Miljø- og Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Det Biologiske Hus 2014-2016

MUDP-rapport

September 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: EEN TIL EEN

Grafik: EEN TIL EEN & GXN

ISBN: 978-87-9314-23-9

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

Forord...……..……4-5
Erfaringer og resultater……6-8

1. Bog 1: Affald som ressource……..……..9- 61

2. Bog 2: Det Biologiske Hus……..……62-116

Konklusion……..117

Forord

Projektet Det Biologiske Hus er udført i perioden 01.01.2014 – 31.12.2016 i et tæt samarbejde mellem EEN TIL EEN (projekt-ejer), GXN, NCC Construction, Deloitte og Teknologisk Institut.

EEN TIL EEN kombinerer i dag tegnestue og produktion i ét og har udviklet et nyt modulært og økologisk byggesystem baseret på biologisk plademateriale og digitale produktionsmetoder, som har forsimplet og effektiviseret byggeprocessen. Under sloganet ”Vi printer dit hus” har EEN TIL EEN produceret og opført digitalt fremstillede arkitekttegnede huse i Danmark siden 2010 og eksporterer nu også teknologien til andre lande. Med en stigende efterspørgsel på bæredygtigt byggeri vil branchen i fremtiden opleve en større anvendelse af og efterspørgsel på naturlige og biologiske materialer i vores byggerier. Dette peger i retning af nyt og uudnyttet forretningspotentiale i Danmark, som består af forarbejdning og upcycling af overskuds- og biprodukter fra landbruget til nye sunde byggematerialer.

I dag stammer ca. 40% af verdens CO2 udledning fra byggesektoren. Mange af de byggematerialer der anvendes i dag, stammer fra energitunge produktionsformer, kræver store ressourcemængder at fremstille og kan sjældent genanvendes eller recirkuleres tilbage til naturens kredsløb. Samtidig producerer landbrugsindustrien store mængder organiske restprodukter, som enten sælges til energiproduktion, ender som affald eller blot formuldes. Alene i Danmark produceres der ca. 2.8 mio. tons overskudshalm fra hvedeproduktionen. Ny teknologi kan forarbejde disse restprodukter omdanne dem til værdifulde ressourcer i form af økologiske byggematerialer. Derved kan man indkapsle store mængder karbon i byggeriet, skåne miljøet for udledning af CO2. Det Biologiske Hus vil demonstrere hvorledes man kan bygge et hus af disse bi-produkter fra bl.a hvedeproduktion.

De fire fokusområder for Det Biologiske Hus er:

- Biologiske materialer
- Cirkulære materialekredsløb
- Sundt indeklima
- Grøn vækst

Biologiske materialer. Huset konstrueres af primært restprodukter fra landbrugssektoren; materialer der i dag betragtes som affald og forbrændes med henblik på udvinding af energi. Ved den nuværende forbrænding afkobles de fra naturens kredsløb med tab af muld og overproduktion af drivhusgasser som følge. Målet er at teste og udvikle et egnet materiale i samarbejde med en eller flere materialeproducenter. Fælles for de anvendte materialer vil være, at de er 100% biologiske, og at de kommer fra restprodukter fra landbruget. Denne type materialer kan potentielt overgå nutidens byggematerialers egenskaber (OSB-plader, MDF-plader og krydsfinérsplader) både styrkemæssigt, brandmæssigt og på evnen til at håndtere fugt. Sammensætningen af disse materialer baseres på plantefibre og vegetabilske bindemidler, der også udvindes af bioråstof og indeholder ingen skadelig kemi eller formaldehyd.

Cirkulære materialekredsløb. Produktionen af huset vil blive baseret på EEN TIL EEN’s byggemetode, der via digital software og en CNC maskine kan ”printe” fysiske byggemoduler direkte fra en 3D tegning. En ny og avanceret produktionsteknologi, der kan konstruere bygninger ”on-site”, bestående af moduler som er lette at samle og adskille uden materialespild. Moduler der er fuldt forberedt til efterfølgende entrepriser og som let kan monteres af to mand uden brug af

kran eller tungt udstyr. Byggemetoden er baseret på 'mass-customization', som sætter individualitet og slutbrugerens ønsker i fokus og samtidig holder styr på materialeforbrug og bæredygtige parametre. Teknologien er velafprøvet i adskillige træbyggerier, og der ligger et potentiale i at kombinere denne erfaring inden for bæredygtig digital produktion med nye biobaserede materialer. Målet er at eftervise at denne teknik er velegnet til de biologiske materialer.

Sundt indeklima. De naturlige materialer tillader at arbejde med en diffusionsåben konstruktion, da materialer, der oprinder fra planteriget besidder hygroskopiske egenskaber – dvs. evne til at optage og afgive fugt. I og med at man ikke sammensætter forskelligartede materialer som opfører sig forskelligt ved diffusion, kan man udelade dampspærre og dermed arbejde naturligt med fugt. Som resultat opnår man et langt mere behageligt, tempereret og sundere indeklima. Når der derudover vælges rene byggeprodukter fra naturen, som er testet og fri for skadelige stoffer, afgasses der ikke uønskede stoffer til indeklimaet, som f.eks. kulbrinter, aldehyder m.m, hvilket er med til at sikre huset et godt og sundt indeklima.

Grøn vækst. Projektets mål er at udvikle og stimulere cirkulær økonomi og anvise et nyt potentielt marked for dansk bygge- og landbrugsindustri via forædling af restprodukter fra landbrugssektoren. Det Biologiske Hus vil anvende komponenter af biologiske restmaterialer, der er designet til adskillelse og i sidste ende at føres tilbage til det biologiske kredsløb. Disse materialer skal indgå i intelligente løsningsmodeller, som sikrer at de nemt kan genbruges i komponentform, eller efter endt brug let kan skilles ad og returneres tilbage til jorden - i stedet for at belaste miljøet. Dette kunne kaldes en form for kulstofhåndtering, hvor målet er at få kulstof og næringsstoffer indkapslet så længe som muligt i værdifulde materialer med gode egenskaber i byggeri. Dermed sparer man ikke blot atmosfæren for en masse CO2 og får opbygget en sundere bygningsmasse, man skaber samtidig også et nyt marked med et bæredygtigt vækstpotentiale og potentielt nye arbejdspladser i Danmark.

Det biologiske hus er et nyt og unikt huskoncept på det danske marked. En ny bæredygtig hustypologi af høj kvalitet, som er primært bygges af biobaserede overskudsprodukter fra landbrugsindustrien. Projektet skal konkret resultere i en fuldt funktionel én familiebolig, der demonstrerer et nyt og bæredygtigt samspil mellem de 4 fokusområder: Biologiske materialer, cirkulære materialekredsløb, sundt indeklima og grøn vækst. Projektet skal udmunde i en showcase for bæredygtigt dansk byggeri samt et fremtidigt nyt marked inden for udnyttelse af restprodukter fra den danske jordbrugsproduktion. Huset vil blive udstillet på Byggecentrum i Middelfart og demonstrere at man i dag kan bygge effektivt, moderne og bæredygtigt ved at anvende biobaserede restmaterialer og nye digitale produktionsmetoder.

Det Biologiske Hus er det første danske huskoncept som anvender avanceret digital fremstillingsteknologi i udnyttelse af overskudsmaterialer fra landbrugsindustrien. Projektet anvender 'Cradle to Cradle' principper, materiale upcycling, off-grid energiproduktion og decentral spildevandshåndtering i et moderne og økologisk hus med høj arkitektonisk kvalitet. Det Biologiske Hus er et konkurrencedygtigt og konkret bud på fremtidens ressourcebevidste byggeri til den moderne danske familie.

Resultatet af projektforløbet er et opført demonstrationshus på 145m² i Middelfart, som er det første hus i verden der er konstrueret af halmplader via digital fremstillingsteknologi. I Det Biologiske Hus er der repræsenteret over 40 leverandører, primært fra den danske byggebranche, som fremviser nye bæredygtige byggeteknologier og løsninger. I forlængelse af opførslen af Det Biologiske Hus og den stigende interesse for projektet etablerer EEN TIL EEN i samarbejde med HUSET's Byggeudstilling nu BIOTOPEN – Et permanent udstillings- og aktivitetscenter for bæredygtigt byggeri. Biotopen vil ud over at udstille bæredygtige materialer, teknologier og produkter afholde kurser, events, workshops og konferencer inden for bæredygtigt byggeri.

Erfaringer og resultater

Biologiske Materialer. Projektets primære opgave har været at lokalisere og undersøge biologiske byggematerialer egnet til byggeri, som består primært af biobaseret råmateriale med oprindelse fra planteriget. Der er i løbet af projektet identificeret en række spændende biologiske produkter, men en af de store udfordringer har været lokalisere biologiske byggeprodukter, der er gennemtestet, kommercielt tilgængelige og med den nødvendige dokumentation. Det er lykkedes projektet at demonstrere 3 biologiske primær-produkter i demonstrationshuset, som tilsammen udgør størstedelen af husets konstruktion. Produkter der kan klassificeres som reelt biologiske byggeprodukter (primært bestående af biobaseret materiale oprindende fra planteriget), der er kommercielt tilgængelige og opfylder love og regler vedrørende anvendelse i byggeri. Produkterne kan indgå i et cirkulært materialekredsløb og kan grundet deres opbygning og husets modulære konstruktionsmetode enten genbruges direkte eller genanvendes til nye produkter. Disse produkter består dels af en vegetabilsk tagmembran, en konstruktions plade af halm samt et løsuldsisoleringsprodukt af ålegræs, alle primærelementer i en bygning, som er blevet konkret anvendt og testet i det biologiske hus. Der er derudover anvendt en del andre nye byggeprodukter, som indeholder biobaserede elementer og additiver, men som pga. dette ikke kan klassificere som rene biologiske produkter. Projektets undersøgelser har desuden konstateret at der findes et stort antal af nye produkter, som er under udvikling og på vej på markedet, hvilket understreger den stigende efterspørgsel på og de økonomiske fordele i at anvende fornybare og biobaserede ressourcer i byggeriet. Projektets primære læring har ligget i anvendelse af den nye konstruktions-halmplade, som har vist sig at opføre sig væsentligt anderledes and konventionelle træbaserede plader under forarbejdning. Særligt halmpladen, som indgår i husets konstruktion, har krævet grundig undersøgelser i forholdt til styrke og hvordan pladen bearbejdes bedst ved brug af CNC maskiner samt hvorledes materialet opfører sig under forskellige fugtforhold og deraf afledte og nødvendige krav til tolerancer. Ligeledes har løsuldsisoleringsproduktet, bestående af ålegræs krævet gennemgående tests og undersøgelser. Både halm-pladen og ålegræsset er derudover blevet testet for styrke, isoleringsevne m.m. på Teknologisk Institututs laboratorie for biobaserede produkter.

At biologiske materialer opfører sig markant anderledes og skal håndteres derefter, også særligt i forhold til fugt, er en væsentlig faktor i udbredelsen og anvendelsen af disse nye materialer. Derudover er dokumentation af egenskaber samt erfaringer i konkrete byggerier svært fremskaffelige, som er en nødvendig parameter, når man arbejder med aktiv fugtvandring i konstruktionen fremfor at blokere for fugt med dampspærre og suge fugt ud af huset via mekaniske anlæg. At projektere en diffusionsåben konstruktion kræver at man kender til fysikkens forhold omkring diffusion samt indgående kendskab til materialernes fugthåndterende egenskaber og samspillet med øvrige elementer i husets konstruktion og sammensætning. Det har været ambitionen med det Biologiske Hus at øge fokus på brugen af biologiske fugthåndterende materialer samt bygge en show-case i en sammenhæng med Byggecentrums øvrige aktiviteter, således at projektet fremadrettet kan indeholde uddannende aktiviteter for både udførende og rådgivende i byggebranchen. I forlængelse af projektet er EEN TIL EEN i samarbejde med bl.a. HUSET og DTU påbegyndt etableringen af BIOTOPEN ® - et nyt udstillingscenter for bæredygtigt byggeri, som vil huse udstilling af og undervisning i nye biologiske materialer og bæredygtige byggeteknologier.

Cirkulære materialekredsløb. Byggeteknologien der er blevet anvendt i Det Biologiske Hus er udviklet til anvendelsen af krydsfiner af nordisk gran. Adskillige huse er blevet opført med denne

teknologi og viden samt data omkring fugtvandring er oparbejdet løbende igennem de sidste 7-8 år. At introducere et nyt plademateriale bestående af pressede plantefibre har stillet nye krav og udfordringer til den digitalt baserede produktionsteknologi. Derfor valgte vi i projektet at opføre et bygningsmodul på 3x5 meter 1 år forinden, det egentlige byggeri af demonstrationshuset. Dette modul er blevet løbende monitoreret og undersøgt i forhold til pladens karakteristika, herunder håndtering af fugt, tolerancer og vejr-påvirkninger. Fokus i projektperioden har være at bevare byggeteknologiens digitale optimeringsprocesser vedrørende materialeforbrug og den modulære opbygning, således at byggekomponenter nemt kan demonteres og genbruges direkte i andet byggeri eller skilles helt ad og recirkuleres til produktion af nye plader. Pladens opbygning, sammensætning og bindemiddel (lim-type) gør det muligt at lave nye plader af gamle plader. Dette giver et cirkulært materialekredsløb, som overgår brugen af krydsfinerplader, da denne type plader værdiforringes ved en genanvendelsesproces, der sender dem en skridt ned i anvendelseskategori og ofte ender som spånplade. I forhold til at stimulere et cirkulært materialekredsløb er Det Biologiske Hus endvidere projekteret og opført men en række samlingsdetaljer, som gør det muligt at adskille huset i sektioner, og dermed bevare værdien i byggematerialerne ved ombygning. Dette giver mulighed for frasalg af enkelte dele af huset ved fremtidige behovsændringer.

Sundt indeklima. Igennem projektet er der blevet screenet adskillige materialer og teknologier som kan bidrage til et sundt indeklima. Her har åndbarhed, naturlig ventilation, temperatur regulering samt materialer med luftrensende egenskaber været i fokus. I forhold til åndbarhed har der været stort fokus på konstruktionens diffusionsmodstand, som er evnen til at lade fugt gennemtrænge et givent materiale. Den almindelige anbefaling inden for åndbare konstruktioner er, at man som minimum arbejder med et 1:5 forhold – altså at den indvendige varme side er 5 gange tættere end den udvendige kolde side af konstruktionen. Da huset er konstrueret af plader, der omdannes til byggekomponenter af et ensartet plademateriale er forholdet i Det Biologiske Hus 1:1 og ikke 1:5. Dette forhold er blevet studeret indgående og der hentet inspiration fra bl.a. Tyskland hvor forsøg har vist, at der kan være en fordel i at have et 1:1 forhold, således at konstruktionen har mulighed for at diffundere til begge sider og ikke kun udadtil, som er det normalt forskrevne. Dette er særligt hensigtsmæssigt om sommeren, hvor damptrykket i visse tilfælde kan vende og fugten vil vandre indad i konstruktionen og vil således kunne blive luftet ud via boligens naturlige ventilationskanaler. For at kunne følge fugtvandringen under de særlige forhold er der monteres fugtmonitorerende udstyr i dele af konstruktionen, som løbende bliver afmålt. Brugen af naturlig ventilation i kombination med en åndbar konstruktion har været en vigtig strategi i konceptets udvikling for at fremme et sundt og behageligt indeklima samt en lavpraktisk ventilationsløsning med minimal vedligehold, herunder service. Huset er udstyret med strategisk placerede ventilationsvinduer, som naturligt lader frisk forvarmet luft trænge ind i boligen. Dette system er baseret på simpel termik og følger derfor årstidens klima og indeholder ingen elektriske komponenter. Vinduernes ekstra varmetilførsel til huset kan yderligere optimeres og genanvendes ved tilkobling af en fralufts-brugsvands-varmepumpe. En varmepumpetype som har været anvendt i Sverige, men som ikke er så kendt på det danske marked endnu. Denne varmepumpe suger gammel overskydende luft ud af boligen og krydser det over i et vandbårent system, som derefter kan bruges som brugsvand eller til gulvvarme. Et simpelt, lavpraktisk og holistisk varme og ventilations-system, som giver et naturligt og sundt indeklima med et lavt energiforbrug. Monitorering af dette systems drift, komfort og ydeevne foretages løbende huset.

Grøn vækst. For at opfylde projektets målsætning om at stimulere cirkulær økonomi har projektgruppen igennem projektperioden udviklet et huskoncept, der er baseret på intelligent udnyttelse af halm, som et dansk overskudsprodukt med et stærkt cirkulært potentiale. En del ressourcer og restprodukter har været undersøgt undervejs i processen og vores konklusion er at halm er det mest optimale overskudsmateriale at udnytte i dag – primært pga. af de store mængder, men også styrken af fibrene og halmens høje indhold af bindemidlet lignin. Udnyttes den danske overskudshalm fuld ud vil det svare til materiale nok til opførslen af omtrent 40.000

huse årligt. Altså et relativt stort uudnyttet potentiale for et nyt dansk byggeprodukt, som ville genere nye jobs samt en betydelig reduktion af landets samlede CO2 udledning. Konceptet er baseret på anvendelse af et komprimeret plademateriale og vil således kræve etablering af lokale forarbejdningsfaciliteter. Der er i projektet etableret samarbejde med en udenlandsk virksomhed, som er førende på markedet inden for halmplader og har erfaring med etablering af netop denne type produktionsfaciliteter. Gennem projektet er der i samarbejde med Deloitte udviklet forretningsplan og kalkulemodeller for genbrug af bygningskomponenter og genanvendelses af halmfibre fra gamle plader til produktion af nye, som belyser nogle af de økonomiske fordele der ligger i anvendelsen af et overskudsmateriale i en modulær og cirkulær kredsløbsmodel.

Det færdige byggeri står nu opført i HUSET's byggeudstilling i Middelfart og bliver bl.a. anvendt til workshops og events af de deltagende leverandører til konceptet. Huset er yderligere åbent for offentligheden på udvalgte dage, hvor man kan komme og høre, se og røre de materialer og teknologier der er anvendt. En del af husets konstruktion er bevidst eksponeret i et udvalgt område af huset, således at man kan opleve og forstå husets sammensætning og konstruktion. Husets konstruktion består primært af biologisk materiale og de steder hvor det ikke er muligt eller giver mening at anvende biologiske materialer, er der i stedet udvalgt løsninger, som teknologisk indskriver sig i en holistisk og bæredygtig model, som vi kalder "Building in Balance". Det er f.eks de integrerede solceller på den sydvendte tagflade, som er koblet op til markedets eneste "Cradle to Cradle" certificerede batteri, bestående bl.a. saltvand og ikke indeholder giftige og eller farlige(eksplosive) komponenter. Det betyder at vi kan lagre strømmen fra solcellerne forsvarligt og bruge den når der er behov for den – en løsning der peger i retning af potentiel off-grid model for fremtiden bæredygtige bolig. Et andet eksempel er håndtering af spildevand, som foregår via et biologisk minirenseanlæg, som renser al huset spildevand, som derefter ledes tilbage til naturens kredsløb. Som indvendig overflade er der, for at opnå et moderne udtryk, valg en gipsplade der indeholder cellulose-fibre samt udtræk fra fåreuld, som har luftrensende egenskaber. På facaden er valgt en træbeklædning af nordisk fyr, der er imprægneret med et biologisk udtræk fra majs, som giver træet en holdbarhed den minder om tropisk træ. Disse løsninger samt flere kan nu opleves i en sammenhæng i det færdigbyggede Biologiske Hus i Middelfart.

I projektperioden er der blevet udarbejdet 2 bøger, der beskriver projektets aktiviteter, som kan læses i denne rapport. De giver et indblik i udviklingen af konceptet, herunder processen, undersøgelser og de opdagelser projektgruppen har gjort undervejs.

Bog 1: Affald som Ressource beskriver projektets undersøgelser af tilgængelige biobaserede rest- og biprodukter i Danmark. Ressourcer der i dag ikke udnyttes optimalt og som har et fremtidigt potentiale for anvendelse i dansk byggeri.

Bog 2: Det Biologiske Hus beskriver udviklingen af huskonceptet, byggesystemet og selve byggeriet af Det Biologiske Hus. Det opførte demonstrationshus er en fuldt funktionsdygtig én familiebolig på 145 m². Det Biologiske Hus vil være tilgængeligt for offentligheden og kan besøges på adressen:

HUSET's Byggeudstilling
Hindsgavl allé 4
5500 Middelfart.

Gennem projektforløbet er der desuden udviklet en cirkulær forretningsmodel, byggeteknisk projektgranskningsrapport, livscyklusanalyse, indeklimamåling samt installeret fugtmoniterende udstyr i husets konstruktion.

For mere information om bygningskonceptet:
www.eentileen.dk
www.detbiologiskehus.dk

1. Affald som Ressource

Den følgende bog beskriver projektets undersøgelser af tilgængelige biobaserede rest- og biprodukter i Danmark. Ressourcer der i dag ikke udnyttes optimalt og som har et eventuelt fremtidigt potentiale for anvendelse i den danske bygge- og materialeindustri.

Affald som Ressource

Udgivet i 2016 med støtte fra Miljøstyrelsen

Indhold

Vision og Baggrund **5**
Vision 7
Fremgangsmåde 9
Affald i Danmark 13
Definitioner for genanvendelse 15

Ressourcer **19**
Indledning 21
Land- og jordbrug 23
Randzoner 31
Kyst- og vådområder 43
Industri 51
Møder med interessenter 67
Muligheder og udfordringer 81

Nye materialer **85**
Introduktion 87
Fra biprodukt til plade 89
Sensoriske test 101

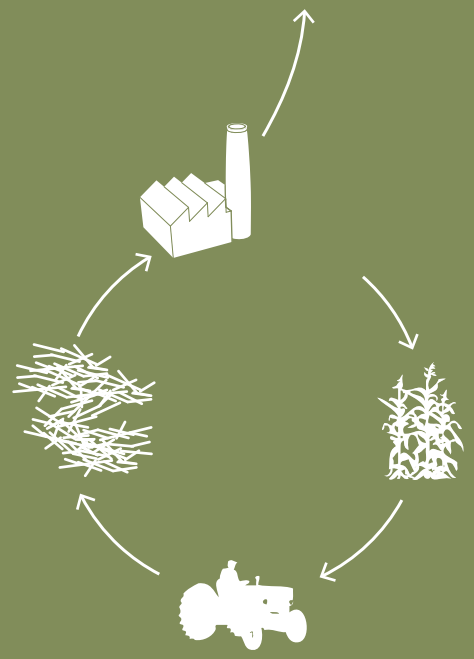


Diagram: Fra forbrænding af restprodukter.

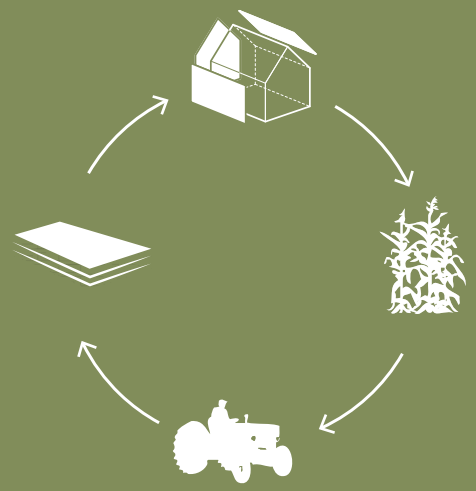


Diagram: Til kredsløb af ressourcer.

Vision og Baggrund

Vision
Introdution

Fremgangsmåde
Bogens tilgang og proces

Affald i Danmark
Hvor skal vi lede?

Definitioner for genanvendelse
Genanvedelse af biprodukter

‘Et visionært citat om ambitionen med det biologiske hus’

Kasper Guldager Jensen
Arkitekt, senior partner 3XN og direktør GXN

Vision
Introduktion

Byggebranchen sætter gennem et enorm ressourceforbrug ikke bare et stor negativ aftryk på miljøet, den er også afhængig af en råvarer til produktion af byggematerialer.

I Europa står byggebranchen for 40% af det samlede materialeforbrug og i Danmark står byggeriet for 30% af den samlede producerede affaldsmængde. Disse fakta kombineret med tidens stigende ressourceknaphed og de deraf stigende materialepriser, betyder at byggebranchen bliver nødt til at omstille sig. Måden hvorpå materialer produceres og affald håndteres skal gentænkes hvis det i fremtiden skal være rentabelt at bygge.

Denne bog undersøger mulighederne for hvordan branchen kan omstilles til en cirkulær fremtid hvor affaldet er en ressource der indgår i produktionen af fremtidens materialer. Visionen er at kortlægge hvilke muligheder der er i affaldstrømmene som en kilde til råvarer og den moderne teknogis produktionsmuligheder. Bogen fokusere på at identificere biologiske biprodukter og rester fra landbrugs- og industrisektoren.

Top: Halmstrået lige før høst.

Midt: Høstet halm.

Bund: Plade af upcyclet halm.

Fremgangsmåde
Bogens tilgang og proces

Fremgangsmåde
I Affald som Ressource opsummeres en række undersøgelser af biologiske biprodukter, hovedsageligt fra dansk industri, jord- og landbrug, der i fremtiden vil kunne ses som værdifulde ressourcer med anvendelsesmuligheder i produktion af biologiske materialer til byggeindustrien. Her er ambitionen at de vil understøtte en materialemæssig cirkulær økonomi.

Formålet er at danne et overblik over, hvilke områder i landbrug og industrisektoren, der rummer størst potentiale for at finde og udnytte biprodukter som fremtidige ressourcer.

Fremtidige udnyttelse
Det er ikke muligt at give et fuldt dækkende billede over danske biprodukter, da dele af landbrugs- og industriaffald ikke bliver registreret i affaldsdatasystemet. Bogen sigter derfor i højere grad efter at tjene som inspiration for den fremtidige udnyttelse af biprodukter.

Undersøgelsen af mulige ressourcer er opdelt i tre overordnede dele, der tilsammen skal give et overblik over mulige metoder og områder inden for industrier, hvor fremtidige biologiske materialer kan findes.

‘Det Biologiske Hus er en teknologisk milepæl, der eksemplificerer en global løsning på lokale udfordringer i byggebranchen - og dermed os alle sammen’

Frederik Agdrup
Partner, EEN TIL EEN Arkitektur & Byggeri

Vision og Baggrund
I dette kapitel redegøres der for begreberne recycling, downcycling og upcycling. Derudover eksemplificeres begrebet upcycling. Samt redegøre for hvordan Det Biologiske Hus samlet set adresserer i EU’s 3R-direktiv om affaldsudnyttelse. Sidst i kapitlet redegøres der for valg af sektorer til videre undersøgelse af biprodukter.

Ressourcer
Dette kapitel gennemgår forskellige sektorer inden for landbrug og industri for at kortlægge typer af biprodukter, og er en indledende eksplorativ undersøgelse af ressourcer, der rummer potentiale for at kunne indgå i produktion af danske biologiske byggematerialer.

Nye materialer
I dette kapitel diskuteres problemstillingerne for upcycling af biprodukter, og som afslutning på rapporten, opsummeres

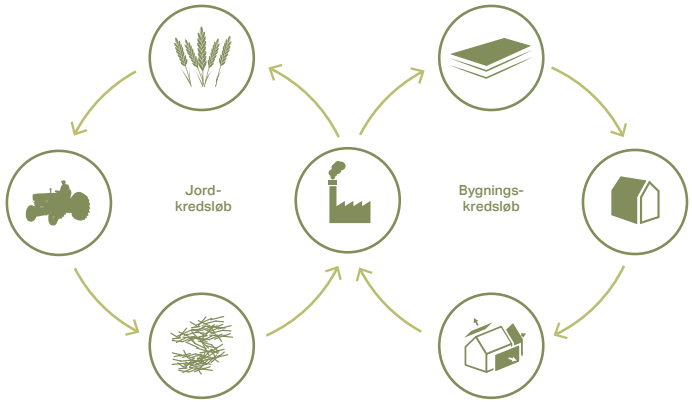
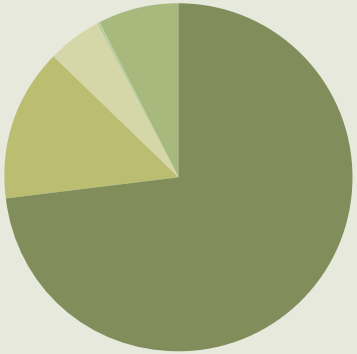
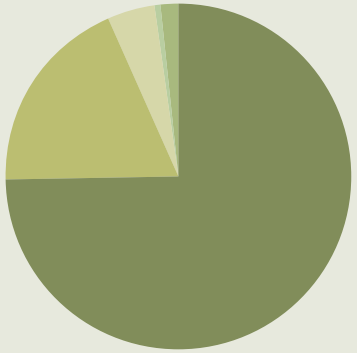


Diagram: Målet er at skabe et kontinuerligt kredsløb mellem landbrug og byggeri hvor restprodukter fra eksempel en høst kan upcycles til genanvendbare byggematerialer, som efter endt levetid kan bruges som næringsstoffer til nye afgrøder, osv.



Industriaffald

Genanvendelse	0.8 mio. tons
Forbrænding	0.2 mio. tons
Deponering	0.06 mio. tons
Midlertidig oplagring	0.003 mio. tons
Særlig behandling	0.09 mio. tons



Landbrugsaffald

Genanvendelse	1.0 mio. tons
Forbrænding	0.3 mio. tons
Deponering	0.1 mio. tons
Midlertidig oplagring	0.01 mio. tons
Særlig behandling	0.02 mio. tons

Diagram: Affald i Danmark registreres og beskrives i affaldssystemet ADS.

Affald i Danmark
Hvor skal vi lede?

Biprodukter uden for systemet
Ved at tage direkte fat i producenterne får man adgang til den største mængde biprodukter, da langt fra alle biprodukter registreres i det traditionelle genbrugssystem — affaldsdatasystemet (ADS). For eksempel findes der landbrugssektoren ifølge ADS 0,1 mio tons affald, hvilket ikke er meget sammenlignet med andre sektorer (der registreres årligt 9,1 mio tons affald i Danmark totalt i ADS). Alligevel efterlades der årligt 2,1 mio tons halm på markerne, det vil sige 21 gange så meget som den samlede mængde registrerede affald for landbruget 2011. Denne uoverensstemmelse skyldes, at langt størstedelen af landbrugets biprodukter ikke medregnes i datasystemet, da landbruget selv står for afskaffelsen af produkterne gennem nedpløjning, foder eller afbrænding.

Direkte dialog med producenterne
Gennem direkte dialog med produktionssektorene er det muligt at skabe den bedst mulige håndtering af biprodukterne. Dermed kan produktionen skærpes og effektiviseres for at sikre den bedst mulig adgang til biprodukterne.

Undgå blanding af råmaterialer
Ved dialog med produktionssektorene kan man sikre sig, at biprodukterne ikke bliver blandet med andre produkter. Jo renere et biprodukt er, jo lettere er det at udnytte effektivt senere hen. Adskillelsen af produktet i flere fraktioner vil ofte være både besværlig og ressourcekrævende.

Diagram: Downcycling forlænger blot levetiden på materialet, men i sidste instans ender produktet alligevel som affald, da kvaliteterne i produktet forringes gennem forarbejdning.

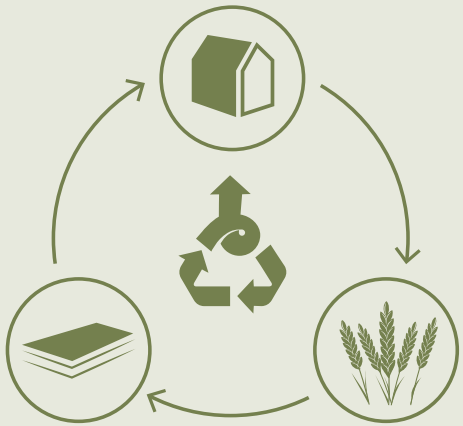


Diagram : Upcycling er processen, hvor affaldsmaterialer eller ubrugelige produkter omdannes til nye materialer eller produkter af bedre kvalitet og bedre miljømæssig værdi.

Definitioner for genanvendelse
Genanvendelse af biprodukter

Recycling
Bogen opdeler begrebet recycling i to underkategorier; downcycling og upcycling.

Downcycling
En betonvæg, der efter endt brug knuses og bruges som vejfyld, betegnes som downcycling. Væggen har mistet sin tidligere kvalitet og potentiale for genanvendelse ved at indgå i et blandingsprodukt af lav kvalitet.

Ved downcycling ser man ofte, at materialer bliver tilføjet kemiske stoffer og omdannet under energikrævende processer for at give materialet ønskelige kvaliteter.

Dette gør, at materialerne enten bliver umulige at skille ad, eller kun kan skilles ad gennem dyre og ressourcekrævende processer. Det vil sige at en videre genanvendelse af materialerne enten vil være uhensigtsmæssig økonomisk såvel som miljømæssigt eller ligefrem umulig. Derfor ses en downcycling proces blot som en forlængelse af materialets vej mod deponi eller afbrænding — fra vugge til grav (cradle to grave).

Downcycling må ses som den laveste form for genbrug, hvis primære kvalitet må være at reducere forbruget af nye råstoffer.

Diagram : Det ideelle forhold mellem at reducere mængden af affald, direkte genbrug og recirkulering af ressourcer.

Upcycling
Upcycling er processen, hvor affaldsmaterialer eller produkter af lav værdi omdannes til nye materialer eller produkter af bedre kvalitet og højere miljømæssig værdi. Processen reducerer forbruget af nye råstoffer og energiressourcer samt forhindrer produktionen af nyt affald. Vi lever i en verden med begrænsede ressourcer, hvis tilgængelighed har nået et kritisk niveau.

Upcycling handler som koncept om at designe produkter, der kan indgå i et lukket kredsløb, hvor man i stedet for at devaluere materialer oparbejder dem gennem et produktionssystem.

SR-Strategien
Ifølge EU's direktiv om affaldshåndtering beskrives 3R-strategien, der er bedre kendt som reduce, reuse, re-cycle, som fremgangsmåden, hvorpå vi skal tænke behandlingen af vores restprodukter. Strategien går grundlæggende ud på at minimere mængden af affald, nedsætte energiforbruget samt at mindske udledningen af CO_2, gennem reducering af forbrug, direkte genbrug af produkter, og sidst recirkulering af materiale.

Reduce
Det Biologiske Hus reducerer materialeforbruget i forhold til et traditionelt byggeri på følgende to niveauer:

1: Bruger restmaterialer fra anden produktion, hvilket nedsætter behovet for produktion af nye råmaterialer.

2: Byggeriet er designet udelukkende af fornybare ressourcer, der kan indgå i kredsløb efter endt brug. Dette reducerer mængden af byggeaffald.

Reuse & recycle
Produktionsmetoden i Det Biologiske Hus understøtter muligheden for direkte genbrug igennem design for adskillelse. Ydermere gør sammensætningen af materialer, at de også kan genanvendes til produktion af nye materialer, hvilket forudsætter at der bruges rene biologiske materialer der er testet og dokumenteret.

Ressourcer

Indledning
Identificering af ressourcer

Land- og Jordbrug
Ressourcer og potentialer

Randzoner
Ressourcer og potentialer

Kyst- og vådområder
Ressourcer og potentialer

Industri
Ressourcer og potentialer

Møder med interessenter
Produkter

Muligheder og udfordringer
Perspektivering

Indledning
Identificering af ressourcer

Generelt
I følgende del af Affald som Ressource redegøres der for mulige biologiske biprodukter, som kan tildeles en højere udnyttelsesgrad og let kan omdannes til byggematerialer.

For hvert biprodukt vil der være en kort beskrivelse, samt om muligt en vurdering af tilgængelig mængde og kvaliteter af produktet. Samlet vil dette give en ide om, hvor egnet produktet er til at indgå i en produktion af byggematerialer i stor skala.

I bogen er der i vid udstrækning undladt at undersøge biprodukter, der i dag bruges som foder til dyr. Den såkaldte ILUC faktor (Indirect Land Use Change). Ved udnyttelsen af potentielle fødevarer til byggematerialer, ville man blot udfylde et vakuum, idet man hermed skaber et nyt behov i form af mangel på fødekilder. Dette vil bidrage til en uhensigtsmæssig øget produktion og miljøbelastning.

Land- og Jordbrug
Forudsætninger, potentialer & udfordringer

Diagram: Land- og Jordbrug i Danmark.

Forudsætninger

Råmaterialet må ikke kunne bruges til dyrefoder.

Råmaterialet findes steder, hvor potentialet for jordforbedring er lavt.

Råmaterialet må findes steder uden konkurrerende aftagere.

Potentialer

Store mængder.

Brede anvendelsesmuligheder af råstofferne.

Udfordringer

Pris på indsamling af råmateriale.

Høj udnyttelsegrad i dag.

Typer af biprodukter

Ikke forarbejdede råmaterialer.

Tomatplanten bliver dyrket i hele verden men stammer oprindeligt fra Sydamerika. Denne tomatplante kaldes snoretomat og vokser 12 meter på en sæson og optager 9 liter vand dagligt.

Tomat
Stængler som ressource

Generelt
Tomatplanten bliver dyrket over hele verden, men stammer oprindeligt fra den sydamerikanske jungle, hvor den kravler henover jorden, slår rødder hist og her og slynger sig rundt om træstammer for at komme op i højden, nærmest som en lian, og vokser gennem hele sin levetid.

Busk-, potte- og flerstammede tomatsorter er genetisk programmeret til at standse længdevæksten og modne frugter, så snart planten har nået en bestemt længde, men de fleste drivhussorter bevarer den ubegrænsede længdevækst på hovedstænglen. Disse tomater kaldes også snoretomater og vokser op til 16 meter pr. sæson. Ved tomatplanten, spises frugterne, bladene fjernes og komposteres, mens stænglerne ikke bruges til noget formål. Stænglerne indeholder lange stærke fibre, der er potentielt velegnet til produktion af plademateriale til byggeri.

Fordele og ulemper
Der er en nylon snor snoet omkring stænglerne, som bruges i produktionen til at binde dem op for at undgå at stænglen knækker. Dette udgør en udfordring i forhold til upcycling af materialet, da de er svære at skille fra. Derudover produceres der kun begrænsede mængder tomatstængelaffald fra gartnerierne

Muligheder
Plader.

Danmarks hamlproduktion er stor og har mange potentialer til at kunne blive genandvendt. Halm er en CO_2-neutral brændsel og bliver blandt andet brugt i varmværker på gårdanlæg.

Halm
Strå som ressource

Generelt
Halm er de strå, som bliver tilbage, når kornaksene er høstet. Halmen består primært af cellulose, men indeholder også lignin, voks, silica og hemicellulose. En stor del af halmen indgår i landbrugets egen produktion af foder og strøelse. I landbruget bruges der også en betragtelig mængde halm til for eksempel opvarmning og korntørring. Man regner med, at der afbrændes omkring 1 millioner ton halm årligt; ca. 2,1 milioner ton føres tilbage til jorden. Ved en produktion pr. hektar på 4 ton halm, som nedmuldes, vil indholdet af plantenæringsstoffer pr. hektar, afhængigt af kornarten, være 15-30 kg kvælstof, 1,5-3 kg fosfor og 15-30 kg kalium samt calcium, magnesium og andre næringsstoffer i mindre mængder. Halm er et CO_2-neutralt og miljøvenligt brændsel, som anvendes i såvel gårdanlæg som varmeværker. Brændselsværdien af 2,5 ton halmtørstof svarer til ca. 1.000 liter olie. Halms CO_2-cyklus er lav sammenlignet med træ, da CO_2'en kun opmagasineres i et halvt år af gangen i modsætning til træet der ofte kan opmagasineres i over 100 år.

Fordele og ulemper
De store mængder resthalm resulterer i at prisen er relativt lav. Halm er et materiale der har meget stort potentiale; lignin-strengene i halm er mindre knudrede en strengene fra træ og kan derfor lettere bruges i produktion.

Muligheder
Plader, træplastik, lignin, voks, cellulose og hemicellulose.

Raps er Danmarks vigtigste olieplante og indeholde blandt andet glycosinolat som er et naturligt stof imod insekter og bakterier.

Raps
Stængler som ressource

Generelt
Raps er Europas og Danmarks vigtigste olieplante og verdens tredjevigtigste. Den dyrkes i to kulturformer; vinterraps, der sås i august og blomstrer året efter i maj, og vårraps, som sås om foråret og blomstrer i slutningen af juni og begyndelsen af juli. I Danmark er vinterraps den mest udbredte pga. sit højere udbytte. Raps er en ideel afgrøde for danske landmænd, da raps er let at dyrke og håndtere for landmanden.

Det er primært frøene der bruges, til at presse olie af. Raps indeholder mellem 41 og 44 procent olie, det resterende biprodukt kaldes en foderkage og bruges blandt andet til fodring af kvæg. Stænglerne bruges ikke til foder, men bliver brugt til forbrænding. De indeholder dog en del protein, som måske kunne bruges til produktion af lim.

I perioden 2004 til 2006 var der i Danmark ca. 120.000 hektar vinterraps og 2300 hektar vårraps.

Fordele og ulemper
Den danske raps dyrkes både som vinter- og vårafgrøde. Vinterrapsen udgør dog langt størsteparten af produktionen. Planten indeholder glycosinolater som er et naturligt forsvar mod insekter, svampe og bakterie infektioner.

Muligheder
Lim, plader og olie.

Randzoner
Forudsætninger, potentialer & udfordringer

Diagram: Randzoner i Danmark.

Randzone

Folketinget har i 2016 ophævet randzoneloven og således må landmændende nu dyrke den tidligere frizone på 9 meter langs vandløb og rundt om søer

I Danmark er denne randzone mellem 25.000 og 50.000 hektar Randzonen må nu dyrkes, holdes og slås, hvilket resulterer i et mere ensartet biprodukt.

Sårbare arealer

Må bruges til alternative typer afgrøder i form af blandt andet elefantgræs, pil og rørgræs.

Fungerer som oprensende arealer der opfanger gødning og sprøjtemidler, før disse stoffer ender i vandløb.

Ubenyttede enge

På grund af mangel på græssende køer er der i dag et stort behov for aftagning af biomasse fra ubenyttede enge.

Enge er også en del af de sårbare arealer, som ikke kan dyrkes, men som skal slås.

Elefantgræs findes i mange variationer og gror i hele Danmark. Den kan fjerne op til 18 kg fosfor pr. hektar og plantes derfor ofte i sårbare områder for at undgå unødig algevækst i vådområder.

Elefantgræs
Som ressource

Generelt
Elefantgræs, er en græsart der findes i mange former, og som blandt andet. Plantes i sårbare arealer og bliver brugt som energiafgrøde.

Efterafgrøder som elefantgræs og olierædikker, er med til at etablere sundere jordforhold og der bliver især kigget på elefantgræs, da det på sigt menes at kunne blive fremavlet til en sort, der vil kunne producere store mængder biobrændsel. På nuværende tidspunkt er det kun muligt at producere 9 ton tørstof pr. hektar.

Fordele og ulemper
Danske undersøgelser viser, at der med en elefantgræsafgrøde kan fjernes ca. 18 kg fosfor pr. hektar.

Elefantgræs spås til at erstatte korn i fremtiden pga. af klima-forandringer med vådere og varmere verj. Planten er bla. en fremragende energiafgrøde med en brandværdi lignende halm.

Muligheder
Energi, plader og plast.

Den danske pil bruges blandt andet til flis eller biobrændsel. Pilens store fordel er at den gro hvor normale afgrøder ikke kan.

Piletræ
Som ressource

Generelt
Pil kan plantes og leve meget fugtige steder. Den er flerårig og høstes hvert tredje år. Pilen danner et meget fintmasket rodnet som er godt til at filtrere næringssalte fra jorden inden disse skylles ud i vandløb.

Kun lidt CO_2 ophober sig i træerne, da de høstes hvert tredje år, og udsvinget i CO_2-balancen ændres kun i mindre grad ved afbrænding af materialet.

Pilen kan skæres til flis, og kan muligvis fungere udemærket som materiale i OSB-plader.

Fordele og ulemper
Pil er et primærprodukt, som bliver brugt til energi, også kendt som 'energipil'. Pil kan gro steder hvor fødevarer ikke kan dyrkes.

Muligheder
Plader.

Græsser fra eng og randzoner består af mange forskellige græsarter. Idag er der brug for aftagning af biomasse fra eng og randzoner fordi vi mangler græssende køer.

Græsser fra eng og randzoner
Som ressource

Generelt
Græsser fra eng og randzoner er af en grovere og mere blandet karakter end græs kendt fra haver. Af græsserne ville det måske være muligt at lave plader med græs og blomster som fibermateriale. Et alternativ kunne være at bruge græsset som isoleringsmateriale.

I Danmark er der ca. 100.000 hektar engareal.

Fordele og ulemper
På grund af de meget forskellige plantearter i enge og randzoner, vil man få et mere blandet produkt, men som sikkert ville kunne bruges som plademateriale.

På grund af mangel på græssende køer er der i dag en stort behov for aftagning af biomasse fra eng og randzoner.

Muligheder
Plader.

Kyst- og vådområder
Forudsætninger, potentialer & udfordringer

Diagram: Kyst- og vådområder i Danmark.

Forudsætninger

Findes ved kyststrækninger på lavt vand, da alle vandplanter har brug for sollys.

Gror også steder hvor hurtig- og langsomt fordærvende planter ikke blandes.

Potentialer

Findes i store mængder der idag ikke har nogen aftager.

Store mængder planter og alger skyller op på strandene.

Alger har utrolig simple vækstforhold.

Udfordringer

Høstningsmetoder.

Manglende teknikker til effektiv udnyttelse af produkterne.

Konkurrerende aftagere af produkterne.

Typer af biprodukter

Ikke forarbejdede råmaterialer.

Ålegæs er hovedsagligt ligesom en plante på land med rødder, blade og blomst. Planten er dog hygroskopisk og kan optage og afgive fugt uden at rådne.

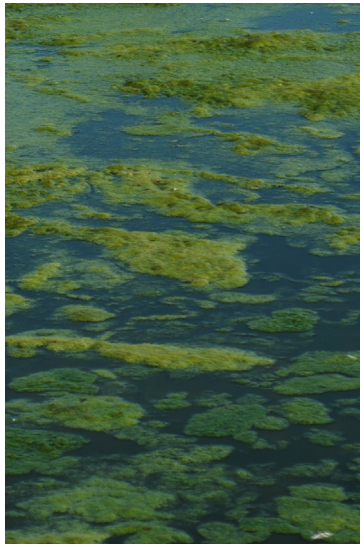
Ålegræs
Som ressource

Generelt
Ålegræs er en flerårig havlevende blomsterplante der har blomster, blade og rødder som planter på land, og blomstrer og sætter frø i midt juni. Ålegræs er vidt udbredte langs de danske kyster, hvor de vokser i sammenhængende bælter eller pletvise forekomster. Planten består hovedsageligt af cellulose og fenol, der er en vigtig del af trætjære, som blandt andet styrker konserveringsprocesserne og modvirker bakterie og svampeangreb. Planterne i vandet fungerer som et stort biofilter, der optager overskydende næringssalte, der udskylles fra landbruget. Planterne har altså en rensende virkning på vandet, og er formentlig med til at holde bestanden af blågrønne alger nede.

For havmiljøet og fiskebestanden er planterne også vigtige, da fiskeyngel lever og gemmer sig i tangmarkerne. Planterne skylles oftest op på østvendte kyststrækninger, på grund af Danmarks dominerende vestenvinde. Af den grund findes der steder, hvor opskylning er mere sandsynligt.

Fordele og ulemper
Ålegræs har mange positive egenskaber, deriblandt en naturlig brandresistens - bl.a. på grund af et naturligt saltindhold. Planten er hygroskopisk og kan optage og afgive fugt uden at rådne eller få svamp.

Muligheder
Isolering, plader, polstring og tag.



Alger gror meget hurtigt i forhold til andre organismer og behøver kun spildevand og sol. Da den dyrkes i vand er den med til at renser overskydende næringssalt fra blandt andet landbruget.

Alger
Som ressource

Generelt
Alger er et interessant biologisk produkt, da de formerer sig enormt hurtigt i forhold til andre biologiske organismer, samtidig med at de kun har brug for sollys og spildevand for at gro. Alger bliver allerede brugt meget inden for fødevareindustrien, da de indeholder en række interessante stoffer, blandt andet carrageenan, der kan bruges som stivelse. Derudover kan mange andre stoffer også udvindes af algerne, blandt andet omega 3 og omega 6 fedtsyrer, metaller og mineraler som optages fra vandet. Alger kan bruges i produktion af bioplast, men før de kan blive gennemslagsgivende, må man enten fremavle eller genetisk modificere planten til at producere de rette kulbrinter og sukkerarter der bruges i produktionen. Man er begyndt at udvikle algefibre, der kan bruges i tekstilproduktion. Disse fibre har muligvis et potentiale der kan videreføres til byggeindustrien i form af biokompositter, plademateriale eller algeplast.

Fordele og ulemper
Algerne dyrkes i vand og optager derfor overskydende udvaskede næringssalte fra blandt andet landbruget, på den måde er algerne med til at rense havet. For at kunne udnytte alger til produktion af plastik er der stadig brug for en del forskning, men når metoderne bliver tilgængelige vil algeplastik blive banebrydende, på grund af plantens simple vækstvilkår.

Muligheder
Medicin, fibre, plader, plastik, lim, protein og nanocellulose.

Industri
Forudsætninger, potentialer & udfordringer

Diagram: Industri områder i Danmark.

Forudsætninger

Biprodukterne må ikke have konkurrerende aftagere.

Biprodukterne må ikke indeholde uhensigtsmæssige kemikalier.

Potentialer

Store mængder præforarbejdede biprodukter.

Bred diversitet blandt biprodukterne.

Bred anvendelsesmulighed af råstofferne.

Udfordringer

Konkurrerende aftagere af produkterne.

Industrien er relativt god til at udnytte egne biprodukter.

Typer af biprodukter

Forarbejdede råmaterialer.

Pulp.

For hvert ton kartofler der behandles bliver der produceret omkring 90 kg biomasse. Denne biomasse kan blandt andet bruges til at producere naturlig lim og plastik.

Kartoffelskræller
Som ressource

Generelt
Fabrikker der producerer fødevareprodukter ud af kartofler, står i gennemsnit tilbage med 90 kg biprodukt per ton kartofler. Biproduktet består gennemsnitligt af 50 kg kartoffelskræller, 30 kg stivelse og 10 kg af andre substanser. Gennem oprensning, tørring og presning kan kartoffelskrællerne udnyttes til et korklignende materiale, der kan bruges til forskellige formål.

Stivelsen fra kartoflerne kan bruges, til at skabe naturlig lim eller plastik. Ved industriel produktion af kartoffelprodukter lækkes store mængder stivelse ud i produktionsvandet og går tabt.

Denne ressource kan udnyttes gennem opsamling og filtrering af væsken, hvorved stivelsen kan bruges til videre forarbejdning af materialer.

Fordele og ulemper
Skrællerne kan tørres og presses til pladeprodukt. Kartofler består næsten kun af stivelse, som kan bruges i plastindustrien. Kartoffelskræller indholder en del stoffer, som kan anvendes i fødevare-industrien bl.a antioxidanter, som giver længere holdbarhed.

Muligheder
Stivelse, plastik, kartoffelkork, plader og gromedium.

Danmarks roeproduktion er stor og har mange potentialer for genanvendelse. Man kan for eksempel udvinde en stivelse kaldet curran der både kan bruges i fiskestænger og beton.

Roepulp
Som ressource

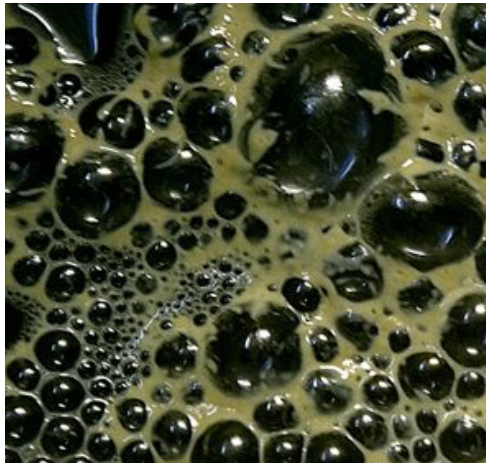
Generelt
I Danmark findes en omfattende roeproduktion. Rodfrugter skulle være lettere at udvinde cellulose af end for eksempel kornsorter, da de næsten ikke indeholder noget lignin.

Roepulp er et biprodukt fra sukker produktion. Pulpen består primært af de svært nedbrydelige dele såsom de hvide roefibre, om hvilke kunne tænkes at de kunne indgå i produktion af plader, eksempelvis en halvtransparent hvid plade-roemarmor.

Fordele og ulemper
Det skotske firma CelluComp bruger roer til at lave et materiale kaldet curran, der er lavet af blandt andet stivelse. Materialet bliver i dag brugt til for eksempel fiskestænger, men det kan tænkes at man i fremtiden vil bruge det for at give ekstra strukturel styrke til beton.

Muligheder
Plader og som fleksibel binder i beton.

Mask er et overskydende biprodukt fra ølbrygning og bruges idag blandt andet som dyrefoder. Mask som materiale har potentialet for at kunne blive brugt til produktion af plader.



Mask
Som ressource

Generelt
Mask er det frasorterede biprodukt ved ølbrygning og består hovedsageligt af bygmalt udblødt i vand. Det er et biprodukt bryggerierne gerne vil af med, og bruges i dag som foder til dyr.

Der bliver produceret mere mask, end der bliver brugt som foder, og det overskydende produkt kan eventuel bruges til produktion af plademateriale.

Fordele og ulemper
En del af produktet bliver brugt som foder, men ikke i de mængder der bliver produceret.

Muligheder
Plader

Slagteriaffald som hår, hud, fjer, væv, dele af indvolde og ben har et kompleks indhold af molekylebindinger. Det giver dem et stort potentialer for at blive brugt i byggeindustrien.

Slagteriaffald
Som ressource

Generelt
Slagterier har mange forskellige typer af biprodukter, deriblandt hår, hud, fjer, væv, dele af indvolde og ben. De forskellige biprodukter kan have mange forskellige egenskaber.

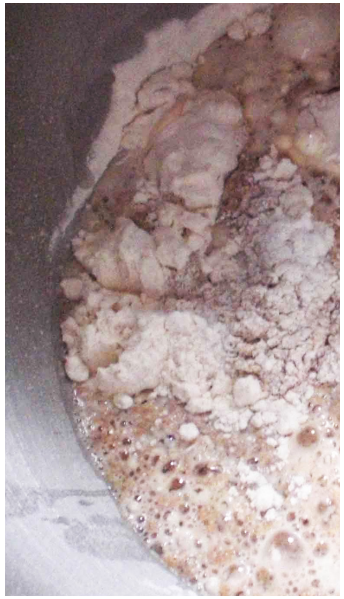
Væv og hud kan laves til gelatine, knogler, hår, horn og klove og hove kan laves til lim og fjer kan tænkes at blive brugt i letvægtskompositmaterialer.

Fermenteret halm fra komaver vil måske kunne bruges til pladeproduktion, da komaven allerede har udsat halmen for enzymer der løsner fibrene. Nedbrydningen minder på mange måder om processen rødning, som bruges til at blødgøre og nedbryde hør, og gør det muligt at udvinde fibrene og lave tekstiler af planten.

Fordele og ulemper
Slagteriaffald som materiale kan virke frastødende og kræve strenge hygiejniske forhold.

Mange af stofferne der kan udvindes vil kunne have potentiale i byggeindustrien, blandt andet på baggrund af de relativt komplekse molekylebindinger som kan høstes fra dyrecellerne.

Muligheder
Lim, plader, letvægtskompositter og stivelse.



Mælk har før været brugt til produktion af plastik, men dette stoppede i 60'erne.

Mejeriaffald
Som ressource

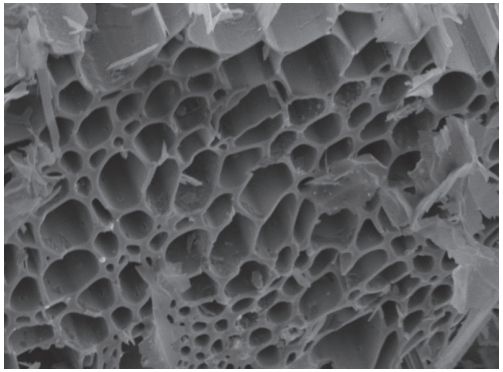
Generelt
Mælk har tidligere været brugt til at lave en form for plastik og det var først i 60'erne produktionen stoppede. Råmælk fra køer der skal til at kælve, samt centrifugeringsvæske fra osteproduktion har ingen yderligere anvendelse i fødevareindustrien og ses i dag som et biprodukt. Ved at bruge denne mælk som en ressource er det muligt at adskille kaseinproteinerne fra mælken og omdanne den til en kaseinplastik, som der kan spindes garn af. Denne garn kaldes også mælkesilke.

Plastikken bliver primært brugt til fibre inden for tøjindustrien, men har også stor potentiale for medicinalvirksomheder, da fibrene under produktion ikke bliver behandlet med kemikalier og på grund af de fugthåndterende egenskaber kan nedsætte bakterievækst med op til 99%. Samtidig har materialet gode temperaturregulerende egenskaber. Materialet vil også kunne bruges i byggeindustrien som bakteriehæmmende overflader på møbler eller hospitaler, eller som temperaturregulerende sengetøj eller bilsæder.

Fordele og ulemper
Protein fra mælk kan bruges til mange formål, men er generelt en omkostelig proces.

Muligheder
Plastik, fibre til bakteriehæmmende tekstiler, temperaturregulerende tekstiler.

På landsplan eksisterer kun et mindre antal pyrolyseanlæg der udvinder biochar. Biochar ville for eksempel kunne implementeres i tapet og bruges til filtrering af luft i nye byggerier.



Biochar
Som ressource

Generelt
Biochar er et af biprodukterne der kommer fra en pyrolyseproces, hvilket er en iltsvag forgasning af biologisk materiale. Biochar kan blandt andet bruges til at gøde og rense jorden. Derudover kan materialet bruges som aktivt kulfilter, der alt efter sin porøsitet og indre overflade kan rense forskellige ting. Den rensende effekt kunne være brugbar inden for byggeindustrien, hvor lejligheder generelt lige efter de er blevet bygget afgasser. Ved eksempelvis at implementere biochar i tapeter ville det være muligt at indfange mange af de giftige gasser.

Fordele og ulemper
Pyrolyseanlæg er en relativt ny måde at udvinde energi på, og på landsplan eksisterer der på nuværende tidspunkt kun mindre anlæg, der stadig primært eksisterer på forskningsbasis.

Muligheder
Plader, jordforbedring, filtrering og rensning af luft

Kortlægning af Intressenter
Besøg hos relevante aktører

Diagram: Besøg hos relevante aktører.

Generelt
Møder med en række interessenter og vidensinstitutioner, der har kunnet bidrage med en bred vifte af viden omkring biprodukter, såsom lokalisering af biprodukter, mængder af tilgængeligt materiale samt, hvordan materialerne gennem upcyclingsprocesser udnyttes bedst muligt.

Møderne har været med til at klarlægge forskellen i mængder af biprodukter, der er til rådighed inden for de forskellige industrier og givet et indtryk af, hvor nichepræget produktion og udnyttelse af produkterne er. Den nødvendige viden om mængden af eksisterende biprodukter, er man nødt til at finde hos eksperter inden for hver deres respektive felter.

Møderne har også være med til at give en viden om, hvilke felter der i fremtiden kan afsøges for at finde nye materialer, der er tidssvarende og biologiske.

Bare i Danmark er der ca 100 tons tomatstængler der er tilgængelig hvert år. Tomatstænglerne har et stort potentiale for at kunne blive anvendt til for eksempel produktion af plader.

Tomatstængler

Interview og besøg hos Katrine & Alfreds Tomater på Fyn 03.06.2014

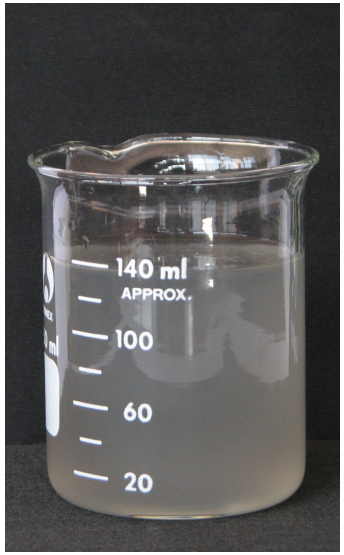
Specifikt eksempel
Gartneriet har omkring 300.000 tomatplanter. De vokser hele sæsonen, hvor de bliver op til 16 meter, og skæres så ned.
De vokser ca. 16 cm om dagen, og er ophængt på en line af nylon (tomatkrog), som sænkes hver dag så plukkehøjden altid er den samme.

Hver plante bruger mellem 3 og 4 liter vand om dagen. Det giver gartneriet et dagligt forbrug på omkring en million liter vand, svarende til mængden i en lille svømmehal.

Planten står i en base af rockwool, som løbende tilsættes næringssalte. Rockwoolen sendes efter brug tilbage til fabrikken, hvor det indgår i produktion af ny rockwool.

Potentiale
Der er 70-100 tons tomatstængeler tilgængeligt om året i Danmark og omkring 400 tons lignende affald hvis man også regner Sverige med. Stænglerne tørres og gartneriet betaler 500 kr. pr. ton for at komme af med dem, det giver dem en affaldsomkostning på 35.000-50.000kr pr. sæson.

Udfordringen i udnyttelsen af biproduktet, er de nylonsnore (tomatkrogene) som tomaterne er hængt op med, som skal fjernes manuelt, hvis produktet skal kunne indgå i biologisk materialeproduktion. Udskiftning af snoren til en organisk, ville ikke være rentabelt for producenterne, da meromkostningerne ville løbe op i millioner.



Bollerup Jensen er idag ved at udvikle en formaldehydfri trælim der er brandhæmmende og vandafvisende.

Sillica- og sojalim

Interview og besøg hos Bollerup Jensen, Jylland 17.06.2014

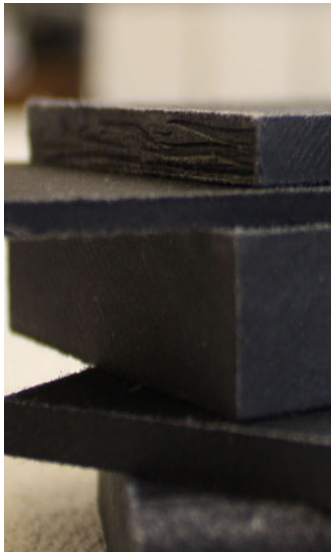
Upcyclet biologisk lim

Bollerup Jensen har eksisteret siden 1935. Firmaet startede med at producere sæbebaserede produkter.

I 1980erne startede firmaet en produktion af flydende silicater (vandglas), som i dag danner basis for 80% af deres omsætning. De producerer årligt 12.000 tons flydende silicat. Firmaet er i dag ved at udvikle en formaldehydfri trælim, baseret på deres flydende silicat og sojaprotein.

Limen består i flydende stand af 50% vandglas og 50% sojaprotein (i hærdet tilstand er forholdet 33% vandglas og 66% sojaprotein), og er derfor delvis mineralsk baseret, men uden VOC'er og formaldehyd. Limen har egenskaber som gør den brandhæmmende og vandafvisende.

Bollerup Jensen er interesserede i samarbejder om at udvikle testplader samt levering af lim til disse plader.



REALLYcph producerer blandt andet akustikplader og bruger kun to gennemgående materialer til deres produkter, en vegetabilsk bomuld og en animalsk uld.

Tekstilplade

Interview og besøg hos REALLYcph, København 01.07.2014

Upcycling til kommercielt produkt
REALLYcph prøver at bruge genbrugsmaterialer æstetisk, hvor hovedfokus i deres designlinje ikke ligger i det faktum at der bruges genbrugsmaterialer, men på hvordan genbrugsmaterialer tager sig ud i en designmæssig kontekst.

Firmaet laver produkter ud af to generelle typer materialer med forskellige materialeegenskaber; én type lavet af bomuld (vegetabilsk) og én type lavet af uld (animalsk). REALLYcphs materialer kan formspændes, så anvendelsesmulighederne for materialerne er vidtrækkende. Firmaet arbejder med mange forskellige produkttyper, deriblandt akustiske plader med forskellig densitet og akustiske egenskaber.

Pladerne kan behandles med olie og voks på samme måde som et træmateriale, REALLYcph mener det giver merværdi, fordi materialet sættes i samme vedligeholdelseskategori som træ.

Carageenan er en stivelse der udvindes fra blandt andet æbler, citrusfrugter og tang. Idag smides flere tusinde tons affald ud fra produktionen af caragheenan som for eksempel ville kunne bruges til produktion af plader og indpakning.

Pektin og stivelse

Interview og besøg hos CP Kelco, Sjælland 17.06.2014

Specifikt eksempel

CP Kelco er verdens største pektinfabrik og producerer omkring. 25% af verdens forbrug af pektin, som er en stivelse udvundet fra citrusfrugter og æbler. Firmaet producerer også stivelsesproduktet carageenan, der udvindes fra tang og som bruges i for eksempel marmelade, tandpasta og Coca Cola som tykkelsesmiddel. Der er to typer carageenan rest en med lavt- og en med højt indhold af cadmium. Carageenan resten indeholder ca. 70% cellulose fibre fra filtrerings-processen. CP Kelco bruger ca. 15 millioner kr. om året på at kommer af med affald, som består af:

— 80.000 tons vådt pektinaffald (citrusfrugt rest).
— 10.500 tons perlitaffald (lavasten der bruges som filter).
— 10.500 tons spildevandsslam.
— 8.500 tons carageenan rest.

Potentiale

Pektinresten kunne muligvis være interessant i forhold til bioplastik. Perlitresten som på nuværende tidspunkt spredes ud på marker vil sandsynligvis kunne renses og genbruges. Perlit-resten har muligvis potentialet til at blive omdannet til isoleringsmateriale, taget at energiomkostningerne ikke er for omfangsrige. De 8.500 tons carageenan rester har et stort potentiale og vil kunne bruges både som materialer i produktionen af henholdsvis plader og indpakning. Det er forholdsvis store mængder ensartet affald fabrikken producerer og CP Kelco vil med garanti kunne sælge deres biprodukter.

Idag efterlades ca 2,1 millioner tons halm på de danske marker. Denne halm ville med fordel for landmanden kunne sælges og bruges til blandt andet plader og lim.

Halm

Interview og besøg hos Landbrug & Fødevarer, København 12.06.2014

Tilgængelige mængder
Mængder efterladt på marken i Danmark ca. 2.1 millioner tons.

Høstet halms værdi ligger på 12-15 øre pr. kg og presset til bigballer (500-700 kg. pr. stk.) 40-45 øre pr. kg. Til fragt skal man lægge 12-15 øre pr. kg. til. Det giver en ca. pris er 52-60 øre pr. kg. leveret halm.

Hvis man betaler en pris for halm, som er højere end gødningsværdien, nedpløjning i marken, vil det for nogen landmænd, alt afhængig af deres jordtype, kunne svare sig at sælge halmen.

Potentiale
Jord som er meget sandet holder dårligt på næringssalte, derfor giver det kun et ringe udbytte for landmænd at pløje halmen ned, så næringsstofferne kan vende tilbage til jorden. Det er derfor i disse områder, hvor landmænd især vil være villige til at sælge ud af deres halm. Det kunne for eksempel være landmænd i hedeområder i Jylland.

Novagrass forsker i ålegræs som isoleringsmateriale. Det er muligt at udvinde 500 gram ålegræs på en kvadratmeter. Én kvadratkilometer kan altså producere 500 tons svarende til isoleringen af cirka 100 huse.

Ålegræs

Interview og besøg hos Novagrass, Århus 19.06.2014

Specifikt eksempel

I forskningsprojektet 'Novagrass' bliver der udviklet nye teknikker til genetablering af ålegræs i stor skala i kystnære områder. Ålegræssets store frøproduktion giver potentiale for en stor reetablering. I Novagrass udvikles der teknikker til høst af ålegræsfrø med maskine, opbevaring af frø til optimal spiringsevne og udsåningstidpunkt samt udsåning af frø under forskellige miljøforhold. I projektet bliver der opstillet retningslinjer for ålegræsreetableringen under forskellige miljø- og klimatiske betingelser, og i konsortiet, bestående af universiteter og erhvervspartnere, bliver der udviklet udstyr og metoder til ålegræsrestaurering i stor skala. For at få adgang til plantens frø, bliver man nød til at høste planten. Bladene bruges ikke til noget formål i dag, og kan derfor ses som en mulig kilde til byggematerialer. Novagrass estimere at ca. 800 kg. pr. lb. m. tør biomasse, skyller op på udsatte strækninger (på nuværende tidspunkt mest blæretang på Fyn). Ålegræs produktionen er 500 gram pr. kvaratmeter, det giver 500 ton pr. kvadratkilometer, som svarer til mængden af isolering i cirka 100 huse.

Potentiale

Novagrass arbejder på en dyrkningsmetode af planten så den kan udbredes til lige så store arealer som den før har været. Hvis det lykkedes, vil det blive mere normalt at se store mængder opskyllet ålegræs på strande over hele Danmark. Den opskyllede biomasse kan derefter samles op og bruges til blandt andet isolering i byggeri.

‘Det Biologiske Hus indeholder alt det bedste ved den grønne omstilling — en ny og rentabel måde at bygge på med opgradering og genanvendelse af materialer. På alle måder er Det Biologiske Hus fremtiden’

Gitte Krasilnikoff
Direktør, Center for Cirkulær Økonomi

Muligheder og udfordringer
Perspektivering

Restmaterialer i Danmark
Gennem samtaler med interessenter, har vi kunne konstatere, at der findes restmaterialer i Danmark som er velegnet til produktion af byggematerialer, men hvilke udfordringer står man overfor, hvis en markedsmoden industriel produktion skal ske?

Konkurrerende aftagere og manglende volumen
Byggebranchen står i dag over for den udfordring, at mange andre brancher, blandt andet fødevare- og medicinalindustrien, står forrest i køen når det kommer til at aftage biprodukter. Dette skyldes at disse branchers produkter generelt har en højere markedsværdi end byggematerialer og derfor er i stand til at betale højere priser for attraktive fraktioner af restprodukter. Flere af biprodukterne beskrevet i bogen er kun tilgængelige i relativt begrænsede mængder og er svære at indsamle. Dette gør dem uegnede til produktion i storskala. Der findes dog potentiale i nogle fraktioner af biprodukter, blandt andet CP Kelco, hvis mængder tillader en produktion på flere hundredetusinde plader.

Efterspørgsel
Når byggevarer med endnu uprøvede materialer skal konkurrere med allerede eksisterende produkter på markedet, må det igennem omkostningsfulde processer. Materialerne skal testes så det kan verificeres at de lever op til industrikrav og derudover skal deres kvaliteter helst være lig eller bedre end konkurrerende produkters. En vigtig motivation for bogen er således at vække en interesse for nye uudnyttede materialer til byggeindustrien.

Nye materialer

Introduktion
Fra biprodukt til plade

Fra biprodukt til plade
Af udvalgte materialer

Sensorisk test
Af materialer og plade produkter

Diagram: Halmens anatomi

Introduktion
Fra biprodukt til nyt materiale

Upcycling af halm
Halmen kan ses som et biprodukt af kornproduktion, hvor halm og korn separeres. Resten (knæ, blade og stængelled) knuses tørt, i en skivemølle. Blade og knæ, der indeholder silica og voks, bliver til pulver og frasorteres.

Det resterende produkt kaldes stængelled og findes i form af klumper af fibre, der indeholder lignin, cellulose og hemicellulose. Stængelledene kan behandles på to måder, tørt og vådt.

I en tør proces kan fibrene skæres i passende længder og limes sammen til plademateriale. I en våd proces tilsættes vand og enzymer, så stængelledene bliver omdannet til en pulp.

Af pulpen kan man udtrække lignin, cellulose og hemicellulose hver for sig. Den fiberrige cellulose kan bruges til indpakning, ligning og hemicellulose kan begge bruges til binder og biolim. Gennem en proces som denne bliver planten brugt fuldt ud, hvilket giver det maksimale afkast.

‘Upcycling af restressourcer til plader er absolut en mulighed i fremtiden, hvis vi skal væk fra den fossil baserede økonomi’

Niels Morsing
Centerchef, Byggeri og Anlæg, Teknologisk Institut

Produktion
Fra biprodukt til nyt materiale

Forskellige sammensætninger af biprodukter fra dansk jordbrug er blevet testet i forhold til konstruktive evner og øvrig anvendelighed på Teknologisk Instituts nyoprettede biokomposit- og pladelaboratorium.

De forskellige sammensætninger af fibre er blevet ‘presset’ til en plade der holdes sammen af en bioresin (biologisk lim). Der skabes på denne måde 100% biologisk produkt. Denne nye plade egenskaber bliver efterfølgende testet og evalueret.

Gennem denne udvælgelsesproces og materialescreening er de mest optimale sammensætninger af fibre blevet udvalgt. Dernæst vil prototyper blive bygget og testet i 1:1 og danne udgangspunkt for det videre udviklingsarbejde.

Upcyclet plademateriale
Tomatstængler

Tomatstængler
Producent: Katrine & Alfreds Tomater
Årligt volumen: 70-100 tons (400 tons hvis man medtager Sverige)
Pris på biprodukt: Ukendt
Anvendelse: Byggeplade (evt. isolering)

Upcyclet plademateriale
Ålegræs

Ålegræs
Producent: Novograss
Årligt volumen: Potentielt 500 ton pr. km^2
Pris på biprodukt: Ukendt
Anvendelse: Byggeplade, isolering, polstring, tag

Upcyclet plademateriale
Halm

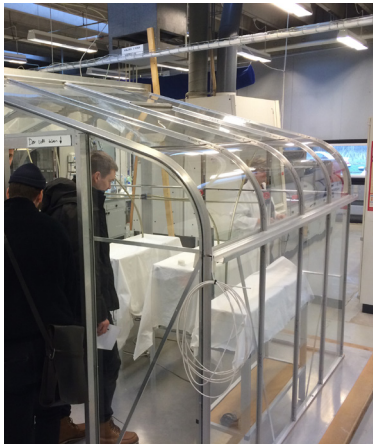
Halm
Producent: Dansk jordbrug
Årligt volumen: Ca. 2,1 mio tons
Pris på biprodukt: 52-60 øre pr. kg. leveret halm
Anvendelse: Byggeplade, træplastik, (evt. isolering), lignin, voks, cellulose, hemicellulose

Upcyclet plademateriale
Græs

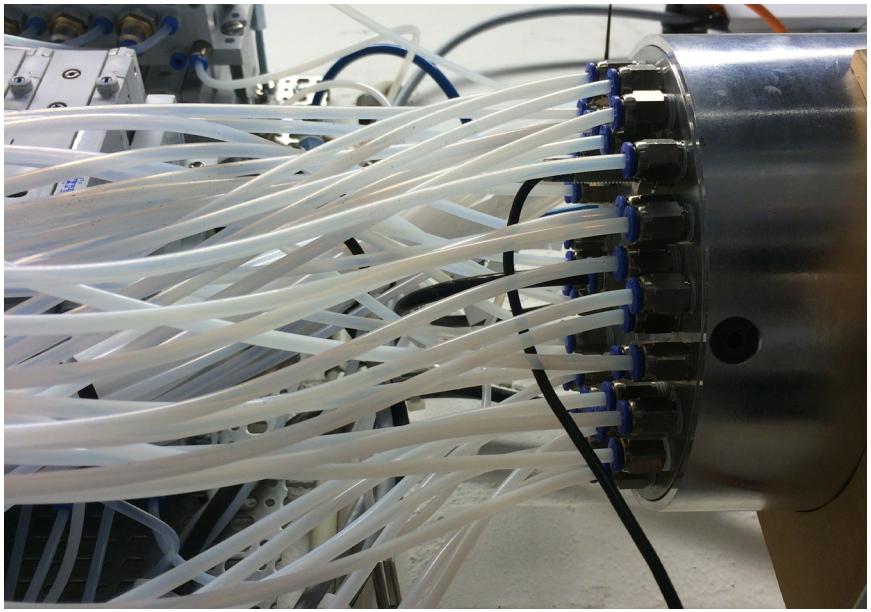
Græs
Producent: Dansk jordbrug
Årligt volumen: Ukendt
Pris på biprodukt: Ukendt
Anvendelse: Byggeplade, træplastik, (evt. isolering)

Upcyclet plademateriale
Tang og cellulose

Tang og cellulose
Producent: CP Kelco
Årligt volumen: 8.000 tons
Pris på biprodukt: 500 kroner pr. ton
Anvendelse: Byggeplade, træplastik, (evt. isolering)



De udvalgte materialer er blevet presset til nye pladematerialer og deres statiske og sensoriske kvaliteter testet på Teknologisk Institut.



Sensoriske test
Af upcyclede materialer

De udvalgte materialer er blevet presset til nye pladematerialer som skal kunne anvendes i byggeindustrien. For at garantere deres egenskaber matcher allerede eksisterende produkter på markedet testet deres statiske og sensoriske kvaliteter testet på Teknologisk Institut.

Pladens sensoriske kvaliteter bliver testet af panel af eksperter. For eksempel er der en række krav til at pladens duft ikke må være for stærk eller dårlig. De nye upcyclede materialer ville ikke være konkurrencedygtigt med traditionelle produkter, hvis for eksempel den udviklede tangplade får forbrugernes hjem til at dufte af fisk eller halmpladen dufter af stald.

Alle de udviklede plader opfyldte eksperternes krav til duft og branchen tekniske krav.

Kolofon

Projektpartnere

Een til een arkitektur
Frederik Agdrup, Kim Christofte, Adrian Rotaru, Tobias Trudsø, Alex Ritivoi og Nicholas Bjørndal

GXN Innovation
Kasper Guldager Jensen, Lasse Lind, Morten Norman Lund, Casper Østergaard Christensen, Christian Henrik Christensen-Dalsgaard, Jens Johansen og Aleksander Guldager Kongshaug

Teknologisk institut
Niels Morsing, Peder Fynholm, Helene Bendstrup Klinke og Trine Henriksen

NCC
Martin Manthorpe, Jens Thamdrup og Vibeke Grube Larsen

Deloitte
Gitte Krasilnikoff

Rådgivende ingeniører
AB Clausen A/S

Miljøstyrelsen
Signe Kromann-Rasmussen, Helle Winther og Lisbet Poll Hansen

Rådgivende udvalg
Ib Johansen, Heidi B. Bugge, Søren Lyngsgaard og Morten Buus

Print
Trykt i Danmark af
KLS PurePrint

Denne bog er Cradle to Cradle Silver certificeret ved hjælp af Nordic Ecolabled papir og FSC standarder .

3. udgave , 1. print 2016

ISBN
978-87-998670-3-5

2. Det Biologiske Hus

Den følgende Bog beskriver udviklingen af huskonceptet, byggesystemet og selve byggeriet af Det Biologiske Hus. Det opførte demonstrationshus er en fuldt funktionsdygtig én familiebolig på 145 m². Det Biologiske Hus vil være tilgængeligt for offentligheden og kan besøges på adressen:

HUSET's Byggeudstilling
Hindsgavl allé 4
5500 Middelfart.

Det Biologiske Hus

Udgivet i 2017 med støtte fra Miljøstyrelsen

Indhold

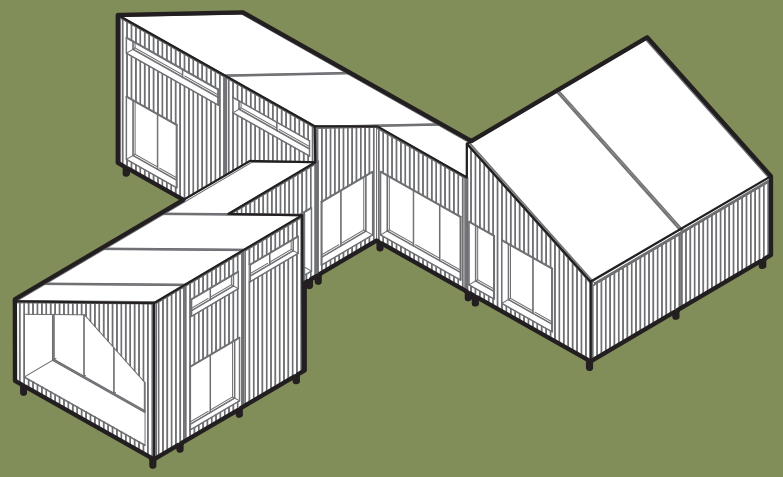
Vision og baggrund 5
Det Biologiske Hus 7
Ambition 11
Materiale eksempel 13

Byggesystemet bag huset 17
Eksempel 19
Introduktion 21

Cirkulært design 25
Metode 27
Fokusområder 33

Hus typologier 37
Modulbyggeri 39
Kompakt 41
Vinkel 45
Gårdhavehus 45
Åben form 53

Det byggede hus 57
Huset i Middelfart 59
Materiale oversigt 63



Vision og baggrund

Det Biologiske Hus
Et nyt bæredygtigt huskoncept af sunde materialer

Ambition
Maksimal genanvendelighed af materialer og komponenter

Materiale eksempel
Plader af upcycled halm

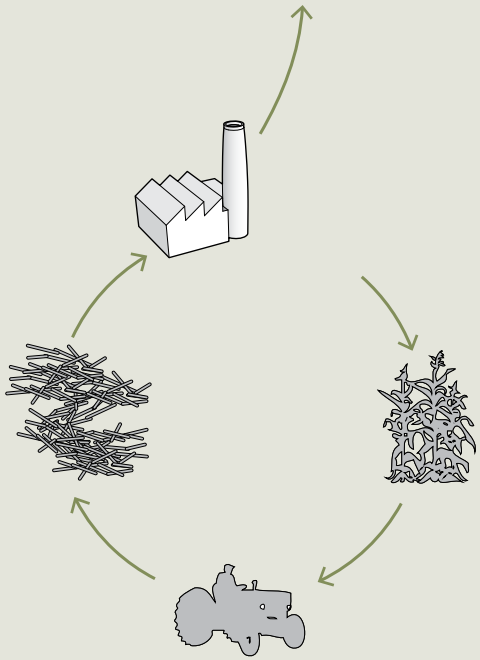


Diagram: Fra forbrænding af restprodukter

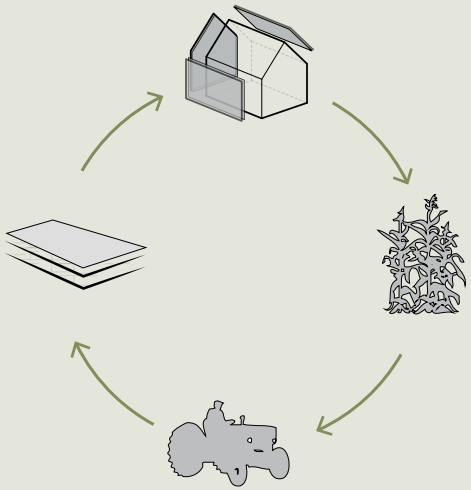


Diagram: Til kredsløb af ressourcer.

Det Biologiske Hus

Et bæredygtigt og modulært huskoncept af sunde materialer

Det Biologiske Hus
Det Biologiske Hus er et bæredygtigt dansk huskoncept med boliger af høj kvalitet bygget udelukkende af biobaserede materialer fra landbrugsindustrien. Materialer, der i dag betegnes som 'affald' og derfor eksempelvis afbrændes til energi, vil blive oparbejdet til værdifulde byggematerialer baseret på restmateriale fra bland andet græs, halm, tomat, tang og ålegræs.

Projektet anvender Cradle to Cradle principper, materiale-upcycling og nye produktionsteknologier i udviklingen af et moderne og økologisk hus med høj arkitektonisk kvalitet. Det Biologiske Hus er et modulært huskoncept der henvender sig til den brede befolkning som en konkret løsning på fremtidens klimatiske og økonomiske udfordringer.

En ny byggeskik?
Det Biologiske Hus repræsenterer ikke kun forskning i nye biologiske materialer, men introducerer også en ny byggemetode til det danske typehusmarked. Projektets ambition er at designe et hus hvor materialer og komponenter kan indgå i lukkede materialekredsløb.

For at lykkedes med dette, er projektet på den ene side afhængig af, at de materialer der anvendes i sig selv er sunde nok til at kunne genanvendes, og på den anden side at byggesystemet er adskilleligt, så fremtidig genanvendelse er mulig.

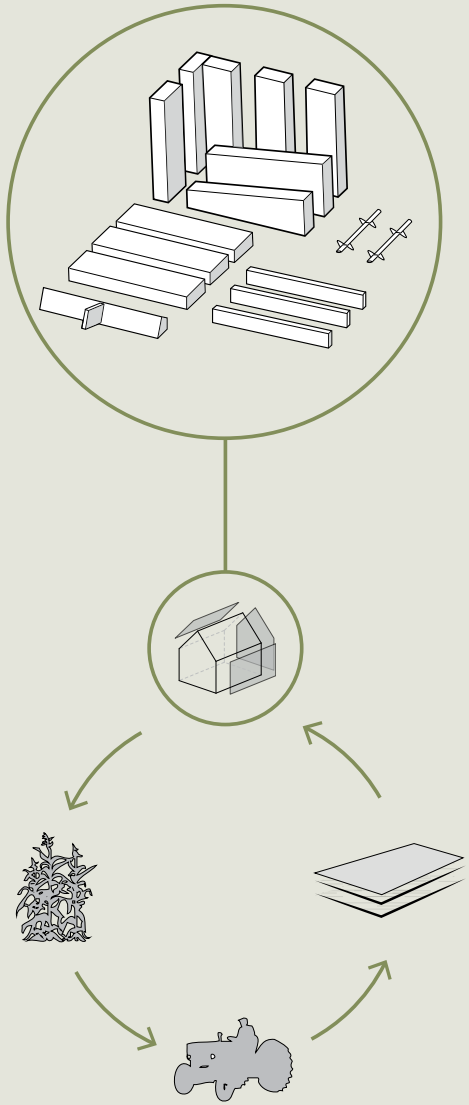


Diagram: Et lukket kredsløb kræver, at huset er designet til adskillelse.

Det er principperne for byggesystemet som bogen redegør for. Ved at bruge digitale redskaber til design og produktion, er det forhåbningen, at projektet kan introducere et nyt samlet fleksibelt byggekoncept til det danske marked, der måske med tiden kan danne grundlagt for en ny dansk byggeskik.

Udfordringen i dag

Det er efterhånden velkendt at den lagrede energi i byggematerialer udgør en anseelig del af bygningers samlede miljømæssige fodaftryk. Herudover vil markedet formodentlig i stigende grad opleve at traditionelle råstoffer til byggeri bliver mere sjældne, og således dyrere. Byggebranchen har således flere incitamenter for at genanvende en langt større del af de anvendte byggematerialer.

Problemet med genanvendelse i byggeri er ofte, at diverse komponenter ikke er designet til at blive genanvendt og de anvendte materialer kan således ikke bevare deres oprindelig værdi over tid. Det er projektets ambition at sikre, at værdien og den indeholdte energi i de anvendte materialer og komponenter så vidt muligt bevares over tid.

Ved at etablere lukkede materialekredsløb vil der på sigt opstå mindre byggeaffald og mindre udledning af CO_2 med store ressourcebesparelser til følge. For at dette skal lykkedes er Det Biologiske Hus designet med udgangspunkt i, at det så vidt det er muligt skal kunne skilles ad ned til sine enkelte dele. fleksibelt byggekoncept til det danske marked, der måske med tiden kan danne grundlagt for en ny dansk byggeskik.

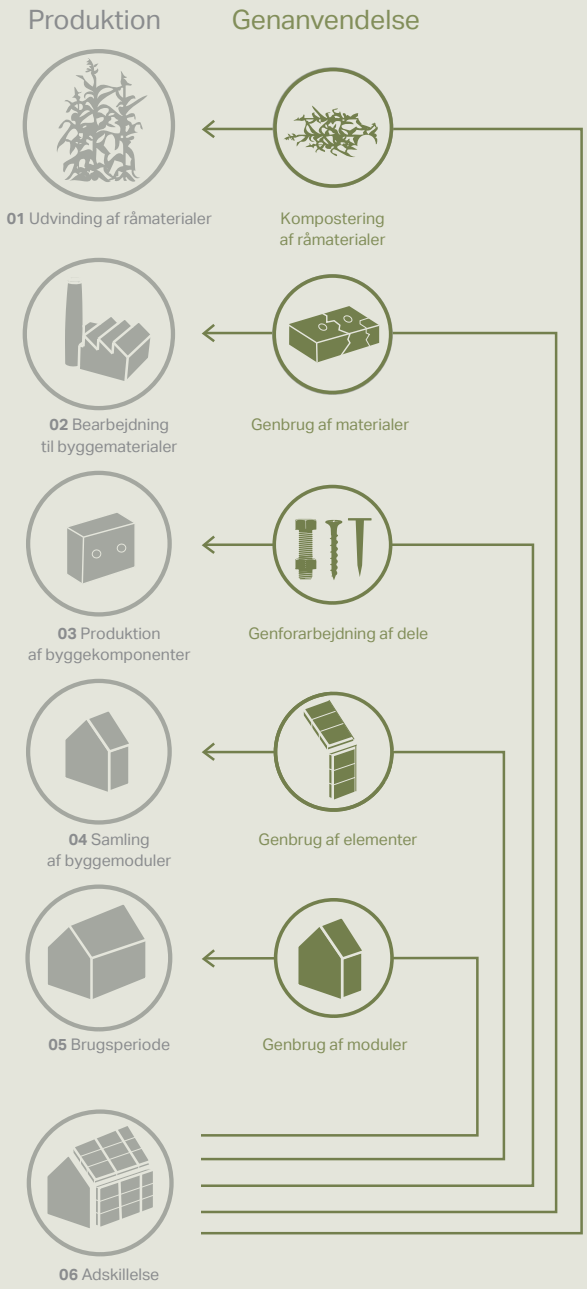


Diagram: Niveauer for genanvendelse beskrevet i seks trin.

Ambition

Maksimal genanvendelighed af materialer og komponenter

Bygningens liv

At tegne huse med demontering og genbrug for øje er stadig en ny agenda i byggeriet. I Det Biologiske Hus er der taget udgangspunkt i et eksisterende byggesystem, hvilket der redegøres for i det følgende kapitel, samt en række principper for hvordan der rent praktisk kan designes cirkulært.

Som diagrammet til venstre viser, kan produktionen af byggekomponenter til Det Biologiske Hus beskrives i seks trin — fra udvinding af de biologiske råmaterialer, over forarbejdning af materialer til byggeelementer og endeligt til adskillelsen af et hus efter endt brug.

Et modulært byggesystem

Ambitionen er at skabe et modulært byggesystem, hvor selvbærende moduler vil kunne genanvendes fra ét byggeri til et andet. Herudover skal de elementer som byggemodulerne består af kunne genanvendes i produktionen af nye moduler mens materialer såsom plader, skruer eller søm skal kunne indgå i nye elementer. I tilfælde af at disse niveauer af genanvendelse ikke er muligt, er det ambitionen at materialerne i form af biologiske plademateriale der er så beskadiget at de ikke kan indgå i nye komponenter, skal kunne bearbejdes til nye materialer eller komposteres og således indgå igen i det biologiske kredsløb.

‘Det Biologiske Hus er Danmarks første hus, der er konstrueret af halm med digital produktionsteknologi — et modulært og moderne byggesystem, som gør det nemt for alle at bygge og bo bæredygtigt’

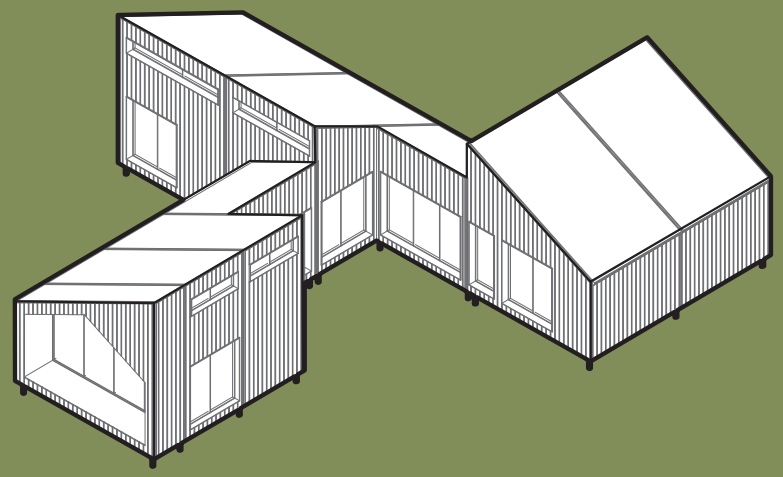
Nicholas A. Bjørndal
Partner, EEN TIL EEN Arkitektur og Byggeri

Materiale eksempel
Upcyclede halm

Biprodukter som materiale
Gennem dialog og samarbejde med parter fra jordbrugs- og produktionssektoren er der i bogen ‘Affald som Ressource’ blevet kortlagt mængder, anvendelighed og tilgængelighed af lokale danske biologiske ressourcer. Disse er derefter blevet kvalificeret i forhold til markedet i dag og markedet i fremtiden. Dette arbejde danner grundlag for en udvælgelsesproces, hvor forskellige sammensætninger af biprodukter fra dansk jordbrug løbende vil blive testet i forhold til konstruktive evner og øvrig anvendelighed på Teknologisk Instituts nyoprettede biokomposit- og pladelaboratorium. Forskellige sammensætninger af fibre er blevet ‘presset’, testet og evalueret. Gennem denne udvælgelsesproces og materialescreening er de mest optimale sammensætninger af fibre blevet udvalgt. Dernæst vil prototyper blive bygget og testet i 1:1 og danne udgangspunkt for det videre udviklingsarbejde.

Det danske marked
I løbet af projektet er det danske marked blevet undersøgt for producenter, der kan levere det udviklede plademateriale og derved sikre, at produktet kan markedsmodnes med lokale ressourcer. Dette er blevet gjort for at sikre en lokalt forankret produktion med lokale materialer, men også for at sikre dansk tilstedeværelse på et fremspirende marked. Der er eksempelvis i Holland en stor udvikling og et hastigt voksende marked inden for biobaserede materialer. Her kan hentes mange erfaringer og inspiration og der kan etableres international vidensdeling og fremtidige samarbejder.

Plader lavet af upcyclet halm.



Byggesystemet bag huset

Eksempel
Villa Asserbo

Introduktion
BUILDR - Digitalt design og produktion

Villa Asserbo er Danmarks første 'printede' hus - samme principper anvendes til opførelsen af Det Biologiske Hus.

Eksempel
Villa Asserbo

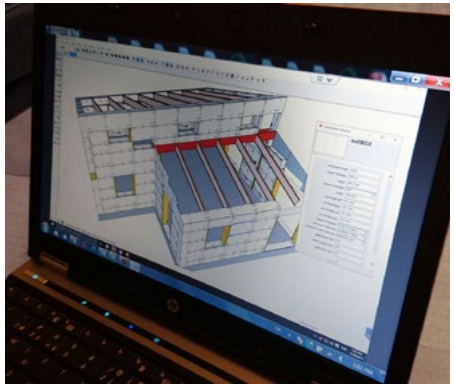
Ny 3D byggeteknologi
Nye digitale design- og produktionsredskaber er på vej ind i byggebranchen og varsler en helt ny måde at tænke, designe og bygge hus på. Byggeriets digitalisering muliggør en ny og direkte sammenhæng mellem design og produktion, som baner vej for skræddersyede løsninger og fleksibilitet i en langt højere grad end tidligere. Dette understøtter således opgøret med typehuset og visionen om fremtidens bæredygtige byggeri, hvor den enkelte beboer eller familie kan inddrages i og tage del i udformningen af deres bolig. Byggemetoden demokratiserer dermed både designfasen samt dele af byggeprocessen og kan lidt sammenlignes med at bygge med LEGO; alle byggekomponenter er nummereret, passer sammen præcist og kunden skal blot følge en simpel montagevejledning.

Villa Asserbo - Det printede hus.
Danmarks første printede hus ligger i Asserbo, og demonstrerer denne nye moderne og digitalt optimeret byggeproces. Huset består af digitalt fabrikerede trækomponenter, der er monteret på et fundament af skruepæle. Der ikke er støbt fundament på grunden, og huset påvirker således naturgrunden mindst muligt. Villa Asserbo er 125 m² stort og består af 800 plader bæredygtig krydsfinér, der digitalt er forarbejdet til 400 byggekomponenter via en CNC maskine. Isoleringen består af træfiber, der blæses ind i kassetterne. Store dele af huset kan således beskrives som værende ét materiale i forskellige stadier — nemlig træ.

Øverst: BUILDR byggeklodserne er her i gang med at blive samlet på fabrikkern. Pladerne bliver skåret med CNC fræser og samles simpelt via tapsamlinger.

Til højre: BUILDR byggesoftware indholder 3D bibliotek af modulerbare byggeklodser, som linker direkte til produktionen

Nederst: BUILDR byggesæt klar til montage.



Introduktion
Digitalt design og produktion

BUILDR - Digitalt design og produktionsmetode
Byggesystemet tager udgangspunkt i at et givent plademateriale udskæres til delelementer på CNC-maskinen. Disse samles efterfølgende til komponenter med brug af mekaniske samlingsprincipper som tapsamlinger og skruer. Den digitale præcision i produktionen muliggør herudover at en stor del af elementerne klikkes sammen i stil med traditionelle snedker samlinger. Dette muliggør et byggesystem uden brug af limede eller støbte samlinger, og kassetterne er derfor adskillelige.

De lette CNC fræsede kassetter monteres via simpel vejledning på byggepladsen, hvor de efterfølgende pumpes med løsuld som isolering. Dette bevirker at de enkelte byggelementer er så lette så muligt under konstruktion, da isoleringsmaterialet blæses ind når elementerne er monteret. De CNC fræsede huller til indblæsning af isolering, sikrer ydermere at isoleringen vil kunne suges ud af kassetterne igen, hvilket bidrager yderligere til byggesystemets adskillelighed.

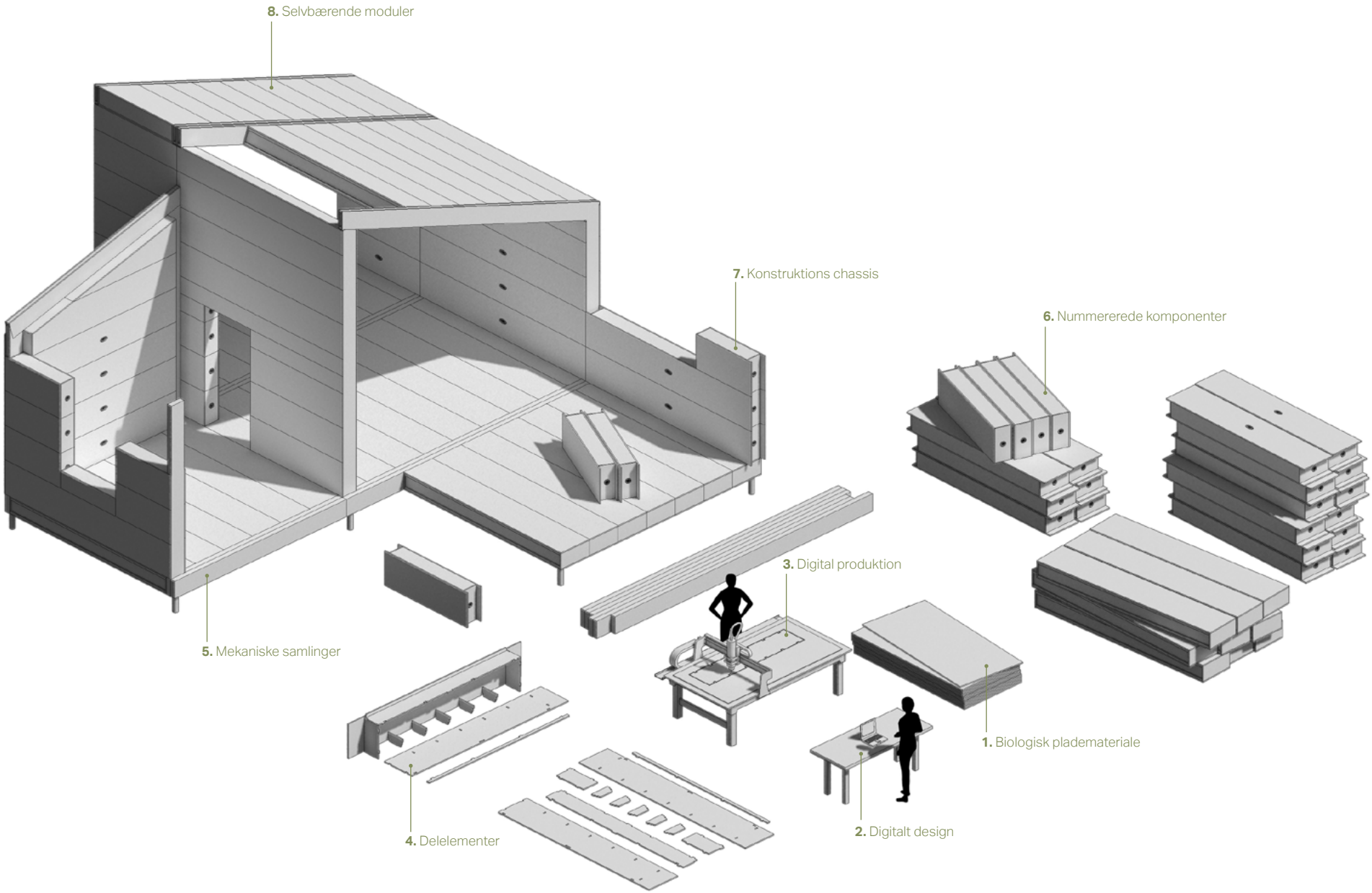
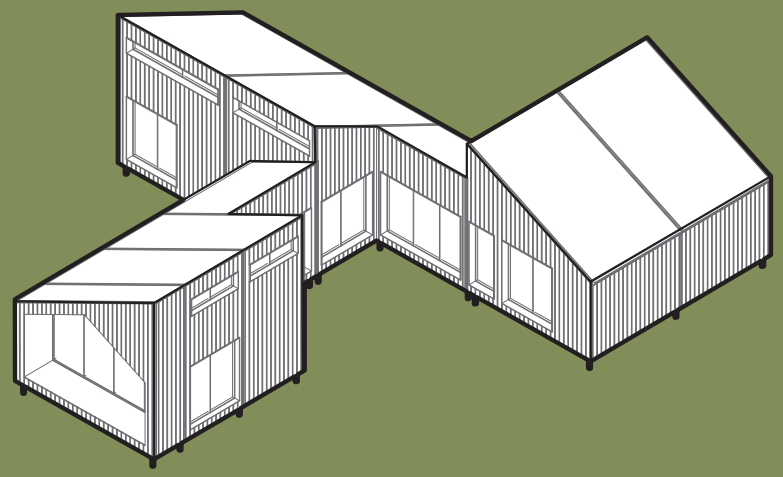


Diagram: BUILDR byggemetode trin for trin.



Cirkulært Design

Metode
Byggeriets principper

Fokusområder
Nye fokusområder i Det Biologiske Hus

Design for adskillelse

Metode
Byggeriets principper

Hvordan bygges et hus til adskillelse?
Med udgangspunkt i forskning fra Pennsylvania State University, tager arbejdet med design for adskillelse udgangspunkt i de fløgende 10 principper:

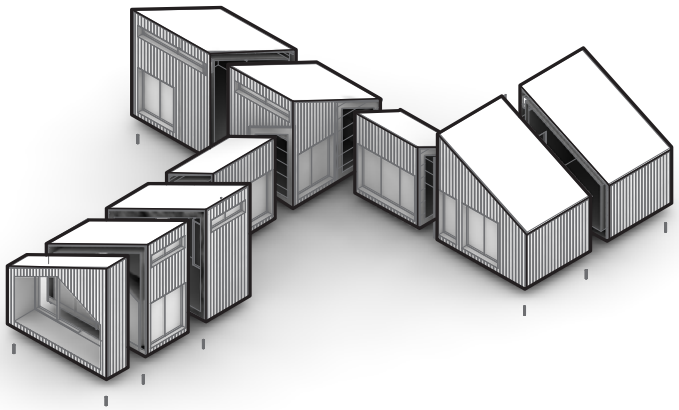


Diagram: Det Biologiske Hus opdelt i moduler.

1. Dokumenter materialer og metoder til dekonstruktion.

2. Vælg materialer efter forsigtighedsprincippet.

3. Gør samlinger tilgængelige.

4. Minimer eller eliminer kemiske forbindelser.

5. Brug boltede, skruede og naglede samlinger.

Diagram: Design for adskillelse principper.

1. Dokumenter materialer og metoder til dekonstruktion
Dette punkt handler om at integrere dekonstruktion som en naturlig del af det byggetekniske materiale igennem både design-, projekterings- og udbudsprocessen. Nærværende dokument samt materialekataloget er første skridt.

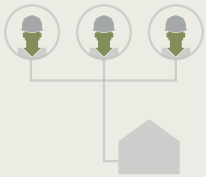
2. Vælg materialer efter forsigtighedsprincippet
Materialer der er valgt med henblik til fremtidige effekter og som har høj kvalitet fra start, har større chance for at bevare værdien over tid og igennem genanvendelse. Der er i Det Biologiske Hus brugt et materiale scanningsværktøj baseret på LCA metodikken til at analysere de væsentligste materialer ud fra en række udvalgte kriterier.

3. Gør samlinger tilgængelige
Visuelt, fysisk og ergonomisk tilgængelige forbindelser vil øge bygbarheden og samtidig sikre at det er lettere at vedligeholde og i sidste ende udskifte dele af huset. Det Biologiske Hus er baseret på lette byggeelementer der mekanisk samles til selvbærende moduler, hvilket sikrer et byggesystem der er sikkert og ergonomisk at arbejde med på byggepladsen.

4. Minimer eller eliminer kemiske forbindelser
Bindemidler såsom lim nedsætter muligheden for genbrug og afgasser samtidig sundhedsskadelige stoffer. Det Biologiske Hus anvender lim til plademateralerne der ikke har nogen negativ afgasning, herudover er systemet ikke baseret på limede samlingsprincipper.

5. Brug boltede, skruede og naglede samlinger
Brug af mekaniske samlinger, fremfor eksempelvis støbte eller svejsede, øger muligheden for genanvendelse og sikrer at der er brug for minimalt værktøj på pladsen. Det Biologiske Hus er baseret på mekaniske samlinger — fra skruefundamentet til montering af komplettering.

6. Separer mekaniske-, elektriske- og VVS-systemer.



7. Design til arbejdsgangen ved nedtagning.

8. Enkelhed i struktur og form.

9. Udskiftelighed.

10. Sikker dekonstruktion.

Diagram: Design for adskillelse principper.

6. Separer mekaniske-, elektriske- og VVS-systemer
Ved at holde tekniske installationer tilgængelige i konstruktionen, gøres det lettere at adskille komponenter og materialer til reparation, udskiftning eller genbrug. I Det Biologiske Hus alle istallationerer så som for eksempel rørføring, elkabler fræset ind i siden på komponenterne, så de er tilgængelige, og fra starten er defineret som en tilgængelig del af konstruktionen.

7. Design til arbejdsgangen ved nedtagning
Ved at designe elementer der er i en håndterbar størrelse og er let tilgængelige, sikres det at arbejdsintensiteten ved nedtagning er minimal. Det Biologiske Hus kan populært sagt både samles og adskilles af to mand med en gummihammer, hvilket sikrer at demontering er et realistisk scenario i forhold til arbejdstid.

8. Enkelhed i struktur og form
Simple former og standard størrelser gør demontering mindre kompliceret. Det Biologiske Hus opbygges af en række standardiserede elementer og moduler.

9. Udskiftelighed
Brug af modulære, standardiserede og uafhængige materialer og systemer vil gøre genbrug lettere. Stort set alle elementer i Det Biologiske Hus er modulære og uafhængige.

10. Sikker dekonstruktion
Ved at tillade at de forskellige dele af byggeriet og byggeområdet er tilgængelige, sikre og stabile under dekonstruktion, øges muligheden for sikker drift samt med tiden en øget mulighed for genanvendelse.

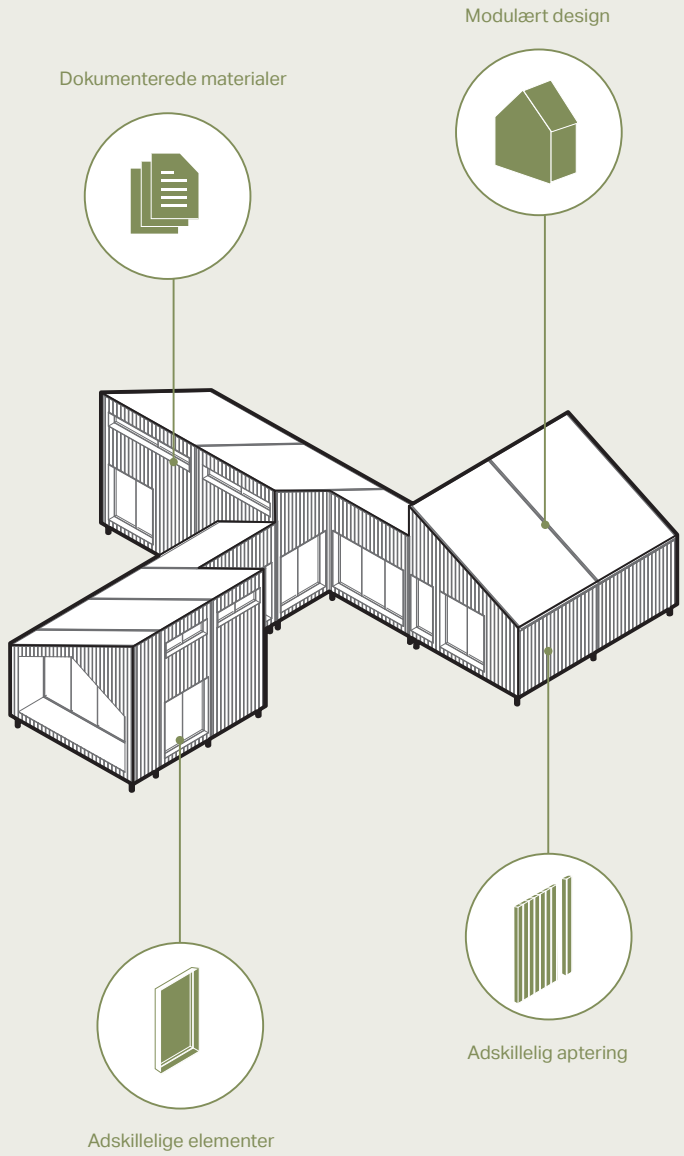


Diagram: Fokus områder i Det Biologiske Hus.

Fokusområder
Principper for adskillelse

Materialer i et kredsløb
Byggesystemet i dag er baseret på mono-materialitet og mekaniske samlinger, som udgangspunkt er det adskilleligt og velegnet til at indgå i kredsløb. Der er dog valgt en række indsatsområder, der understøtter ambitionen om et byggesystem hvor 80% af de anvendte elementer og materialer kan genanvendes.

Moduler
I stedet for at huset opbygges fra bunden i lag, bliver Det Biologiske Hus opbygget af selvbærende moduler. Dette vil medvirke til at hele dele af huset vil kunne tilføjes, udskiftes eller indgå i nye huse. Der er således udviklet en række byggemoduler og samlingsprincipper der er udgangspunktet for Det Biologiske Hus, og som kan anvendes til at skabe en lang række af forskellige hustypologier. Modulerne består af en række standard størrelser, der sikrer en god funktionalitet, og samtidig giver mulighed for at tilføje eller fjerne og genanvende moduler over tid. Modulerne samles med en gulv, loft og væg detalje, der sikrer at de kan skilles. Mindre komponenter kan hives ud af konstruktionen, så der er adgang til de skruede samlinger.

Grænseflader og aptering
Herudover vil der blive fokuseret på hvordan de elementer der ikke er en del af modulsystemet indbygges. Det betyder at der især vil blive fokuseret på montering og mulighed for demontering af vindueselementer. Der er også fokus på facadebeklædning der monteres på modulerne er let at adskille.

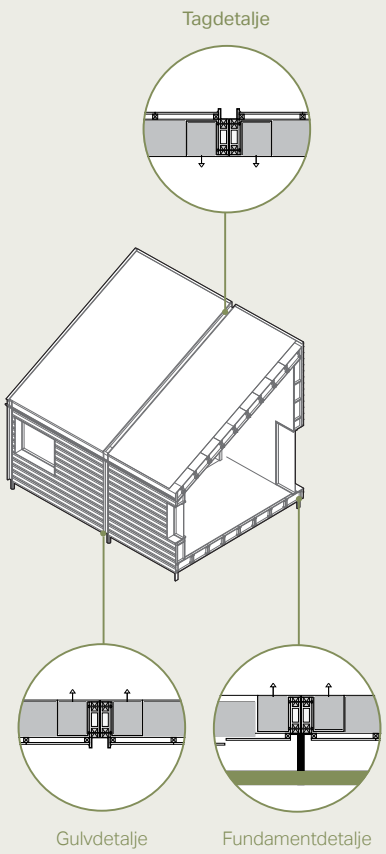


Diagram: Fokus på detaljen.

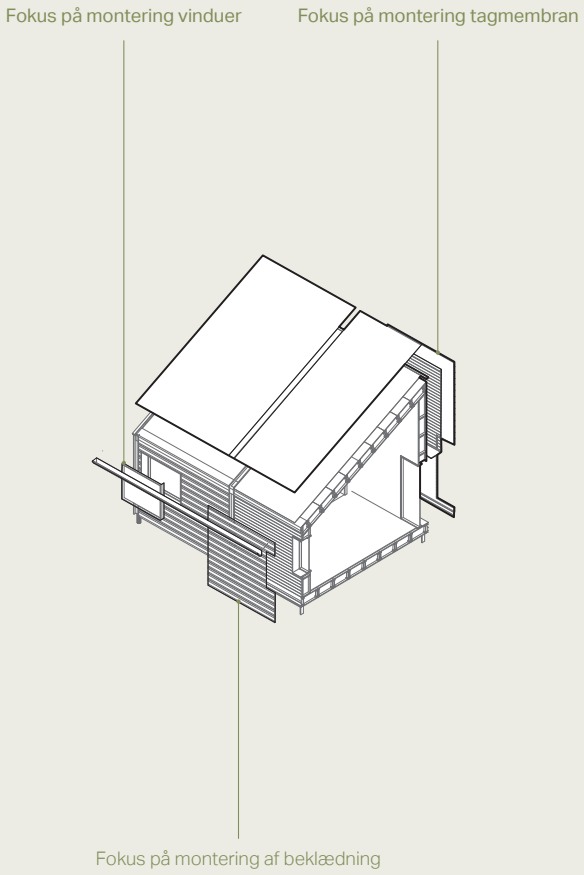


Diagram: Fokus på montering.

Hus Typologier

Modulbyggeri
Muligheder og forandring

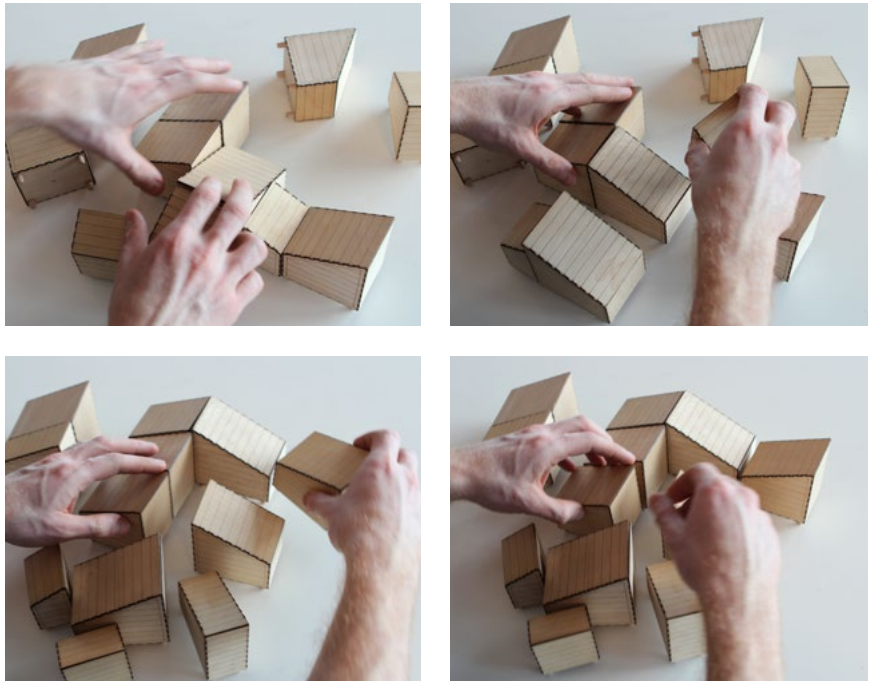
Kompakt
Et alternativ til det klassiske længehus

Vinkel
To funktionelle længer

Gårdhavehus
En åben gårdhave med privatliv

Åben Form
En form der skaber oplevelser

Modulbyggeri
Muligheder og forandring



Byggesystemet består af moduler som kan kombineres til mange hustypologier.

Fleksibilitet
Mulighederne og fleksibiliteten i huskonceptet udforskes her i fire forskellige huse, der henvender sig til den moderne familie. Formmæssigt tages der udgangspunkt i velkendte typologier som gennem byggesystemet nytænkes.

Et byggeri over tid
Når et byggeri renoveres, ombygges eller rives ned, ender byggematerialer ofte som affald. På den måde går den energi og de værdifulde råmaterialer der blev brugt til at skabe byggeriet tabt.

Behov for ombygninger opstår ofte i forbindelse med ændret brug af et hus. En families behov ændrer sig over tid, og der vil således ofte være brug for at udvide, eksempelvis i forbindelse med familieforøgelser. For de fleste vil der måske opstå et behov for at gøre sin bolig mindre i forbindelse med at børnene flytter, skilsmisser eller lignende.

Tidens demografiske tendenser stiller således nye krav om fleksibilitet til nutidens bygninger, og der er derfor både gode miljømæssige og funktionelle grunde til at designe fleksible byggerier der kan ændres over tid.

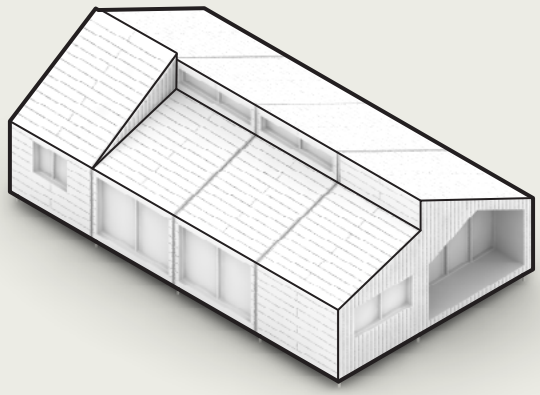


Diagram: Det kompakte hus.

K

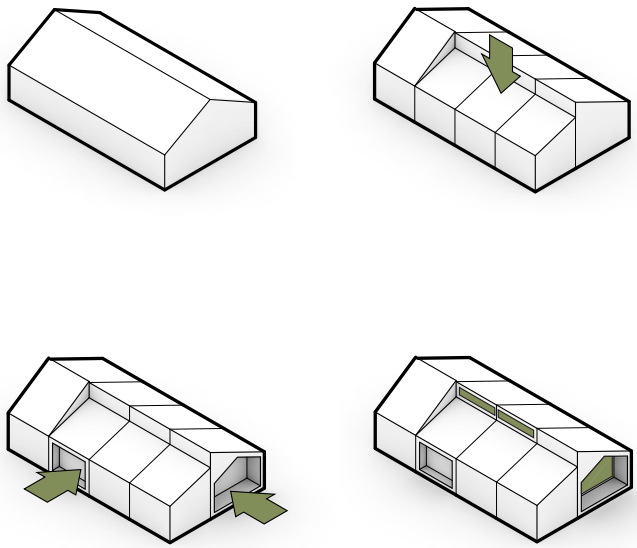
Kompakt
Et alternativ til det klassiske længehus

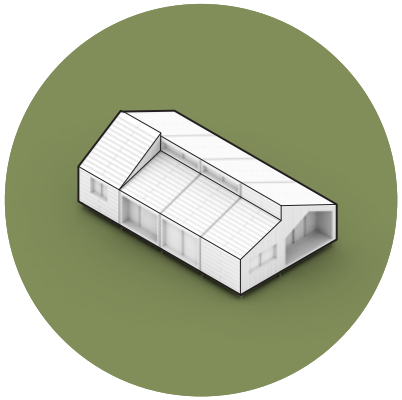
Denne typologi tager udgangspunkt i det klassiske længehus der ses overalt i de danske parcelhuskvarterer. Den kompakte krop har fået en arkitektonisk bearbejdning hvor store nicher og ovenlys indkorporeres i designet.

Husets hjerte er det store åbne køkken-alrum der flyder sammen med en overdækket terrasse. Rummet har højt til loftet og er velbelyst af ovenlys og store vinduespartier mod syd og vest.

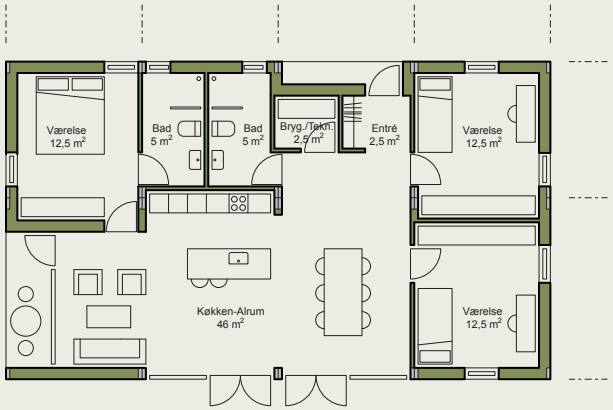
Boligens øvrige rum er placeret så de har adgang fra fællesarealet og danner en lukket ryg mod nord og øst.
I den ene ende af huset ligger et soveværelse med adgang til eget bad. I den anden ende af huset ligger to ens værelser hvor ekstra taghøjde giver mulighed for etablering af hems.

K — Kompakt





Trinvis bearbejdning fra det konceptuelle kompakte hus til det færdige design.



Plan 1:200

Brutto: 121 m²
Netto: 103 m²
Overdækket: 4,5 m²

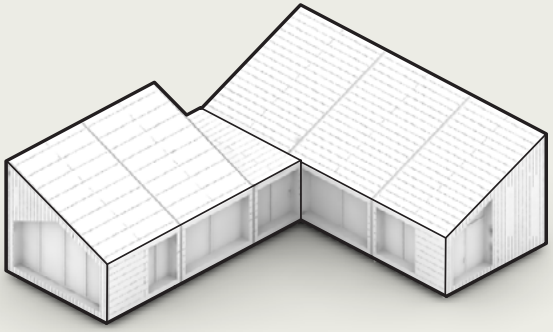


Diagram: Vinkel huset.

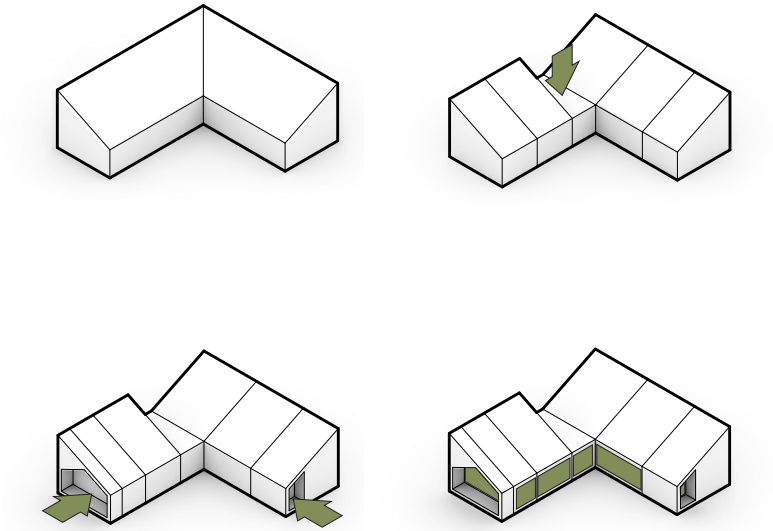
V

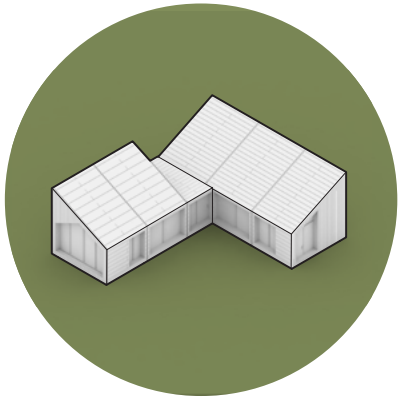
Vinkel
To funktionelle længer

Vinkeltypologien tager udgangspunkt i det klassiske L-formede hus og danner en gård mod sydvest. Arkitektonisk og funktionelt er huset opdelt i to længer. En længe med private funktioner og en med fællesarealer. De to længer er bundet sammen i et lavt parti som også er husets indgang. 'Fælles-længen' rummer et stort køkken-alrum med højt til loftet. Dette rum flyder sammen med en overdækket terrasse og har en stor åbning til gården mod syd.

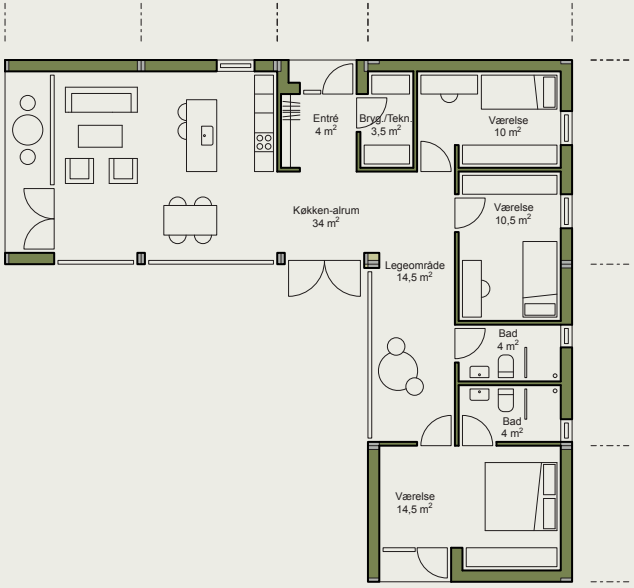
Den 'private længe' rummer to børne- og et soveværelse, adskilt af to badeværelser. Rummene bindes sammen af et stort legeområde. Den høje lofthøjde gør det muligt at etablere hems i hele længen.

V — Vinkel





Trinvis bearbejdning fra det konceptuelle vinkelhus til det færdige design.



Plan 1:200

Brutto: 127 m²
Netto: 105 m²
Overdækket: 7 m²

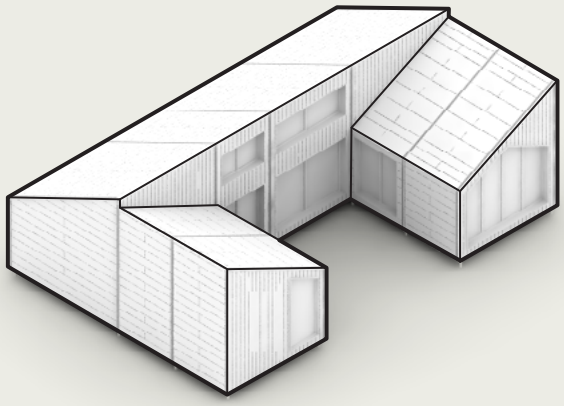


Diagram: Gårdhavehuset.

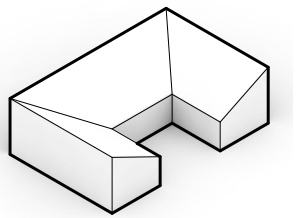
U

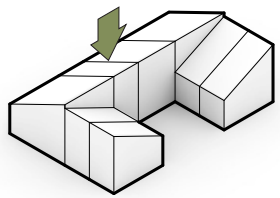
Gårdhavehus
En åben gårdhave med privatliv

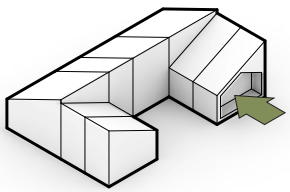
Husets tager udgangspunkt i to længer der strækker sig ud fra hovedkroppen og danner et sydvendt gårdrum. Taget på længerne folder ned og lader sollys trænge ned i gården. Alle husets fællesfunktioner orienterer sig mod gården og de private funktioner danner en lukket ryg udadtil som skaber privatliv i gården.

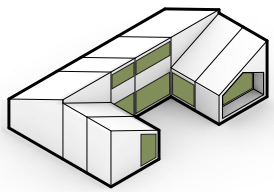
Køkkenet er boligens hjerte hvorfra der er overblik over hele huset. De to længer fungerer uafhængigt. Den ene rummer to børneværelser samt et badeværelse og bindes sammen af et legeområde. Den anden længe rummer en separat stue der flyder sammen med en overdækket terrasse og et soveværelse med eget bad.

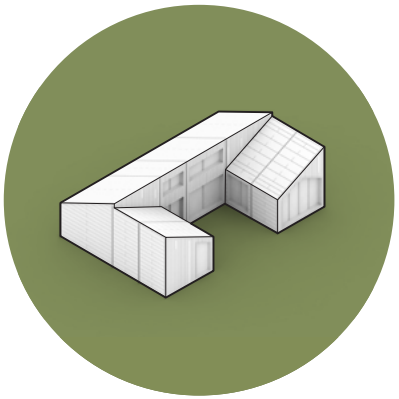
U — Gårdhavehus



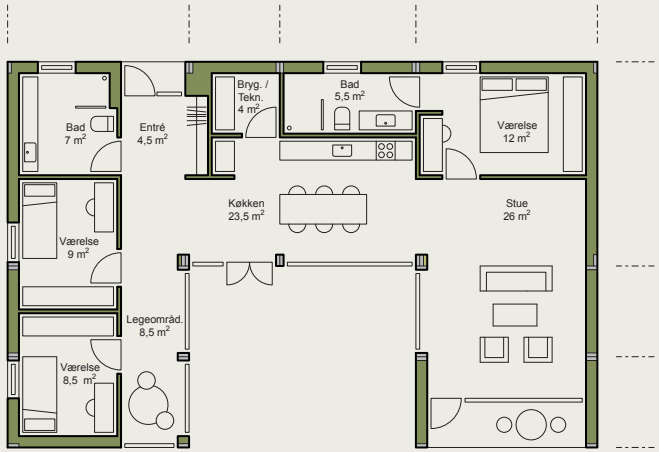








Trinvis bearbejdning fra det konceptuelle Gårdhavehus til det færdige design.



Plan 1:200

Brutto: 130 m²
Netto: 109,5 m²
Overdækket: 6,5 m²

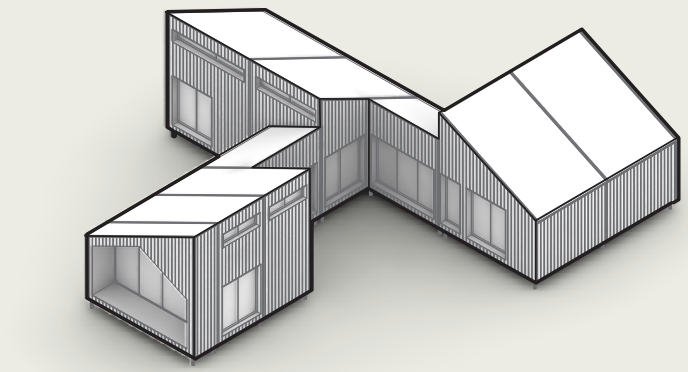


Diagram: Åben form - et ekspressivt hus

X

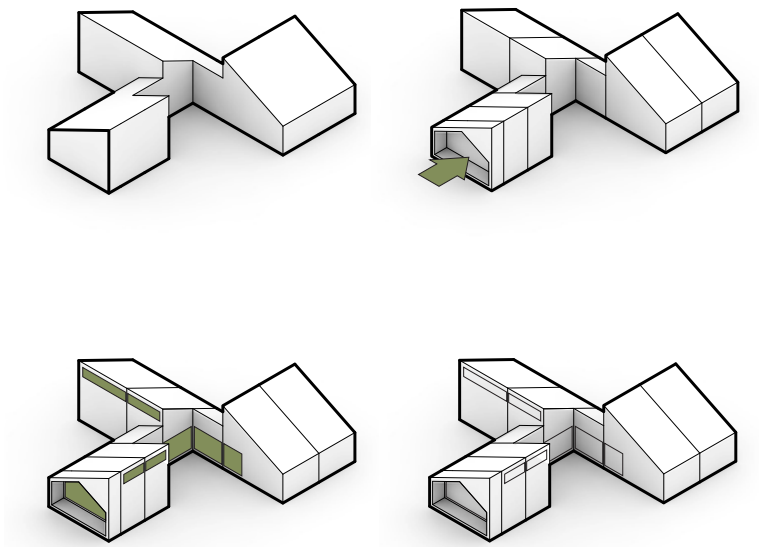
Åben Form

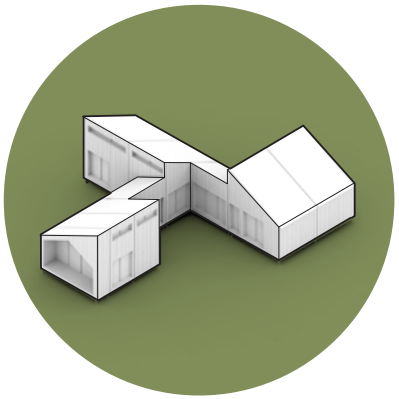
En form der skaber oplevelser inde og ude

Husets form tager udgangspunkt i to længer der strækker sig ud fra hovedkroppen og danner et sydvendt gårdrum. Taget på længerne folder ned og lader sollys trænge ned i gården. Alle husets fællesfunktioner orienterer sig mod gården og de private danner en lukket ryg udadtil som skaber privatliv.

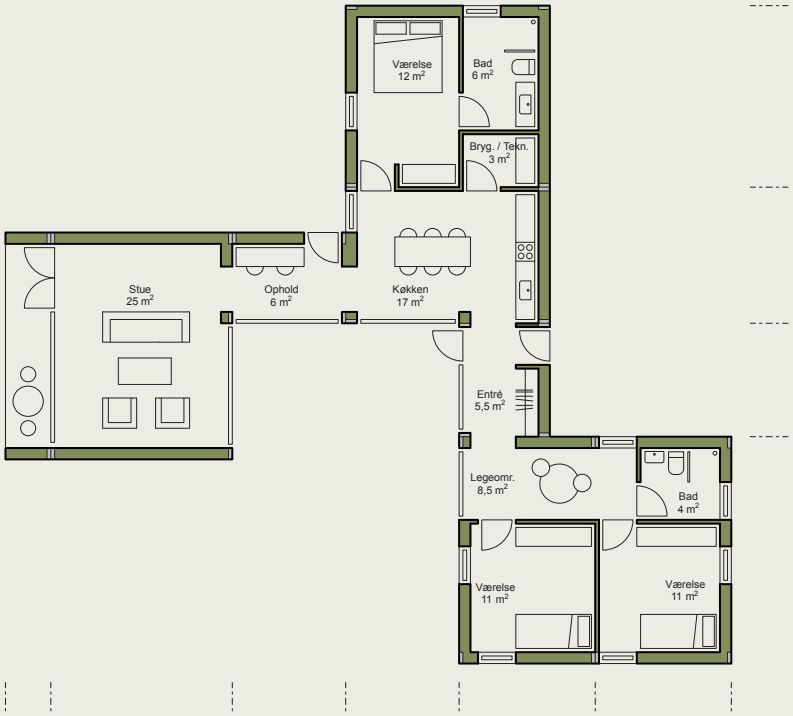
Hovedkroppen rummer et soveværelse med eget bad og køkkenet som er boligens hjerte hvorfra der er overblik over hele huset. De to længer fungerer uafhængigt. Den ene rummer to værelser og et badeværelse der bindes sammen af et legeområde. Den anden længe rummer en separat stue der flyder sammen med en overdækket terrasse.

X — Åben Form



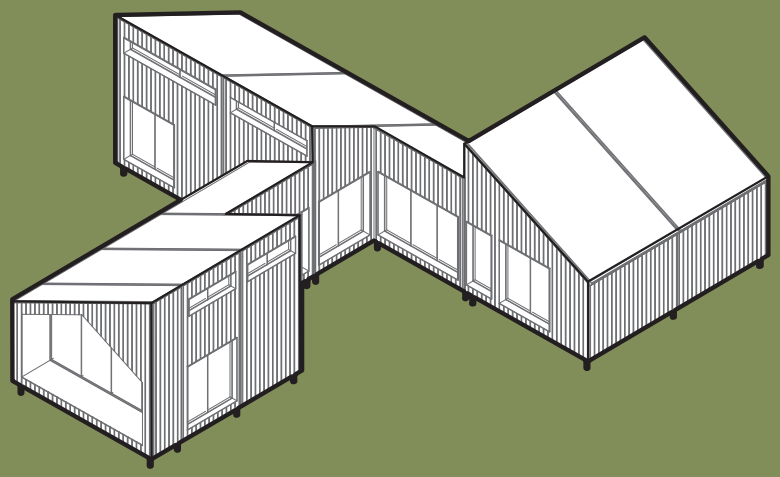


Trinvis bearbejdning fra det konceptuelle Åben Form hus til det færdige design.



Plan 1:200

Brutto: 142 m²
Netto: 113 m²
Overdækket: 6,5 m²



Det Byggede Hus

Huset i Middelfart
Det Biologiske Hus

Materiale oversigt
Konstruktion
Yderbeklædning
Inderbeklædning
Aptering
Teknik, service & Interiør

‘Det Biologiske Hus giver værdifuld viden om, hvordan vi kan forvandle affald til en nyttig ressource og viser samtidig en kreativ og realistisk vej til at bygge bæredygtige boliger med godt indeklima og sund økonomi’

— Martin Manthorpe
Strategidirektør, NCC

Huset i Middelfart
Det Biologiske Hus

Det byggede hus
For at demonstrere bygbarheden af konceptet opføres en prototype af Det Biologiske Hus i skala 1:1. Demonstrationshuset opføres på HUSET’s byggeudstilling i Middelfart, som er Danmarks største, permanente bygge- og boligudstilling.

Diagram: Det Biologiske Hus

Top: Det Biologiske Hus i Middelfart

Midten: Gipsplade, Fermacell Greenline

Bund: Råhusets halmkonstruktion

Huset i Middelfart
Byggeriet

Det Biologiske Hus er ikke længere et fremtidsscenarium - det er økonomisk, kommerciel og bæredygtig virkelighed. Huset står nu opført og kan besøges og opleves 360 dage om året på HUSET's byggeudstilling i Middelfart.

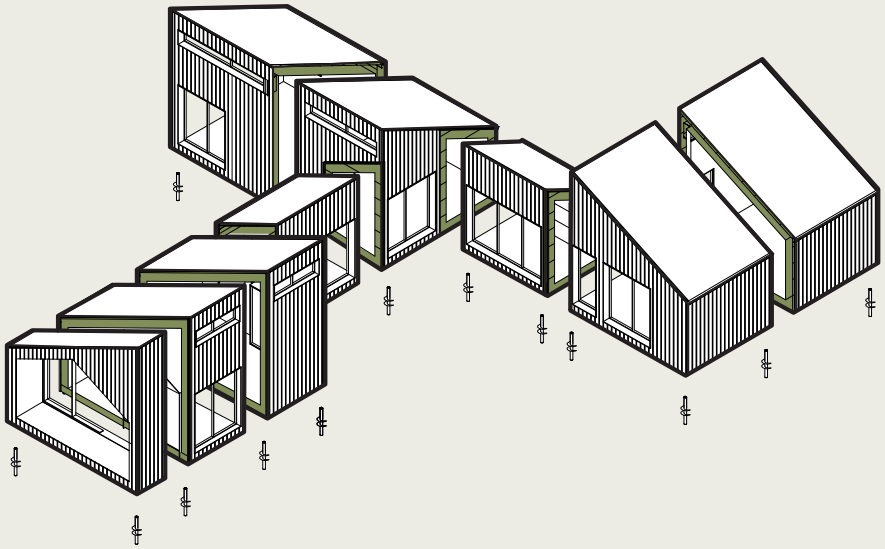
Huset skal ses som et demonstratorium hvor biologiske og teknisk genanvendelige byggematerialer og produkter bliver vist frem i et realistisk og relaterbart scenarie, hvor et bud på fremtidens sunde og bæredygtige boligtypologi kan opleves i 1:1.

At huset idag er en reel og tilgængelig ny typologi på det danske husmarked understreges af, at alle materialer til byggeriet er kommercielt tilgængelige. Husets materialer og produkter er gennemtestede samt konkurrencedygtige på det kommercielle marked og opfylder gældende lovgivning.

Materialerne er nøje udvalgt gennem en omfattende markedsundersøgelse af byggematerialer produceret af genanvendelige overskudsprodukter og biomaterialer. Udvælgelsen er ligeledes sket efter et nærhedsprincip, således at de anvendte materialer, leverandører og services så vidt muligt er lokale.

I de følgende afsnit gennemgåes hvert enkelt materiale og produkt der er anvendt i Det Biologiske Hus og giver dermed et dybdegående indblik i husets løsninger og egenskaber.

Konstruktion
Materialeoversigt



Halmplader
Novofibre

Søgræs isolering
NeptuTherm

Træfiberisolering
Thermo Cell

I-Bjælker
Profile

Beslag, ringsøm og skruer
ITW Construction

Diagram: Kontruktionen i Det Biologiske Hus.

Top: Halmplade fra Novofibre.

Midt: Halmstrå som råmaterialerne.

Bund: Opskyllet neptungræs ved Middelhavets kyst.

Konstruktion
Gennemgang af materialer

Halmplader, Novofibre
Novofibres halmplade er udviklet og produceret i Tyskland. Den er lavet af 100% bæredygtige materialer bestående af naturlige fibre fra hvedehalm og formaldehydfri lim. Halmpladen som produkt er en ny og bæredygtig løsning velegnet til let byggeri og kan bruges både af private og professionelle. Den formaldehydfri-lim bliver blandet med halmen hvor efter det bliver presset og skåret ud til plader.

I Det Biologiske Hus bliver pladen brugt i konstruktionen som bund, sider og top, i de CNC-fræste kassetter. Disse udgører husets konstruktion og skæres specielt til deres specifikke placering. Halmpladerne er med til at skabe et sundt miljø i Det Biologiske Hus , da pladen er diffusionsåben (åndbar) og samtidig ikke afgiver kemiske stoffer til indeklimaet.

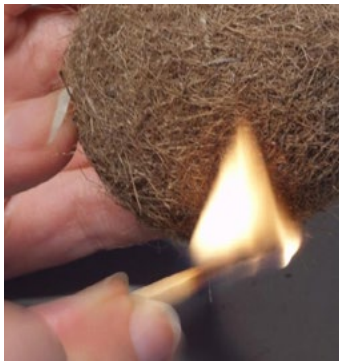
Søgræs isolering, NeptuTherm
Efter kassetterne er skåret, sat sammen og placeret, indblæses isolering i konstruktionen. Udvalgte områder af huset er isoleret med søgræs, som er produceret af NeptuTherm i Tyskland.

Søgræsset, også kaldet neptungræs, ligger som tørret tang der skyldet op på kysterne. Kuglerne er lavet af et fiberrigt materiale med en naturlig høj isoleringsværdig. Materialet har mange egenskaber der gør det velegnet til byggeri, herunder hygroskopiske egenskaber samt skimmel- og brandresistens pga. af det naturlige indhold af havsalte.

Top: Naturligt formede bolde af neptungræs.

Midt: Neptungræs har mange gode egenskaber blandt andet kan det ikke brænde.

Bund: Løs ThermoCell træfiberisolering der kan blæses ind i kontruktioner.



Søgræsset bliver omdannet til løsulds-isolering gennem en skånsom bæredygtig proces og har en størrelse samt struktur der gør at det let kan blæses ind i bygningers hulrum. Ved indblæsning skabes en tæt og komprimeret isolering, som er med til at gøre huset lufttæt.

ThermoCell, træfiberisolering
Det Biologiske Hus er et demonstrationshus og derfor anvendes forskellige typer af biologisk og naturlig isolering. Udover det føromtalte søgræs, er huset hovedsageligt isoleret med træfiberisolering fra ThermoCell.

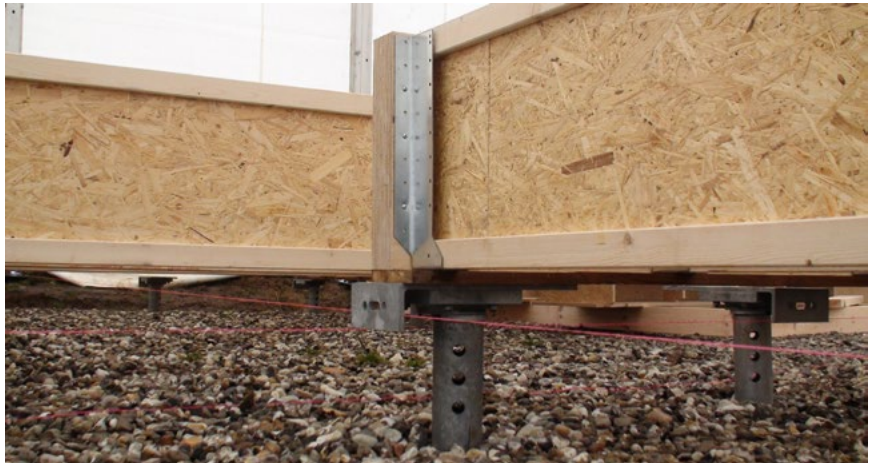
Træfiberisoleringen bliver produceret af ThermoCell på Mors. Materialet er naturligt, ikke generende at arbejde med og besidder egenskaber der er sammenlignelige med traditionel isolering. I forhold til mineraluld har træfiberisolering flere fordele, som f.eks. større varmekapacitet hvilket betyder lavere energiforbrug. Det er desuden hygroskopisk og kan optage og afgive fugt, hvilket er med til at skabe et sundt indeklima. Isoleringen kan genanvendes, recirkuleres eller komposteres efter brug.

Træfiberisoleringen som løsuld, er hovedsageligt beregnet til indblæsning i bygningskonstruktioner, men fås også i traditionelle bats. Ved indblæsning smyger isoleringsmaterialet sig omkring alle hjørner, rørinstallationer og de øvrige dele af konstruktionerne. Indblæsning af isolering er også med til at give selve byggeriet en fleksibel og enkel tilgang til byggeprocessen, da alle indblæsningshuller er forberedt i modulerne og dermed udføres nemt og hurtigt uafhængigt af andre entrepriser.

Top: På I-bjælken fra Profile er alt unødvendigt træ er sparet væk.

Midt: Husets skillelinjer i dækket indikere, hvor huset kan skilles ad via specielle samlingsbeslag.

Bund: Husets terrændæk samles med beslag og mekaniske reversible samlinger fra ITW Construction.



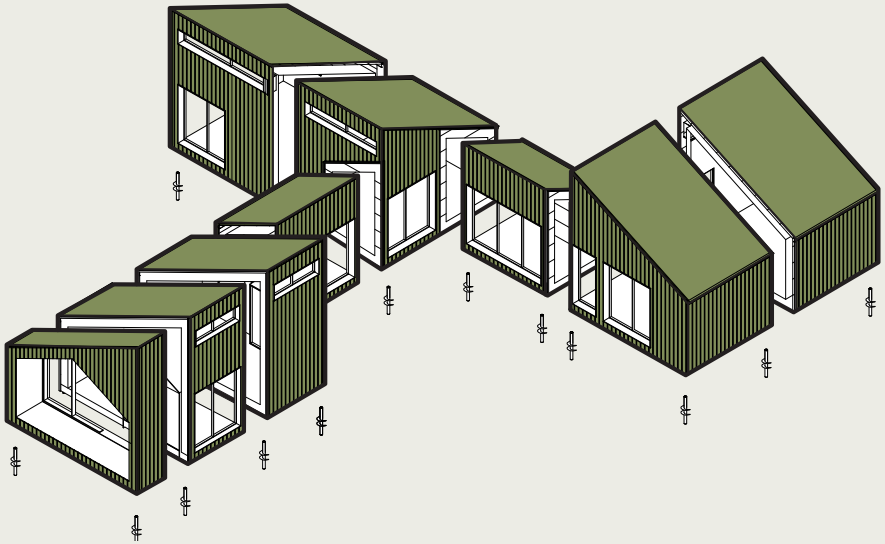
I-bjælker, Profile
Husets bærende konstruktion i dæk og tag består Profiles I-bjælker der er udført i træ. Bjælkerne bruges mellem trækassetterne og er med til at give bygningen sin stabilitet.

I-bjælkerne er nemme at arbejde med, da de er lette i forhold til tilsvarende produkter. Alt unødvendigt træ sparet væk fra bjælken, hvilket giver en billig, let og energibesparende løsning. Dette giver mulighed for at to mand kan håndtere bygningsdelen uden brug af store maskiner — et af principperne for 'design for disassembly' defineret i starten af rapporten.

Beslag, bolte og skruer, ITW Construction
Alle husets delkomponenter er i tråd med principperne for 'design for disassembly' mekaniske, reversible og tilgængelige. Hele konstruktionen holdes på denne måde sammen sammen af for eksempel skruer, søm og beslag fra ITW Construction / NKT & Paslode. Til Det Biologiske Hus udviklede ITW Construction er specialbeslag til I-bjælkerne.

Huset beslag og samlingskomponenter er udført i stål og er ikke i sig selv et biologisk produkt. Materialet bevarer dog sin kvalitet og styrke i mange år, så det nemt kan genanvendes, smeltes om og forarbejdes til nyt produkt af samme kvalitet. Dermed kan det blive en del af et lukket teknisk kredsløb

Yderbeklædning
Materialeoversigt



Tagmembran
Derbigum

Undertag
Hunton

Facade
Kebony

Diagram: Yderbeklædning på Det Biologiske Hus.

Top: Derbipure, en vegetabilsk baseret selvrensende tagmembran med afkølende effekt.

Midt: Olivine tagmembran omdanner CO_2 fra atmosfæren til sand.

Bund: Hunton undertag og stubbeloft.

Yderbeklædning
Gennemgang af materialer

Tagmembran, Derbigum
For at demonstrere forskellige bæredygtige tagmembraners egenskaber beklædes taget på Det Biologiske Hus med to typer tagbeklædning: Derbipure og Derbicolor Olivine. Begge produceret af Derbigum.

Derbigums vegetabilske tagmembran Derbipure, er Cradle to Cradle-certificeret og derved 100% genanvendelig. Membranen er armeret med et komposit-indlæg af glasfibervæv, imprægneret med akryl, som giver en højreflekterende overflade der kan virke afkølende. Membranen virker derfor som en passiv nedkøler. Det giver en energibesparelse og reducerer udledningen af CO_2 i tagets levetid. Overfladen på membranen er selvrensende via EasyClean-teknologien og forbliver dermed ren og hvid i hele tagets levetid. Dermed biholdes også effekten som passiv nedkøler.

Derbicolor Olivine har et grønligt skær og er opbygget af bitumen, plastomere og olivin som afsluttende mineral lag.
Mineralet olivin er et naturligt magnesium jernsilikat som er i stand til at opfange CO_2 fra atmosfæren. Når det regner bliver den CO_2 der kommer fra atmosfæren, omdannet til to miljøvenlige stoffer: siliciumdioxid og magnesiumcarbonat — det vil sige sand.

Undertag, Hunton
Som undertag på husets til isolerede, skrå trætage anvendes Hunton Undertag. Dette er en 18 mm porøs træfiberplade lavet af træflis, som er vandafvisende på ydersiden.

Top: Det nye Kenony træ har en mørkgylden glød.

Midt: Kebony uvikler en naturlig patina når det udsættes for sol og regn.

Bund: Imprægneringsprocessen med biobaseret furfurylalcohol.

Pladen fungere både som undertag og vindspærre i ét. Det betyder, at der kun er luftning af tagkonstruktionen på oversiden af undertaget. Huntons Undertag er diffusionsåben og kan optage og afgive fugt (hygroskopisk) i takt med fugtighedsændringerne i omgivelserne. Dette forhold spiller sammen med de andre naturlige og fugthåndterende materialer i konstruktionen. Dannes der kondens i taget, sørger Hunton undertag for at vand ikke trænger indn i konstruktionen.

Facade, Kebony

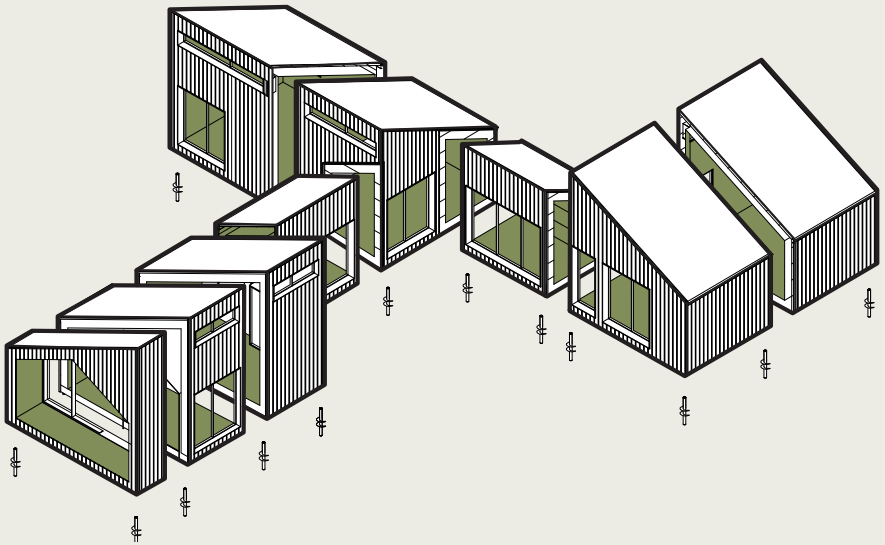
Alle husets facader er beklædt med Kebonys nordiske skovfyr, som er et bæredygtigt alternativ til hårde træsorter fra Asien.

Konceptet bag Kebony er at forbedre hurtigt voksende, og mindre holdbart træs egenskaber, så de kan samlignes med langsomt voksende og meget modstandsdygtige træsorter, som for eksempel eg, teak og azobé. Det betyder lokale træsorter som fyr- og nåletræ kan få de samme egenskaber som eksotiske træsorter som bliver transporteret langsvejs fra.

Teknologien bag træets egenskaber er udviklet i Norge og er en miljøvenlig proces, som er baseret på imprægnering med furfurylalkohol, der fremstilles af et vegetabilske affaldsprodukt fra landbruget. Kebony bruger således en plante, beregnet som affald, til at give forbedret styrke og holdbarhed til træet.

Kebony er både egnet til indendørs og udendørs brug og kræver ingen yderligere vedligehold. Træet er modstandsdygtigt mod svamp, råd og andre træødelæggende mikroorganismer og producenten giver en udendørs levetids garanti på 30 år. Udendørs udvikles en naturlig patina når det udsættes for sol og regn.

Inderbeklædning
Materialeoversigt



Gipsplade
Fermacell Greenline

Silikatfarve
Keim Scandinavia

Akustikplade
Troldtekt, ultrafin

Egetræsgulv
Junkers

Diagram: Inderbeklædning i Det Biologiske Hus.

Top: Fermacell Greenline gipsplade.

Midt: Behandlet fåreuld til Fermacell Greenline produktion.

Bund: Silikatpuds fra Keim.

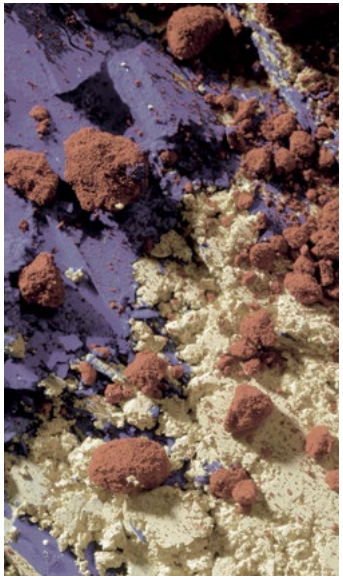
Inderbeklædning
Gennemgang af materialer

Gipsplade, Fermacell Greenline
Huset indervægge er beklædt med Fermacells Greenline fibergibsplade. Den er særligt designet til at absorbere og indkapsle skadelige luftarter i miljøet som aldehyder, formaldehyd og ketoner. Fibergipspladen er coatet med keratin fra fåreuld, hvilket sikrer, at den effektivt binder og dermed neutraliserer de skadelige luftarter indendøre. Det vil sige den har en langvarig og positiv effekt på andre materialer og miljøet i huset. Greenline pladen er produceret af 99% genanvendelige materialer.

Silikatfarve og puds, Keim Scandinavia
Gipspladerne pudses først med en silikatbaseret puds fra Keim, som besidder fugtregulerende egenskaber. Porøsiteten i pudsens overflade bidrager desuden til akustisk regulering i rummene samtidig med at væggens diffusionsåbne opbygning bevares. Derpå males væggene med Keims unikke silikatfarve.

Den rene silikatfarve adskiller sig fra normale filmdannende malingstyper ved at indgå i forbindelse med det mineralske underlag, som i princippet er en forstening.

Silikatfarve består af sammensmeltet kvartssand og potaske tilsat uorganisk farvepigment, blandingen af disse materialer kaldes kaliumsilikat. Kaliumsilikatet trænger ind i underlagets porer, hvor den gradvist overgår til krystallinsk form. Kuldioxiden fra luften bliver tiltrukket og omdanner det sammensmeltede, flydende kaliumsilikat til kvarts igen.



Top: Silikatfarve fra Keim Scandinavia.

Midt: Troldtekts ultrafine akustikplade.

Bund: Junkers ubehandlet egetræsgulv.

Keims silikatfarver indholder uorganiske farvepigmenter som betyder lysægte og dybe farver der skaber et varmt og behageligt indendørs miljø. Produktet indholder desuden ingen organiske opløsningsmidler, er allergivenligt og kan ikke brænde.

Akustikplade, Troldtekt
Indvendigt beklædes udvalgte lofter med Troldtekts nye plade med ultrafin struktur. Det er en træbetonplade fremstillet af beton og rødgran, blandet med cement. Rødgranen er høvlet til en ultrafin træuld, der har nået en minimal bredde på blot 1 millimeter

Troldtekts akustikplade er Cradle to Cradle certificeret og har stort fokus på forbedering af indeklima, herunder støjgener. Certificeringen er opnået, fordi pladerne ikke indeholder skadelige stoffer og derfor kan vende tilbage til naturen som kompost.

Egetræsgulv, Junckers
Det Biologiske Hus' gulv bliver beklædt med en ubehandlet børstet egetræsplanke fra Junckers. Eg som løvtræssort er med sin hårdhed og høje slidstyrke meget velegnet som gulv, og holder i mange år. Træet har en flot struktur med de karakteristika, der er typiske for dette naturmateriale. Gulvet ældes smukt over tid og kræver på intet tidspunkt kemisk afrensning.

Udvendig aptering
Materialeoversigt

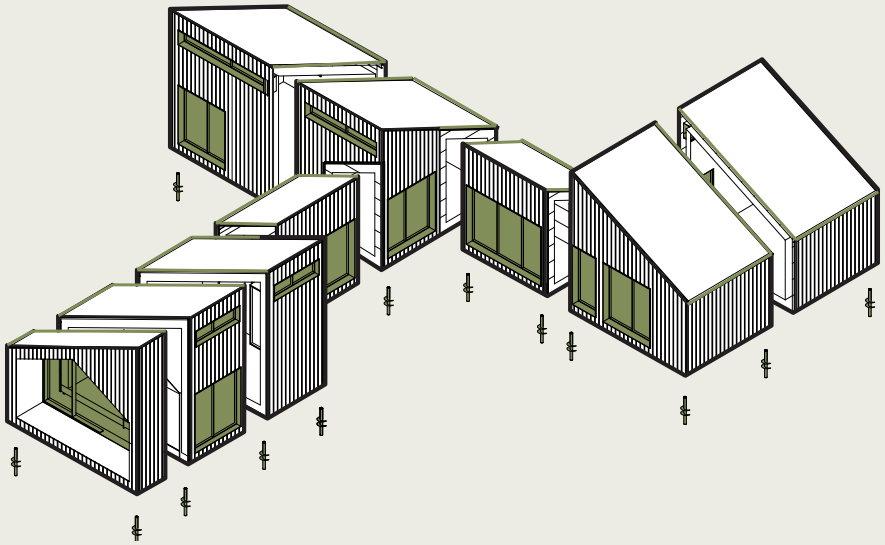


Diagram: Aptering på Det Biologiske Hus.

Tagrender og indækninger
Rheinzink

Vinduer og døre
Horn Group, Ventilationsvinduet

Fundament
Uretek, skruepæle

Terasser
Frøslev Træ

Afsætning
LIFA

Top: Zink profiler markerer modulovergange — et tydeligt arkitektonisk greb på Det Biologiske Hus.

Midt: Ventilationsvindue fra Horn Group.

Bund: Døre og Ventilationsvinduer fra Horn Group. i Det Biologiske Hus

Udvendig aptering
Gennemgang af materialer

Tagrender og inddækninger, Rheinzink
Til indækning af overgangene mellem husets forskellige moduler anvendes zink profiler. Disse markerer tydeligt overgangene i modlulinjerne, hvor huset kan skilles ad og bliver en del af et tydeligt arkitektonisk greb.

Inddækningerne leveres ligesom tagrenderne af Rheinzink, som er Cradle to Cradle certificeret. Produkterne er 100% genanvendelige og består hovedsageligt af zink, som er et naturligt forekommende materiale — et af de hyppigste elementer i jordskorpen.

Vinduer og døre, Horn Group - Ventilationsvinduet
Husets vinduer og dører er såkaldte 'Ventilationsvinduer' fra Horn Group, som er verdens første intelligente 'Plus-energivinduer'. Vinduet genererer energi til bygningen, så der spares omkring 25% på varme- og kølebehovet, samtidig med at der tilføres rigelige mængder frisk luft. Resultaterne er, udover markante energibesparelser, et sundt og komfortabelt indeklima til glæde for både bygningen og dens beboere.

Gennem en voksventil styrer ventilationsvinduet ind- og udluftningen i bygningen. Vinduet består af tre lag glas, hvorimellem der er et tomrum. Grundet opvarmningen af luften i mellemrummet trækkes ny og frisk forvarmet luft ind udefra. Ventilen i toppen af vinduet åbner eller lukker sig alt efter varmepåvirkningerne.

Top: Skruepælene monteres på en dag og byggeriet kan derpå gå igang.

Midt: LIFA

Bund: Terasser, Frøslev træ

Fundament, Uretek skruepæle
Husets står på et punktfundament af skruepæle. De fungerer som store skruer der bliver der nænsomt skrues ned i jorden og som husets moduler monteres ovenpå. På hver skrupæl er der svejset helixplader, og pælene kan samles af sektioner i op til to meter. En pæl kan blive over 20 meter lang afhængig af funktion. De øverste meter af en skruepæl er altid galvaniserede for at modvirke korrosion i vind og vejr og har en levetid på over 100 år.

Ved at pælen bliver skruet i, opstår der ikke skadelige vibrationer og følgevirkninger, det gør at skruepælen er velegnet til fundering, pilotering og stabilisering i tæt bebyggelse. Desuden medfører metoden minimal opgravning under opførelsen hvilket betyder færre omkostninger og mindre miljøaftryk samt påvirkning af lokalt plante og dyreliv.

Skruefundamentet kan efter husets levetid eller ved flytning af huset skrues op igen og genanvendes i nyt byggeri og efterlader grunden næsten ubørørt. Det betyder at byggeriet har et minimal fodaftryk, bevare det naturlige terræn og er en meget skånsom måde at bygge på.

Afsætning og opmåling, LIFA
LIFA udfører landmåling og afsætning inden for byggeri, industrianlæg, natur, forsyning samt infrastruktur og er eksperter inden for geografisk relaterede IT-løsninger, herunder bl.a. 3D-laserscanning. Det er en hurtig metode til opmåling med stor detaljeringsgrad og nøjagtighed. Ved scanningen bliver der etableret en punktsky, der med millimeterpræcision giver en fuld fotografisk farvegengivelse i 3D af de fysiske forhold. Scanning giver en fleksibel mulighed for videre modellering og visualisering.

Terrasser, Frøslev Træ
Frøslev Træ har leveret egetræ til både terasse konstruktion og brædder. Egetræets karekterisktiske styrke og holdbarhed egner sig godt til udendørsbrug og kan stå ubehandlet og oparbejde en flot patina med årene. Frøslev Træ A/S regnes for at være blandt landets største grossister indenfor træbranchen. og medvirker til en fortsat fremgang og udbredelse af byggeri med træ.

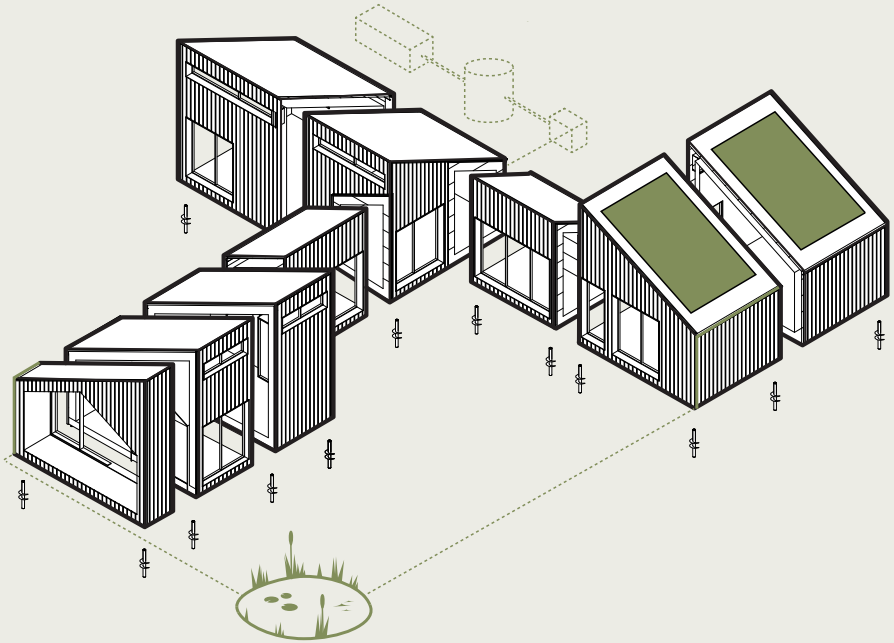


Diagram: Teknik, service & interiør til Det Biologiske Hus

Teknik, service & interiør
Materialeoversigt

Teknik

Solceller
Vind og Sol

Free Home
ABB

Brugsvands-varmepumpe
Bosch

El gulvvarme
Danfoss

Toilet og bad
Badmodul

Faskine
Expo-net

Minirenseanlæg
Biokube

Jord og kloak
Barslund

Nedsivningsanlæg
Amphi Consult

Service & interiør

Totaloverdækning
O.B.Wiik

Indvendige døre
Trehøje

El-installation
Verdo

Lys
Nordlux

Møbler
Erik Jørgensen

Transport
BYGMA

Top: Tag-integreret solceller

Midten: Bosch Brugsvands-varmepumpe

Bund: ABB Free@Home

Teknik, service & interiør
Gennemgang af materialer

Solceller, Vind og Sol.
På taget af Det Biologiske Hus har vi valgt Vind og Sol, som leverandør af et integreret solcelle tagpanel. Solcellerne er af typen CIS tyndfilm, som er markedets mest miljøvenlige teknolgi. Solcellerne er lamineret imellem to stykker glas og helt uden lodninger, som betyder at huset får en enkel, æstetisk og ensartet solcelle-tagløsning.

Solcellerne kobles til i en ny type AHI saltvandsbatterier, der lagrer strømmen indtil der er brug for den. Det giver en væsentlig bedre udnyttelse af solcellerne og mulighed for at etablere en off-grid løsning. Batterierne fra Aquion Energy kan adderes i moduler efter behov og er med deres Cradle to Cradle certifikat markedets mest miljøvenlige batteri.

Brugsvands-varmepumpe, Bosch
Brugsvandsvarmepumpen fra Bosch tager energi fra den forvarmede inde-luft, som ventilationsvinduet bidrager med, og anvender den til at producere varmt brugsvand. Dette system er med til at drive den naturlige tilførsel af frisk luft gennem vinduernes ventiler, som dernæst udnyttes af varmepumpen til at producere varmt vand - et integreret og intelligent varme- og ventilationssystem.

Free@Home - intelligent el, ABB
Til Det Biologiske Hus er der valgt en intelligent el-løsning fra ABB, som netop har lanceret Free@Home - intelligent boligstyring for alle. Det en nem og intuitiv styring af lys, varme og andre funktioner via en simpel app. Samtidig er systemet så simpelt at installere og konfigurere, at installatørerne kan tilbyde det uden at behøve en dyr og tidskrævende certificering.

Systemet er skræddersyet til private boliger og den fysiske installation er ganske simpel, og funktioner som tidsstyring, hjemmesimulering og sluk-alt opsættes i en nem og intuitiv brugerflade

Top: Danfoss's el-gulvarme, Devi Dry

Midt, venstre, Trehøje Døre

Midt, højre: Badmodul, komplet løsning af toilet og bad

Bund: Faskine fra Expo-net

El gulvarme, Danfoss
Danfoss har leveret Devidry's elektriske gulvvarmemåtter til huset - en effektiv og simpel løsning, der er nem at montere. Samtidig understøtter produktet husets ambition om at anvende egenproduktion af ren el, som opvarmningsform i kombination med varmetilførsel fra ventilationsvinduerne.

Måtterne er opbygget over et click-system der skæres ud i passende længder og samles før selve gulvet installeres.
Det vil sige systemet ikke kræver det sædvanlige lag af tilsatsmaterialer mellem varmekilden og gulvet.

Toilet og bad, Badmodul
Badmodul er en forholdsvis ny entreprenør på markedet.
De flyttede til hovedstaden for 6 år siden med ambitionen om at gøre det hurtigere, billigere og bedre. Siden da har de monteret over 200 badeværelser og vist at med et team af tværfaglige håndværkere kan levere totalentreprise til en go pris.

Badmodul er specialiseret inden for deres område og levere et komplet toilet og bad til Det Biologiske Hus.

Indvendige døre, Trehøje Døre
Trehøje Døre har et bredt sortiment af døre og partier til indvendigt brug, og alle vore døre kan leveres med enten malet, laminat eller fineret overflade. Branddøre kan leveres i brandkategori F-30, BD30, F-60 og BD60. Lyddøre kan leveres i lydkategori 25dB, 30dB, 35dB, 40dB og 49,7dB. Vi har stor erfaring med specialdøre, f.eks. klemfri, klima og blydøre. Disse kan leveres både med lyd og brand klassifikation samt PEFC certificeret.

Faskine, Expo-net
Expo-net regnvandsfaskine er en effektiv metode til nedsivning af regnvand til grundvandet.

En BIO-BLOK faskine er med til at beskytte og bevare grundvandsressourcerne. Samtidig bliver der også sparet på de svindende stenressourcer, der normalt benyttes til stenfaskiner. Elementerne er produceret af polyethylen, som er et miljøvenligt materiale, der ikke afgiver miljøskadelige stoffer til omgivelserne og kan genbruges 100%.

Top, venstre: Minirenseanlæg fra Biokube
Top, højre: Barslund

Midten: Nedsivningsanlæg fra Biowater

Bund: Totaloverdækning fra O.B.Wiik

Minirenseanlæg, Biokube
Biokube udvikler og producerer biologiske løsninger til decentral rensning af spildevand. Biokube gør det muligt at rense sit eget spildevand så rent at det kan ledes ud til lokal nedsivning, i egen sø eller recirkuleres og genanvendes til sekundære formål. Derfor sælges renseanlæggene også til de dele af verden, hvor vandknapheden er så stor, at man ønsker at genanvende det rensede spildevand. Herhjemme ligger visionen i at holde vandressourcerne så lokalt som muligt og dermed aflaste det offentlige spildevandssystem.

Jord og kloak, Barslund
Barslund har stået for etablering og installation af regn- og spildevandsanlæg i Det Biologiske Hus. Barslund er med deres 35 års erfaring en af Danmarks førende entreprenørselskaber inden for anlægs- og forsyningsbranchen, og udfører opgaver i alle ender af skalen for både store offentlige og private bygherrer.

Biowater nedsivningsanlæg, Amphi Consult
Biowaters helhedsløsning, der integrerer vandhåndtering, oplevelse og biodiversitet i et, giver mulighed for tilbageholdelse eller nedsivning af regnvand i en lille dam. Faskinen ligger i bunden af dammen og kombineres med en modulær formbar overdel med krumme overflader til vandhul og oplevelseselementet. Der er mulighed for forskellige overflader med vegetation og inventar.

Totaloverdækning, O.B.Wiik
O.B. Wiik er en dansk etableret virksomhed med fokus på innovative produkter med høj standard. Under bygge processen af Det Biologiske Hus har de leveret det nødvendige overdække der beskytter materialerne mod vind og vejr i starten af byggeprocessen. Inde for dette felt er der derfor mulighed for at optimere og videreudvikle fremtidens innovative byggeri.

Transport og levering, BYGMA
Bygma er den største danskejede leverandør af byggematerialer til både det professionelle og private marked. Bygge- og trælasthandel er fordelt 100 buttikker i Norden.Bygma ønsker at være med til at fremme udviklingen af bæredygtigt byggeri og er i den forbindelse FSC-certificeret siden 2014 og PEFC-certificeret siden 2010.

Top: Nordlux lamper

Midt, venstre: Verdo
Midt, højre: Erik Jørgensen

Bund: Schmidt Køkken

Lys, Nordlux
Nordlux har leveret lamper og lys til Det Biologiske Hus. De udvikler belysningsartikler til den brede befolkning og har en social bevisthed i deres lokal områder mens de tager et miljømæssigt ansvar. Nordlux på forkant med internationale trends og designs og følger skarpt med i den teknologiske udvikling for at kunne tilbyde det bedste og mest funktionelle produkt til deres kunder.

El installation, Verdo
Verdo har stået for installationen af alt el i huset. Verdo håndtere alt fra standard installationer til højt specialliserede opgaver, og løser både simple installationsopgaver og større eltekniske entrepriser. Verdo besidder alle kompetencer samlet under ét tag. Det betyder, at de kan stille med de rette fagfolk til at løse alle typer af opgaver - både inden for rådgivning, installation og service.

Køkken, Schmidt Nordic
Schmidts mangeårige fokus på bæredygtighed og miljøhensyn har været en vigtig faktor i valget som leverandør til Det Biologiske Hus. Derudover leverer Schmidt kvalitetskøkkener med utallige muligheder for at tilpasse og skræddersy løsninger til kunden.

Schmidt er Europas eneste køkkenfabrikant med en triple ISO-certificering og som den første franske møbelproducent, det fornemme franske miljøcertifikat NF. Schmidt er desuden PEFC Certificeret, da produktionen nu helt og aldeles hviler på træ dyrket i bæredygtige skove.

Møbler, Erik Jørgensen
Erik Jørgensen har leveret møblering til Det Biologiske Hus og er et dansk baseret møbelfirma med lokal møbelfabrik og produktion i Svendborg.

Konstruktiv dialog med leverandøre og arkitekter sikrer møbelfabrikken, fast arbejde, der hylder det sublime håndværk og den enkle formgivning, som fabrikkens stab af kompetente håndværkere leverer.

Billeder af huset

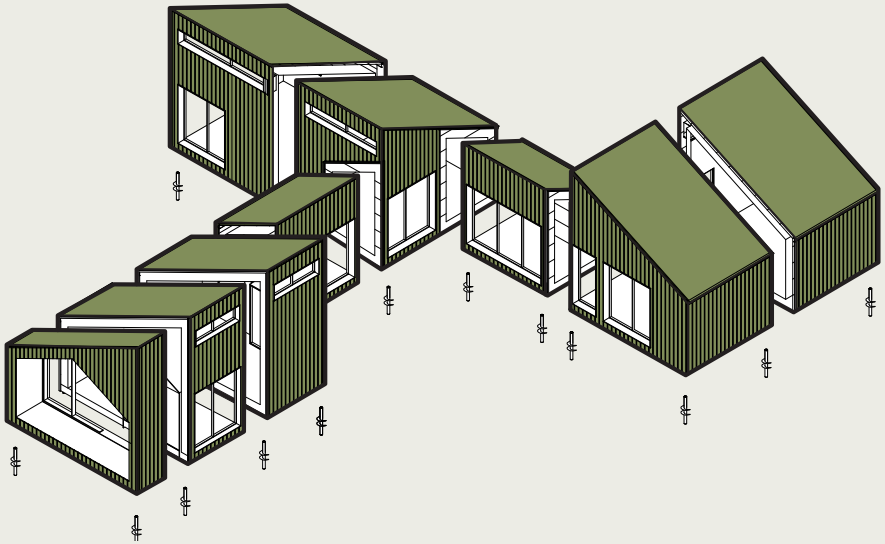
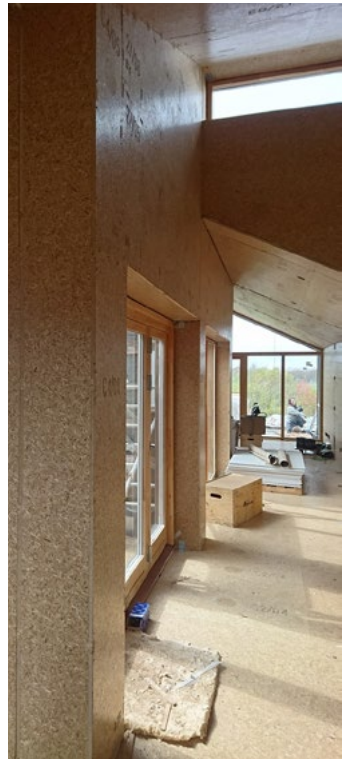


Diagram: Det Biologiske Hus.

© buildr 2016



Strategiske partnere

Konstruktion
Novofibre
NeptuTherm
Thermo Cell
Profile
ITW Construction

Yderbeklædning
Derbigum
Hunton
Kebony

Inderbeklædning
Fermacell
Keim Scandinavia
Troldtekt
Junckers

Udvendig aptering
Rheinzink
Horn Group, ventilationsvinduet
Uretek, skrupæle
Frøslev Træ

Teknik, service & interiør
ABB
Sol og Vind
Danfoss
Bosch
Badmodul
Expo-net
LIFA
BYGMA
Biokube
Amphi Consult
O.B.Wiik
Schmidt Køkken
Nordlux
Trehøje Døre
Erik Jørgensen

Have & udearelaer
DLF Seeds

Kolofon

Projektpartnere

EEN TIL EEN Arkitektur & Byggeri
Frederik Agdrup, Kim Christofte, Adrian Rotaru, Tobias Trudsø, Alex Ritivoi, Lars Eriksen og Nicholas Bjørndal

GXN Innovation
Kasper Guldager Jensen, Lasse Lind, Morten Norman Lund, Casper Østergaard Christensen, Christian Henrik Christensen-Dalsgaard, Jens Johansen og Aleksander Guldager Kongshaug

Teknologisk institut
Niels Morsing, Peder Fynholm, Helene Bendstrup Klinke og Trine Henriksen

NCC
Martin Manthorpe, Jens Thamdrup og Vibeke Grube Larsen

Deloitte
Gitte Krasilnikoff

Rådgivende ingeniører
AB Clausen A/S

Miljøstyrelsen
Signe Kromann-Rasmussen, Helle Winther og Lisbet Poll Hansen

Rådgivende udvalg
Ib Johansen, Heidi B. Bugge, Søren Lyngsgaard og Morten Buus

Print
Trykt i Danmark af
KLS PurePrint

Konklusion

Projektets overordnede målsætning om at udvikle et og opføre et demonstrationshus, baseret på de opstillede kriterier, er indfriet. Projektgruppen har således gennem projektforløbet udviklet en ny dansk huskoncept med tilhørende produktionsteknologi, der intelligent kan udnytte og omdanne overskuds- og biprodukter fra landbrugsindustrien til opførslen af moderne huse, der kan skræddersyes til slutbrugeren.

Resultatet af projektet belyser en konkret løsningsmodel på nogle af de fremtidige udfordringer vi står over for i byggebranchen og indikere samtidig at der yderligere ligger et uudnyttet forretningspotentiale i at udnytte vores ressourcer på en bedre og mere miljøvenlig måde.

Projektets største udfordring har været at frembringe dokumentation fra leverandører af disse nye og oftest uprøvede produkter, som i kraft af deres oprindelse fra planteriget lægger uden for industriens standarder og normer. Derfor følger projektgruppen huset nøje de kommende år, netop for at kunne dokumentere at materialerne lever op til de byggebranchens krav og standarder.

Slutteligt kan det konkluderes at det har været meget givende for projektets udvikling og resultater at vi sideløbende med dette projektforløb var i gang med at producere og opføre et andet MUDP udviklingsprojekt 'Det Biologiske Hus'. Konkrete erfaringer fra produktion og opførsel af Det Biologiske Hus har haft direkte konsekvenser for selve udviklingsforløbet og har bidraget væsentligt til projektets overordnede succes og resultat.

Tak til Miljøstyrelsen, MUDP og Signe Kromann-Rasmussen.

Det Biologiske Hus

Det biologiske hus er et nyt bæredygtigt dansk huskoncept, som tilbyder moderne fleksible boliger, som er konstrueret af biobaserede biprodukter fra landbrugsindustrien. Et konkurrencedygtigt alternativ til det danske typehus med fokus på arkitektonisk kvalitet, individuel tilpasning og sundt indeklima. Huset er bygget af sunde og naturlige materialer, anvender naturlig ventilation og passiv solvarme og kan tilpasses individuelt til kunden - den moderne danske familie. Det Biologiske Hus er det første danske huskoncept som anvender avanceret digital fremstillingsteknologi til forarbejdning af plader bestående af overskudshalm fra landbrugsindustrien – et restprodukt der i dag primært afbrændes til energi. Projektet demonstrere 'Cradle to Cradle' principper, materiale upcycling, off-grid energiproduktion og decentral spildevandshåndtering i et moderne og økologisk hus med høj arkitektonisk kvalitet. Det Biologiske Hus er et konkurrencedygtigt og konkret bud på fremtidens ressourcebevidste byggeri. Projektet er udviklet i samarbejde med NCC, Teknologisk Institut, GXN og Deloitte.

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk