperioden er 30 år.

Besparelse CO_2 =
$(30 - (-2))\,kWh \times 0{,}2\,\frac{kg\,CO_2}{kWh_{fjernvarme}} \times 1{,}82\,m^2 \times 30\,år = 350\,kg\,CO_2$

Merudledning CO_2 =
$182\,kg\,CO_2 - 151\,kg\,CO_2 = 31\,kg\,CO_2$

Vindue med 2-lags rude
151 kg CO_2

Vindue med 3-lags rude
182 kg CO_2

Populært sagt, så "investeres" der altså lidt CO_2 ved fremstillingen af vinduet med 3-lags rude i forhold til vinduet med 2-lags rude. Til gengæld spares der ca. 10 gange så meget i løbet af betragtningsperioden!

BRUG

Ibrugtagning • Vedligehold • Renovering
Reparation • Udskiftning • Energi- og vandforbrug

B1-B7

Brugsfasen omhandler de processer, der har at gøre med vinduets ydeevne, mens det er i brug. Vinduet skal eksempelvis løbende rengøres og vedligeholdes, ligesom der skal foretages delvise udskiftninger. Fasen er ofte scenariebaseret, dvs. baseret på forestillinger om, hvad der vil ske med vinduet i løbet af brugsfasen.

CO_2-udledningen i brugsfasen udgør typisk kun en mindre del af den samlede CO_2-udledning.

Ibrugtagning – B1

I forbindelse med vinduets anvendelse i bygningen, kan der forekomme emissioner eller udledninger, som påvirker miljøet. Det kunne eksempelvis være den udvendige side af vinduet, hvorfra der udvaskes stoffer, der påvirker vandmiljøet.

Vedligeholdelse – B2

Vedligehold af vinduet i brugsfasen kunne eksempelvis være maling af trærammer, smøring af hængsler, pudsning af rude mv. Det er altså alle de planlagte aktiviteter, som er nødvendige for at opretholde vinduet i en tilstand, hvori det kan opfylde sin funktion i bygningen.
Disse aktiviteter kræver fremstilling og transport af maling, smøremiddel og pudsemiddel samt et vandforbrug.

Reparation – B3

Reparation af et vindue i løbet af brugsfasen kunne eksempelvis være en smadret rude, som skal udskiftes. Dette kræver fremstilling, transport og indbygning af en ny rude samt håndtering og bortskaffelse af den gamle rude. Her er der tale om uplanlagte, men nødvendige aktiviteter.

Udskiftning – B4

Udskiftning i løbet af brugsfasen inkluderer typisk udskiftning af hele elementet, eksempelvis udskiftning af hele vinduet efter endt levetid.
Når vi beregner på udskiftning indenfor vinduets levetid, kunne det eksempelvis være udskiftning af glaslister eller hængsler. En udskiftning kræver altså produktion, transport og indbygning af et nyt element samt håndtering og bortskaffelse af det gamle.

Renovering – B5

Renovering skal i denne sammenhæng ses som renovering af et større bygningsudsnit eller hele bygningen og inkluderer et samlet program for vedligehold, reparationer og udskiftninger. For et vindue kunne det altså - ved et større parti - eksempelvis være udskiftning af samtlige ruder til 3-lags ruder.

Energiforbrug til drift – B6

Vinduet kan bidrage til energiforbruget i brugsfasen på to måder.
For det første kan vinduet selv have et egentligt energiforbrug, fx hvis der er installeret en eldrevet motor, som åbner og lukker vinduet.
For det andet bidrager vinduet til bygningens samlede energiforbrug, både via varmetabet ud gennem vinduet og tilskuddet af solenergi ind gennem ruden. Forholdet mellem varmetab og energitilskud betegnes som vinduets energibalance og beregnes på baggrund af vinduets U-værdi, rudens g-værdi samt glasandelen i vinduet.

Vandforbrug til drift – B7

Vinduet har ikke noget vandforbrug. Ud over forbrug til rengøring, som indgår i B2.
Andre bygningsdele som f.eks. køleanlæg har operationelt vandforbrug.

GLOBALT eller LOKALT?

Er det afgørende for LCA, om vi køber vinduer fra en lokal producent eller en producent på den anden side af jorden?

Produktionfasen:
Det betyder typisk meget, om energien til produktionen af de materialer, som indgår i vinduet, (f.eks. glas og aluminium), kommer fra vedvarende energier som f.eks. sol, vind, vand og geotermisk. Eller om energien til produktionen kommer fra kul og olie.

Det vil sige, at det altså ikke nødvendigvis er afgørende, hvor vinduerne er produceret, men i højere grad hvor energien kommer fra.

Transport generelt:
Transporten af råstoffer frem til en producent samt transport af det færdige produkt og ud til byggemarkederne fylder typisk meget lidt i det endelige LCA-regnestykke. Det skyldes, at produkter ofte transporteres rundt på kloden i store og optimerede forsendelser, i f.eks. containerskibe, store lastvogne, tog m.m.

Forarbejdning af bauxit til aluminium er meget energikrævende, derfor sejles råmaterialet derhen, hvor energi er billig og miljørigtig, f.eks. til Island, hvor energien hovedsageligt kommer fra vedvarende energikilder.

Transport af råmaterialet sker i meget store fragtskibe.

Råmateriale til aluminium udvindes fx i Brasilien.

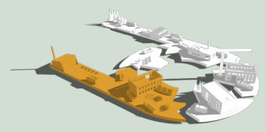
Der udledes altså betragteligt mindre CO2 ved at transportere Bauxit rundt om jorden til Island for at omdanne denne til aluminium ved brug af vedvarende energi, end ved at "spare" transporten og omdanne Bauxitten i Brasilien ved brug af energi fra fossile brændsler.

Konklusion:
Der kan altså være tilfælde hvor det kan være mere miljøvenligt at købe et produkt der er produceret på den anden side af jorden, end at købe produktet som er produceret lokalt.

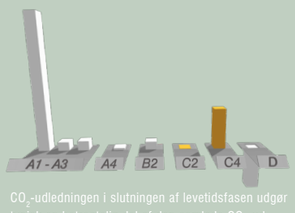
ENDT LEVETID

Nedtagning • Transport
Affaldsbehandling • Bortskaffelse

Fasen omhandler de processer, der har med nedrivning og sortering at gøre. Vinduet bliver ved endt levetid taget ud af bygningen og skal enten sorteres eller bruges direkte i anden sammenhæng. Fasen er altid scenariebaseret, da LCA-beregningen foretages på forhånd. Dvs. at man forudsætter en række realistiske vilkår for at kunne foretage en beregning.



C1-C4



CO_2-udledningen i slutningen af levetidsfasen udgør typisk en betragtelig del af den samlede CO_2-udledning.

Nedtagning – C1

Et vindue, der endnu er funktionsdygtigt, kan demonteres og opbevares til senere genanvendelse. I nogle tilfælde transporteres vinduerne til en forhandler, der står for videresalg.

Nedrivning – C1

Ved ombygninger kan vinduer udskiftes af æstetiske eller funktionelle årsager. Vinduerne skal under alle omstændigheder tages ud af bygningen enkeltvis, typisk ved brug af kran eller lift.

Affaldsbehandling – C3

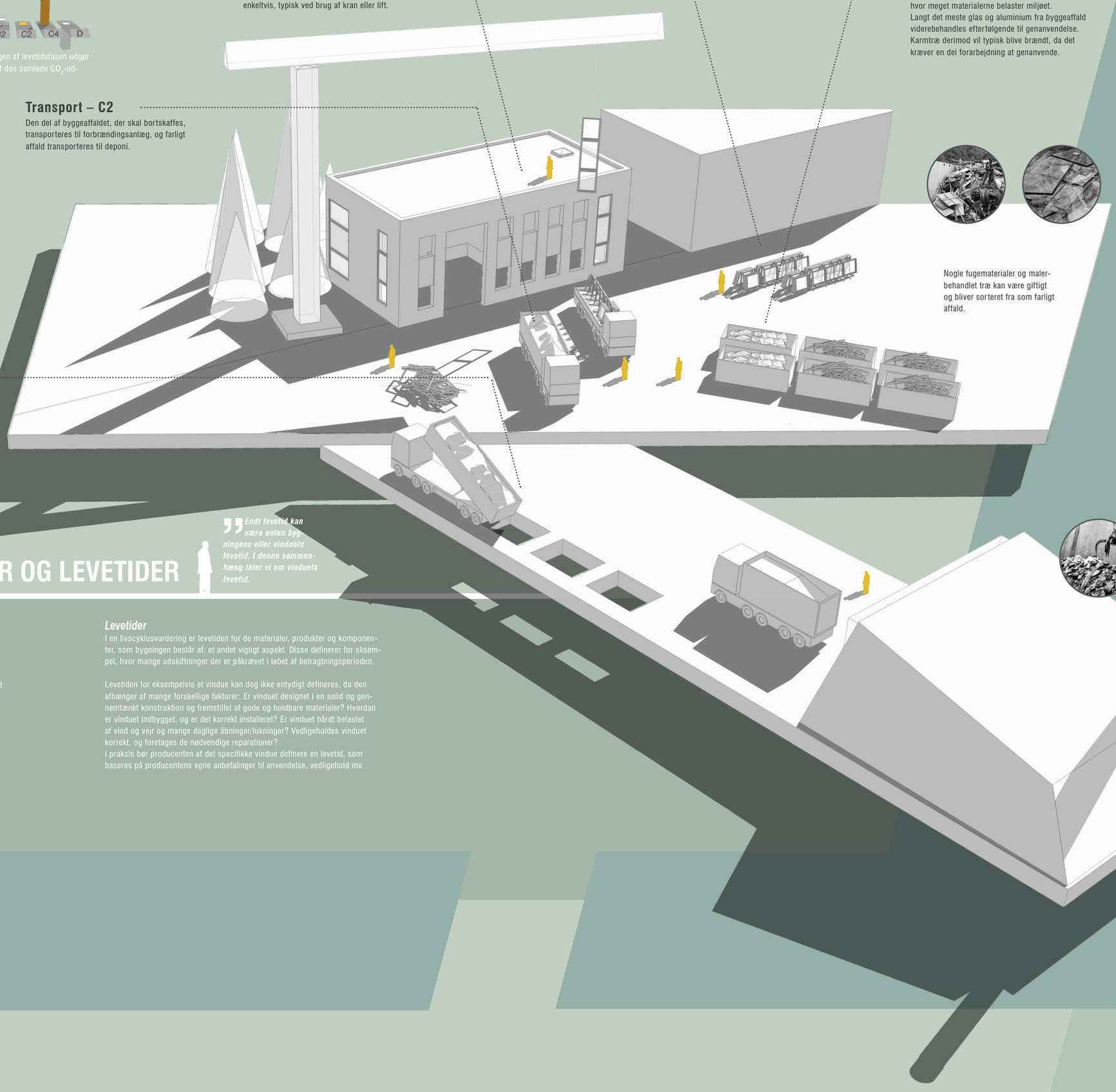
De vinduer, der ikke længere kan anvendes, behandles nu som byggeaffald. Træ, aluminium og glas sorteres i forskellige containere på byggepladsen. En grundig sortering er helt afgørende for, hvor meget materialerne belaster miljøet.
Langt det meste glas og aluminium fra byggeaffald viderebehandles efterfølgende til genanvendelse. Karmtræ derimod vil typisk blive brændt, da det kræver en del forarbejdning at genanvende.

Transport – C2

Materiale til genbrug eller genanvendelse transporteres fra byggepladsen til videre bearbejdning og indbygning i nye byggerier.

Transport – C2

Den del af byggeaffaldet, der skal bortskaffes, transporteres til forbrændingsanlæg, og farligt affald transporteres til deponi.



Nogle fugematerialer og malerbehandlet træ kan være giftigt og bliver sorteret fra som farligt affald.

Bortskaffelse – C4

Byggeaffald, der ikke kan genanvendes, bortskaffes typisk ved forbrænding. Energien, der frigives ved forbrænding, udnyttes til kraftvarme (varme+el) og kan herved erstatte brugen af fossile brændsler.
Farligt affald forbrændes under særlige forhold eller opbevares i depoter i jorden.

Genbrug

Der er flere gode argumenter for a
aluminium. I forhold til ophobning
jordkloden nedbrydes aluminium i
sætning til organiske produkter, hv
at aluminiumsaffald vil fylde i dep
i mange år.

BETAGTNINGSPERIODER OG LEVETIDER

Endt levetid kan være enten bygningens eller vinduets levetid. I denne sammenhæng taler vi om vinduets levetid.

Betragtningsperioder

Betragtningsperioden er den periode, man beslutter at lave LCA på. Betragtningsperioden er særlig vigtig, når man foretager en livscyklusvurdering af en hel bygning, som jo består af mange forskellige materialer, produkter og komponenter, som alle har forskellige levetider og krav til vedligehold og reparationer. Betragtes eksempelvis en bygning over 50 år, hvori der er anvendt vinduer med en levetid på 30 år, indregnes én udskiftning af vinduet i løbet af betragtningsperioden for bygningen.

Betragtningsperioden defineres typisk af bygherren sammen med sin rådgiver. Derudover er der i certificeringssystemer, som fx DGNB, på forhånd fastlagte betragtningsperioder, over hvilke bygningens miljøpåvirkninger skal opgøres.

Levetider

I en livscyklusvurdering er levetiden for de materialer, produkter og komponenter, som bygningen består af, et andet vigtigt aspekt. Disse definerer for eksempel, hvor mange udskiftninger der er påkrævet i løbet af betragtningsperioden.

Levetiden for eksempelvis et vindue kan dog ikke entydigt defineres, da den afhænger af mange forskellige faktorer: Er vinduet designet i en solid og gennemtænkt konstruktion og fremstillet af gode og holdbare materialer? Hvordan er vinduet indbygget, og er det korrekt installeret? Er vinduet hårdt belastet af vind og vejr og mange daglige åbninger/lukninger? Vedligeholdes vinduet korrekt, og foretages de nødvendige reparationer?
I praksis bør producenten af det specifikke vindue definere en levetid, som baseres på producentens egne anbefalinger til anvendelse, vedligehold mv.

NYT SYSTEM

Potentiale for genanvendelse

Genvinding • Genbrug

D

Fasen omhandler de processer, hvor vinduets komponenter lever videre i en ny sammenhæng. Vinduet er enten stadig et helt vindue eller er blevet splittet op i mindre dele, som kan leve videre i en ny sammenhæng. Fasen er scenariebaseret.

Genbrug af vinduer

Når et vindue genbruges, skal levetiden vurderes. De ressourcer, der anvendes ved reparationer og udskiftning, skal vejes op mod produktionen af nyt.

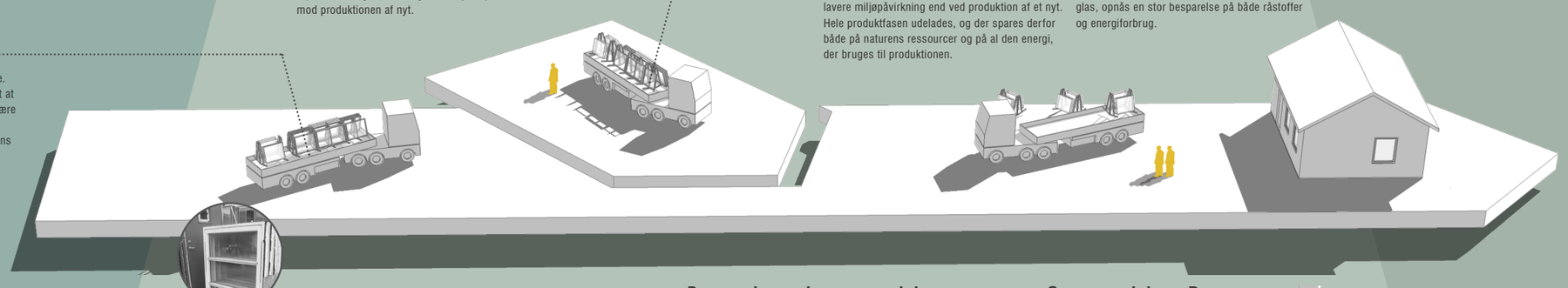
Besparelse ved genbrug

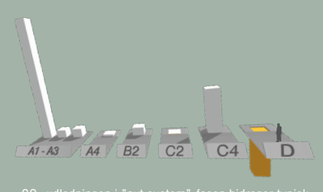
Ved at genbruge hele vinduet opnås en markant lavere miljøpåvirkning end ved produktion af et nyt. Hele produktfasen udelades, og der spares derfor både på naturens ressourcer og på al den energi, der bruges til produktionen.

Også ved genbrug af enkeltdele, som ramme eller glas, opnås en stor besparelse på både råstoffer og energiforbrug.

Genbrug – D

Vinduer kan i nogle tilfælde genbruges direkte. De stigende energikrav gør det dog vanskeligt at genanvende hele vinduer, fordi kravene kan være steget markant på blot 10 eller 15 år. I nogle tilfælde kan glas eller rammer genbruges, mens resten udskiftes.





CO_2-udledningen i "nyt system"-fasen bidrager typisk negativt. Det gør den, da et brugt vindues CO_2-belastning er "betalt", dengang det blev indbygget første gang. Dvs. man rent regneteknisk faktisk kan trække CO_2'en fra i det samlede CO_2-regnskab.

Genbrug af glas

Glas kan ikke genanvendes til produktion af nyt vinduesglas, men genanvendes typisk til eksempelvis isoleringsmaterialet glasuld.

Besparelse ved genanvendelse

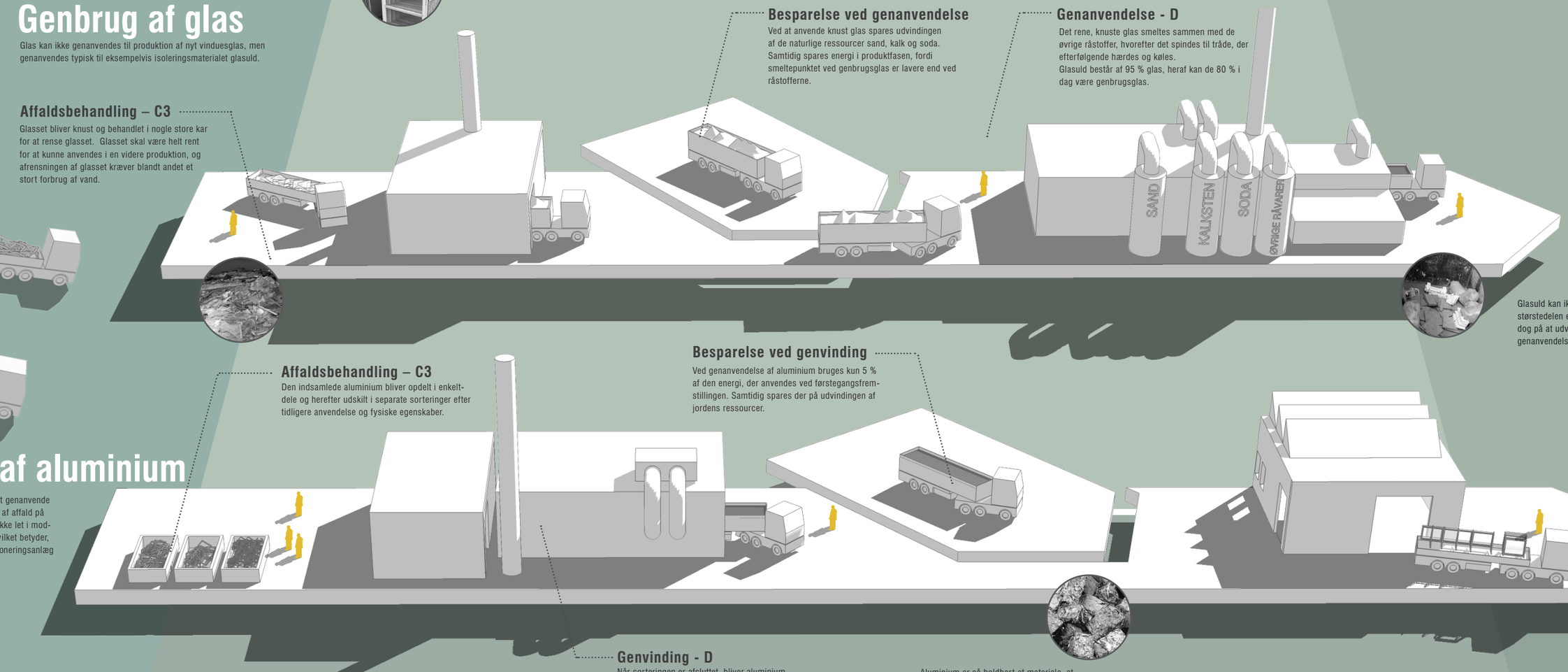
Ved at anvende knust glas spares udvindingen af de naturlige ressourcer sand, kalk og soda. Samtidig spares energi i produktfasen, fordi smeltepunktet ved genbrugsglas er lavere end ved råstofferne.

Genanvendelse - D

Det rene, knuste glas smeltes sammen med de øvrige råstoffer, hvorefter det spindes til tråde, der efterfølgende hærdes og køles.
Glasuld består af 95 % glas, heraf kan de 80 % i dag være genbrugsglas.

Affaldsbehandling – C3

Glasset bliver knust og behandlet i nogle store kar for at rense glasset. Glasset skal være helt rent for at kunne anvendes i en videre produktion, og afrensningen af glasset kræver blandt andet et stort forbrug af vand.



Glasuld kan ikke brænde, derfor deponeres størstedelen efter endt levetid. Der arbejdes dog på at udvikle produkter, der er baseret på genanvendelse af glasuldsmaterialer.

af aluminium

t genanvende
af affald på
kke let i mod-
viket betyder,
oneringsanlæg

Affaldsbehandling – C3

Den indsamlede aluminium bliver opdelt i enkeltdele og herefter udskilt i separate sorteringer efter tidligere anvendelse og fysiske egenskaber.

Besparelse ved genvinding

Ved genanvendelse af aluminium bruges kun 5 % af den energi, der anvendes ved førstegangsfremstillingen. Samtidig spares der på udvindingen af jordens ressourcer.

Genvinding - D

Når sorteringen er afsluttet, bliver aluminium behandlet ved omstøbning. Aluminiumsstykkerne smeltes i store ovne, hvorefter den flydende aluminium omdannes til massive alustænger.

Aluminium er så holdbart et materiale, at 75 % af al den aluminium, der nogensinde er produceret, stadig er i brug.

...MERE OM LCA

Vidste du, at nogle af de første, der interesserede sig for livscyklusvurdering var Coca-Cola...?

1970 - 1990
Undfangelsen

De første studier, der nu anerkendes som LCA, kan spores tilbage til slutningen af 1960'erne og starten af 1970'erne, hvor der var stort offentligt fokus på affaldskontrol og ressource- og energieffektivitet. I 1969 gennemførte Coca-Cola således, som nogle af de første, en beregning af det samlede ressourcebehov og udledning af emissioner for forskellige typer af sodavandsbeholdere.

1990 - 2000
Enigheden

I løbet af 1990'erne steg antallet af videnskabelige workshops og koordinerende aktiviteter over det meste af verden. SETAC1 begyndte at spille en ledende rolle og bragte LCA- udøvere og videnskabsfolk sammen for at udvikle metodikken for LCA. Samtidig påtog ISO2 sig den formelle opgave med at udvikle standarder for metode og procedurer.

2000 - 2010
Anvendelsen

Op gennem 00'erne oplevede LCA en stigende opmærksomhed, og livscyklustankegangen blev indarbejdet i flere EU-politiske initiativer. Samtidig oprettede SETAC1 sammen med UNEP3 et partnerskab, hvis erklærede mål var at bringe LCA i praktisk anvendelse. Indenfor byggeriet igangsatte EU Kommissionen i samarbejde med CEN4-udviklingen af tekniske standarder for, hvordan man udfører en LCA-beregning for byggevarer og bygninger.

2010 -
Lovgivning og almen praksis

Arbejdet med at forfine LCA-metoden har resulteret i, at der indenfor EU nu er introduceret produktlovgivning baseret på LCA. I byggeprojekter er det almindelig praksis, at materialeleverandørerne sender deres EPD til ingeniøren, som beregner bygningens samlede LCA-profil og herud fra kan foretage de rigtige valg af bygningsdesign, materialer og indretning.

HVAD ER ÆKVIVALENTE VÆRDIER...?

Når vi skal vurdere miljøpåvirkningerne - fx fra produktionen af et vindue - er det ikke nok at vide, hvor mange kilo af diverse gasser der udledes. Det væsentlige er, hvilken effekt udledningerne har på miljøet. For at kunne sammenligne effekterne af de forskellige stoffer er vi nødsaget til at omregne dem til samme "størrelse". Det kalder vi for ækvivalente værdier.

Et eksempel: Ved afbrænding af kul udledes der en lang række emissioner (gasser) til atmosfæren, som påvirker miljøet i større eller mindre grad.

I dette eksempel har vi valgt at fokusere på DRIVHUSEFFEKTEN, som påvirkes af forskellige gasser, ofte kaldet drivhusgasser. Heraf er den mest kendte nok CO_2 (Kulilte)

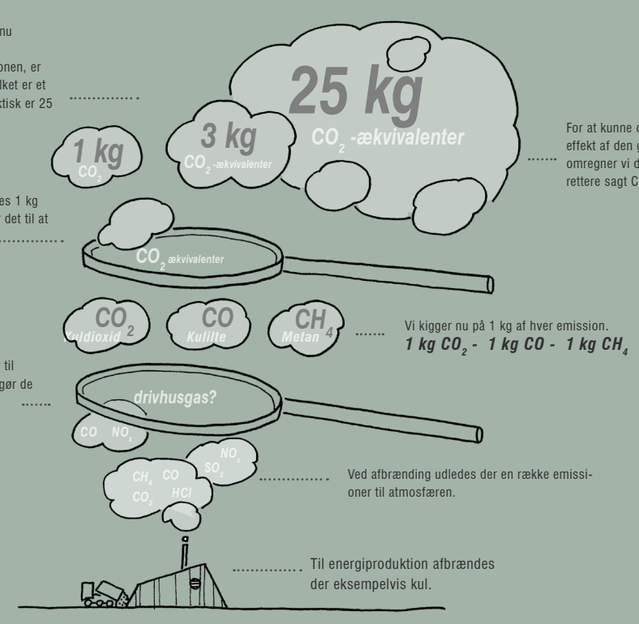
Vi kigger nu nærmere på 3 af de mange drivhusgasser, som udledes til atmosfæren ved afbrænding af kul.
CO_2 (kuldioxid), CH_4 (metan) og Co (Kulilte)
Men vi kan ikke sammenligne 1 kg CH_4 (metangas) med 1 kg. CO_2 (kuldioxid), for metan er en langt mere potent ("farlig") gasart i forhold til drivhuseffekten end eksempelvis CO_2.
I dette tilfælde er metan 25 gange "farligere" end Co_2.

Det betyder i praksis, at når der udledes 1 kg metan til atmosfæren, svarer det til at udlede 25 kg CO_2. Så for ikke at sammenligne æbler og pærer omregnes de øvrige drivhusgasser til CO_2 ÆKVIVALENTER (se illustrationen nedenfor).

For at vurdere effekten på den globale opvarmning opstilles et samlet regnestykke opgivet i CO_2-ækvivalenter:

Bidrag til global opvarmning: 0,1 kg metan x 25 + 2 kg CO_2 x 1 = 4,5 kg CO_2-ækvivalenter

BEMÆRK: Der udledes ikke 4,5 kg CO_2! Der udledes 0,1 kg metan og 2 kg CO_2. Men udledning af disse to gasser til atmosfæren giver samme bidrag til den globale opvarmning, som 4,5 kg CO_2 ville have gjort.



OM PROJEKTET

Projektet er finansieret 50/50 af Grundejernes Investeringsfond, GI, og Københavns Erhvervsakademi, KEA. Hele projektet er nonprofit. Alle resultater og produkter kan frit downloades og anvendes.

Projektet består af 3 hovedelementer:
1. En udstilling på KEA på Nørrebro i København
2. Et undervisningskoncept bestående af 3 moduler
3. En hjemmeside, hvor man bl.a. kan læse om baggrunden for projektet, hente materiale/plancher i forskellige formater, hente de forskellige undervisningsmoduler og få baggrundsviden om LCA.

I projektet fokuserer vi på almindeligt forekommende byggematerialer, som anvendes hyppigt i byggebranchen. Projektets formål er at formidle de principper, der ligger til grund for en LCA, og for at konkretisere det, har vi valgt at arbejde med vinduet som case, med fokus på materialerne træ, glas og aluminium.

Indholdet af udstillingen bygger ikke på ny forskning, men tager derimod afsæt i det materiale, der er udarbejdet igennem de sidste 20 år, hvor begrebet har været kendt.

I dette projekt tager vi afsæt i den europæiske standard, der definerer bygningens livscyklusfaser. (EN 15978:2012).

For at illustrere LCA som metode har vi valgt at beskrive alle de processer, der ligger under de enkelte faser, vel-vidende at det i praksis ikke vil være muligt at fremskaffe valid data til konkrete beregninger. Angivelser af mængder og mål er baseret på overslagsberegninger og skal således forstås som omtrentlige størrelser, baseret på tilgængelige og estimerede data.

Projektet er udarbejdet af en projektgruppe bestående af:
Flemming Carøe Østergaard - FCO arkitektur ApS
Mathias Kemner Høeg - Teknologisk Institut
Henrik Fred Larsen - Teknologisk Institut
Mette Rydahl Anker - Københavns Erhvervsakademi
Magnus Sølvhøj Kühn - Københavns Erhvervsakademi
Peter Falk - Københavns Erhvervsakademi

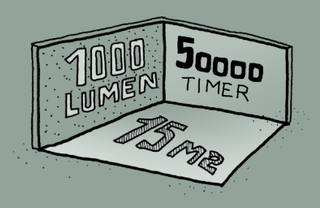
Illustrationer: Flemming Carøe Østergaard - FCO ark.
Projektledelse: Peter Falk - Københavns Erhvervsakademi

Bevillingsgiver:
kea GI

Projektet er udarbejdet af:
kea TEKNOLOGISK INSTITUT FCO arkitektur ApS

DEN FUNKTIONELLE ENHED...

Den funktionelle enhed beskriver den ydelse eller den service, som produktet skal opfylde. I dette eksempel skal et rum på 15m² oplyses med 1.000 lumen i 50.000 timer. Der er altså tale om en kombination af levetid og ydeevne.



2 elpærer med lang levetid og 5 elpærer med kortere levetid vil være to forskellige bud på produkter, der modsvarer den funktionelle enhed. På den baggrund kan det vurderes, hvilke af de to løsninger der reelt har den mindste miljøbelastning.

2 dagslyspærer à 1.000 lumen
med levetid på 25.000 timer
2 x 25.000 = 50.000

5 dagslyspærer à 1.000 lumen med levetid på 10.000 timer
5 x 10.000 = 50.000

HVORDAN UDARBEJDES EN LCA?

I korte træk udarbejdes en LCA typisk igennem 4 trin

1 Formål og afgrænsning
Hovedformålet med en LCA er typisk:
1. Sammenligning af 2 forskellige produkter eller
2. Hotspotanalyse (afklaring af hvilke faser/processer der bidrager med højst miljøpåvirkning)

Det produkt eller den service, der skal analyseres, beskrives og defineres herefter, og de miljøpåvirkninger, som skal medtages i vurderingen, udvælges.

Den funktionelle enhed defineres, dvs. hvad skal produktet kunne levere. Det er vigtigt, at de produkter eller systemer der sammenlignes, leverer den samme "ydelse", fx: "Belysning af 15 kvm med 1.000 lumen i 50.000 timer."

Den funktionelle enhed kvantificeres i en referencestrøm. Dvs. at definere den samlede mængde af materialer der skal indgå i et produkt eller et produktsystem.

2 Kortlægningsanalyse (LCI)
I kortlægningsdelen fastlægges alle in- og output i forbindelse med produktets livscyklus. Det vil sige, at der foretages en kortlægning af, hvilke ressourcer der indgår i produktet, energi-, vand- og materialeforbrug samt udledninger til miljøet.

3 Vurdering af miljøpåvirkninger (LCIA)
Resultatet af en LCA opgøres typisk med en række indikatorer på udvalgte miljøpåvirkninger. Indikatorerne bidrager til en vurdering af ressourceforbruget, samt hvilke miljøpåvirkninger der er forbundet med produktets livscyklus.

4 Fortolkning
Resultaterne af en LCA analyseres og konsekvensvurderes for at vælge det foretrukne produkt eller service.