

# ReCirculate

2023-09-29



## Slutrapport

Energimyndighetens titel på projektet - svenska ReCirculate: skapa cirkulära värdekedjor för klimatneutrala byggmaterial	
Energimyndighetens titel på projektet - engelska ReCirculate: creating circular value-chains för climate neutral building materials	
Universitet/högskola/företag Göteborgs Stad - Stadsfastighetsförvaltningen, Chalmers Tekniska Högskola, Wingårdh Arkitektkontor AB, White Arkitekter AB, Bengt Dahlgren AB, EarthLab	Avdelning/institution
Adress Lillhagsparken 13	
Namn på projektledare Angélica Karlsson	
Namn på ev övriga projektdeltagare Anton Zita, Philip Erola, Maria Perzon, Anna Högberg, Andreas Fränne, Shea Hagy, David Escobar, Ásgeir Sigurjónson, Robert Jockwer, Samuel Armistead, Yutaka Goto, Vera Matsdotter, Maria Normann, Karin Hedén, Pär Andreasson, Tania Sande, Amilia Björklund, Per Hultkrantz, Elsa Fahlén, Anders Hall, Joakim Eliasson, Lina Fräsegård, Tove Janzon, Mariana Aramburu, Kerstin Sandholt, Peter Johnsson, Ana Tiriba, Matilda Samsson Löfving, Elin Thundal, Hanna Ljungstedt, Stefan Johansson	
Nyckelord: 5-7 st Innovation, fossilfritt, klimatneutral, byggprodukter, lera, återbruk	

## Förord

Detta projekt har gjorts möjligt genom samarbete mellan Chalmers Tekniska Högskola AB, Göteborgs Stad stadsfastighetsförvaltningen, tidigare lokalförvaltningen, Bengt Dahlgren AB, Wingårdhs Arkitekter AB, White arkitekter AB och Earth Lab.

Andra aktörer som bidragit med expertis och tid är bland annat EkoUlf, Rammed Homes, Tor Anjar, Målarkalk AB, Claytech, ZRS Architekten Ingenieure, Derome AB, Kaminsky Arkitekter och RISE – Research Institutes of Sweden.

Ett särskilt tack till Ulf Henningsson – EkoUlf, som med sin stora expertis och eldsjäl drivit projektet framåt.

Ett särskilt tack även till Anders Carlsson - Derome, som alltid ställer upp för att hitta lösningar framåt.

Vi vill tacka alla som deltagit och på något sätt bidragit till projektet, utan er – inget projekt. Tack!



Göteborgs  
Stad



**CHALMERS**



white

Wingårdhs

---

## Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	6
Inledning/Bakgrund	7
Genomförande	10
Arbetspaket ett, Projektledning	11
Arbetspaket två, Återbruk	12
Arbetspaket tre, Lera	13
Resultat	14
Arbetspaket ett, Projektledning	15
Arbetspaket två, Återbruk	17
Arbetspaket tre, Lera	47
Diskussion	70
Återbruk	72
Byggmaterial från avfallslera	77
Publikationslista	79
Referenser, källor	80
Bilagor	81

## Sammanfattning

Projektet ReCirculate startades utifrån behovet av nya sätt att bygga våra städer. Byggmaterialet vi använder idag orsakar stora klimatutsläpp både i Sverige och i andra länder. För att minska klimatbelastningen måste vi minimera uttag av nytt material och främja material som har en låg klimatbelastning. Potentialen att utnyttja material som redan finns i den urbana miljön är stor. Forskning och innovation är därför viktigt för att utveckla nya materialflöden och få en ökad cirkularitet.

ReCirculate syftar till att utforska innovativa sätt att använda befintliga material, genom att återanvända material och produkter från rivnings- och ombyggnadsprojekt och genom att utveckla nya produkter med "avfallslera" som råvara. Nya byggprodukter som tas fram inom projektet kommer att användas i byggandet av Göteborgs Stads "fossilfria" förskolor och på sikt i flera framtida byggprojekt. Den långsiktiga effekten av ökad cirkularitet är minskad klimatpåverkan inom byggsektorn.

Projektet försöker svara på: Vad går att återbruka? Vad kostar det? Vad finns det för utmaningar kopplat till dagens byggregler? Målet är att projektet ska ge svar på många av de frågor som hela branschen behöver jobba med för att minska sin klimatpåverkan och jobba mer resurseffektivt.

ReCirculate har varit tätt kopplat till stadsfastighetsförvaltningens innovationsprogram Hoppet och flera fokusprojekt inom programmet har stått som testbäddar inom uppdraget. I första piloten på Backa Kyrkogata 11, Hopp 1, har arbetsmetoder för återbruk testats och utvärderats och en vägg av stampad jord har byggts i en av komplementbyggnaderna. Utifrån resultatet i första projektet blev huvudstrategin återbruk för att komma ner i klimatpåverkan i andra projektet inom Hoppet.

I detta projekt har fokus legat på att åtgärderna ska vara kostnadsneutrala och där resultatet till och med visat att återbruk i vissa applikationer kan vara en kostnadsbesparing.

Återbruk inom byggsektorn är komplext och hanterar många olika typer av material, vilket framkommer i olika testbäddar inom ReCirculate. Inom uppdraget har en prototyp av en fasad tillverkad av kasserade avloppsrör tagits fram och samtidigt har ett demoprojekt gjorts där man undersökt möjligheterna kring att riva hela väggpartier och rekonditionera dem inför ny användning.

Avfallslera har haft en unik utgångspunkt då det är en råvara både när den klassas som avfall och när den inte klassas som avfall eller överskott och kan i det mesta hanteras lika oberoende av var lera kommer ifrån. Lerstenar, Compressed Earth Block, CEB-sten har tillverkats av överskottsmassor från Västlänken. För att komma vidare med arbetet med att bygga med lera i industriell skala behövs svenska standarder och verifieringar, vilket delvis har påbörjats inom uppdraget genom brandtester på RISE i Borås där första testet klarade nästan en timme och som sedan tagits vidare inom ett annat uppdrag där väggen med lerskivor efter modifiering klarade REI 90 min.

När det gäller återbruk generellt så måste vi hitta arbetssätt där återbruk är det nya normala och nyproduktion är det avvikande som behöver motiveras. Då det är tid som lyfts som en av de stora utmaningarna i flera av delprojekten och testsiterna så behövs fokus på tidsoptimering och utveckling av stödjande och tidsbesparande teknik.



## Summary

The ReCirculate project was initiated to develop new techniques to build our cities. The building materials we use today have a large climate impact both in Sweden and around the world. In order to reduce climate impact, we must minimize the extraction of new material and promote materials that already exist in the urban built environment. Research and innovation are therefore important for developing new material flows and increasing circularity. ReCirculate aims to explore innovative ways of using existing materials, by reusing materials from demolition and rebuilding projects and including the use of "waste clay" as a raw material. New construction products to be developed within the project aim to be used in the construction of Gothenburg City's "fossil-free" preschools and in several other future construction projects. The long-term effect of increased circularity is reduced climate impact in the construction sector.

The project tries to answer the questions: What can be reused? How much does it cost? What are the challenges associated with today's building regulations? With the goal of providing answers to as many of the questions as possible in order to identify the industry needs that can be worked with to reduce climate impact and work more resource-efficiently.

ReCirculate has been closely linked to the City Property Administration's innovation program Hoppet and several focus projects within the program have served as test beds within the mission. In the first pilot at Backa Kyrkogata 11, Hopp 1, methods for reuse

have been tested and evaluated and a wall of rammed earth has been built in one of the complementary buildings. The results and experience from the first project, are planned to be applied to the second project within Hoppet. In this project, the focus has been on identifying cost-neutral measures, the results have even shown that reuse in certain applications can be a cost savings.

Recycling in the construction sector is complex and deals with many different types of materials, which is evident in various test beds within ReCirculate. As part of the assignment, a prototype of a facade made of discarded sewer pipes has been produced and at the same time a demo project has been made in which the possibilities of demolishing entire wall sections and reconditioning them for new use have been investigated.

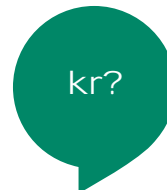
Waste clay has had a unique starting point as it is a raw material both when it is classified as waste and when it is not classified as waste or surplus and can in most cases be handled equally regardless of

where the clay comes from. Compressed Earth Blocks (CEBs) have been manufactured from surplus masses from Västlänken.

In order to move forward with the work of building with clay on an industrial scale, Swedish standards and verifications are needed, which has partly begun within the assignment through fire tests at RISE in Borås where the first test passed almost an hour and which was then taken further within another assignment where the wall with clayboards after modification, passed REI 90 min.

When it comes to recycling in general, we have to find ways of working where recycling is the new normal and new production is the deviation that needs to be justified.

Since time is highlighted as one of the major challenges in several of the sub-projects and test sites, a focus on time optimization and development of supporting and time-saving technology is needed.



## Inledning/Bakgrund

Världens länder skrev 2015 under Parisavtalet – ett klimatavtal som binder alla länder till att jobba för att den globala temperaturökningen ska hålla sig under en två graders ökning med målet om att ökningen ska stanna vid en och en halv grad<sup>1</sup>.

Sveriges riksdag röstade 2017 genom att landet ska ha nettoutsläpp noll av växthusgaser senast 2045<sup>2</sup>. Året efter, 2018 trädde en klimatlag i kraft där det i 2 §<sup>3</sup> går att läsa att regeringen ska bedriva ett klimatpolitiskt arbete som

1. syftar till att förhindra farlig störning i klimatsystemet,
2. bidrar till att skydda ekosystemen samt nutida och framtida generationer mot skadliga effekter av klimatförändring,
3. är inriktat på att minska utsläppen av koldioxid och andra växthusgaser och att bevara och skapa funktioner i miljön som motverkar klimatförändring och dess skadliga effekter, och
4. vilar på vetenskaplig grund och baseras på relevanta tekniska, sociala, ekonomiska och miljömässiga överväganden.

Av allt avfall som Sverige genererar står byggbranschen för cirka 40 procent, enligt 2020 års siffror.

Mängden uppgår till cirka 14,2 miljoner ton årligen<sup>4</sup>. **Det finns med andra ord en oändlig resurs som idag går till spillo och som om den utnyttjades kunde bidra till minskade avfallsmängder och minskade utsläpp av växthusgaser.**

Under de kommande 10 åren kommer miljontals kubikmeter jord och lera att grävas ut i samband med utvecklingen av ny infrastruktur i städer runt om i världen och enorma mängder avfall från rivning och renovering av byggnader kommer att uppstå.

För närvarande finns det begränsade lösningar för vad man kan göra med dessa avfallsmaterial och hur man använder dem på ett hållbart sätt.

Exempelvis beräknas infrastrukturprojektet Västlänken, en drygt åtta kilometer lång järnväg för region- och pendeltåg i Västra Götaland som började byggas 2018<sup>5</sup> producera nästan tre miljoner kubikmeter schaktmassor av lera, och detta inkluderar inte alla schaktmassor som kommer att genereras från nästan fördubblingen av stadens bebyggda miljö inom den närmaste tiden.

Byggbranschen är samtidigt i behov av hållbara produkter för att möta de växande globala kundkraven på hälsosamma inomhusmiljöer, minskad klimatpåverkan och för att möta andra regionala, nationella och globala utvecklingsmål, såsom FN:s hållbara utvecklingsmål.

2017 startade innovationsprogrammet Hoppet, ett innovationsprogram för fossilfri byggnation, genom ett politiskt uppdrag från nämnden i Göteborgs Stad att bygga en fossilfri förskola. Under förstudiefasen som pågick 2017 – 2019 identifierades det vid tidpunkten för projektets uppstart att det inte fanns några fossilfria eller klimatneutrala byggprodukter. I en utredningsrapport genomförd av Tyréns framkom att noll av 250 undersökta byggprodukter var fossilfria<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> [Parisavtalet - Energimyndigheten.se](#) Hämtat 2023-09-24

<sup>2</sup> Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – Bygg och anläggningssektorn s.3

<sup>3</sup> [Klimatlag \(2017:720\) Svensk författningssamling 2017:2017:720 - Riksdagen](#) Hämtat 2022-12-27

<sup>4</sup> [Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder av avfall - Boverket](#) Hämtat 2023-06-22

<sup>5</sup> [Västlänken - www.trafikverket.se](#) Hämtat 2022-12-27

<sup>6</sup> [Utredning+fossilt+innehåll+och+klimatpåverkan Byvädersgången.pdf \(goteborg.se\)](#)

Under förstudiefasen framkom också att det krävdes utveckling och innovation för att nå projektmålet och en rad samarbeten startades med branschaktörer för att gemensamt hitta möjliga lösningar på utmaningen.

Utifrån det högt ställda målet om en fossilfri och klimatneutral förskola och insikten om att det inte går att lösa med enbart befintlig teknik identifierades återbruk som ett av få alternativ för att uppnå ett nära klimatneutralt resultat.

Samtidigt såg projekteringsgruppen en stor potential i de överskottsmassor av lera som kommer uppstå i samband med byggnationen av Västlänken och ville undersöka möjligheterna för att använda lera som byggmaterial.

I samband med projekteringsstart av Hoppet skickades ansökan för finansiering av forskningsuppdraget ReCirculate in.

Projektet ReCirculate startades 2019 och syftet har varit att utforska innovativa sätt att **använda befintliga material**, genom att återanvända material och produkter från rivnings- och ombyggnadsprojekt och genom att utveckla nya produkter med "avfallslera" som råvara.

Den långsiktiga effekten av ökad cirkularitet är minskad klimatpåverkan inom byggsektorn.

Projektets långsiktiga mål är att minska klimatpåverkan från

byggsektorn och därmed bidra till lokala, nationella och globala hållbarhetsmål.

Under projektets gång väntades nya byggprodukter utvecklas med råmaterial från dels "avfallslera", dels från material från rivnings- och ombyggnadsprojekt för återbruk.

För att kommersialisera och skala upp användningen av de här typerna av produkter krävs att nya affärsmodeller utvecklas och att **materialflöden som idag räknas som avfall recirkuleras**.



Målen i projektet tänktes uppnås genom att:

- Testa och utvärdera tillgängliga digitala verktyg för återbruk av byggprodukter.
- **Utveckla processer för att inventera och kvalitetssäkra befintligt tillgängligt material** ur avfallsströmmar inom bygg- och anläggningssektorn.
- Utveckla och kvalitetssäkra nya byggprodukter med råvara från "avfallslera" och material från rivning- och ombyggnadsprojekt och testa dem i en testbed och living lab.
- Utveckla metoder för att integrera återbrukat material i designprocessen.
- Sprida erfarenheterna från projektet till aktörer inom och utanför projektet.

ReCirculate har drivits av Göteborgs Stad stadsfastighetsförvaltningen tillsammans med projektpartera Bengt Dahlgren AB, White arkitekter, Wingårdhs arkitekter, Earth Lab och Chalmers och har finansierats av Viable Cities genom Energimyndigheten, Vinnova och Formas.



# Genomförande



## Arbetspaket ett – Projektledning

Arbetspaket ett har bestått av projektledning i form av gemensam projektplanering såsom tidsplanering, ekonomi, genomförande och samordning av aktiviteter och resultat. Kontinuerliga projektmöten har hållits såväl inom de enskilda arbetspaketen som i projektet som helhet.

Projektresultat har löpande delgivits via seminarier, föreläsningar, konferenser och workshops. Under projektets gång har dialog förts med potentiella affärsaktörer och det har varit ett tätt samarbete med en rad leverantörer och entreprenörer.



CEB-workshop

Dialog och samarbete har bland annat skett med:

- [Claytec](#)
- [Sweco](#)
- [WSP](#)
- [EkoUlf](#)
- [Målarkalk](#)
- [Göteborgs Operan](#)
- [RA Bygg](#)
- [Derome](#)
- [ZRS](#)
- [Cycle Terre](#)
- [Evia](#)
- [Hans Balthuis](#)
- [Rammed Homes](#)
- [Ventab](#)
- [RISE](#)
- [Återbruksbyrån](#)
- [Bruksspecialisten](#)

Projektet har drivits i agil form då byggbranschen utvecklats i snabb takt med avseende på klimatarbete och cirkulär byggnation mellan projektets startår 2019 fram till projektavslut 2023.

Projektet har dels varit tätt sammankopplat med stadsfastigheters innovationsprogram [Hoppet](#) - ett innovationsprogram för klimatneutral och fossilfri byggnation och aktiviteter har också utformats utifrån en sammanvägning av projektparternas driv och önskemål med en förankring i tidigare identifierade aktiviteter.



Bild från film. [Friedländers Gata - Återbruksprojekt med Derome och Göteborgs Stad](#) - YouTube



Ministerbesök på Hopp 1.

## Arbetspaket två – Återbruk

Stora delar av arbetspaketet har varit direkt kopplat till innovationsprogrammet [Hoppet](#) och första delen har varit direkt kopplad till första piloten Hopp 1.

Genomförandet av arbetspaketet har skett genom:

- Workshops
- Studiebesök
- Möten
- Projektering kopplat till de olika testbäddarna
- Återbruksinventeringar
- Utbildning
- Praktisk hantering av material inkluderat rekonditionering, transport, lagerhållning och återmontering
- Materialhantering i form av undersökande bearbetningsmetoder för att ta fram nya applikationer
- Kvalitetssäkring av produkter



Hopp 1, pågående bygge av komplementsbyggnad, återbrukat tegel.

## Arbetspaket tre – Lera

Första delen av arbetspaketet har delvis varit direkt kopplat till första piloten Hopp 1 inom innovationsprogrammet [Hoppet](#).

Genomförandet av arbetspaketet har skett genom:

- Kartläggning av "State of the art"
- Workshops
- Studiebesök
- Möten
- Brandtest på RISE Borås
- Projektering kopplat till Hopp 1 som testbädd
- Provtagning av material, sammansättning och innehåll
- Materialhantering i form av undersökande bearbetningsmetoder för att ta fram rätt sammansättning för testbädd Hopp 1.
- Praktisk byggnation av lervägg
- Praktisk tillverkning av lersten



Stampad jordvägg: [House Rauch Schlins, Austria Lehm Ton Erde](#)



# Resultat



## Arbetspaket ett – Projektledning

Uppstartsmötet för ReCirculate hölls i januari 2020 på Chalmers med samtliga projektdeltagare, Göteborgs Stad stadsfastighetsförvaltningen, Bengt Dahlgren, Wingårdhs arkitekter, White arkitekter, Earth Lab och Chalmers, på plats.

Stadsfastighetsförvaltningen har vid ett flertal tillfällen årligen under hela projekttiden hållit och medverkat i föreläsningar och seminarier om projektet Hoppet där ReCirculate varit en aktiv del av det större projektet. Samtliga projektdeltagare har spridit information om ReCirculate. Presentationer har bland annat skett vid följande tillfällen:

### 2020

- Presentation av Hoppet under en inspirationsdag då hela Älvstranden Utveckling träffades under en heldag.
- Webbinarium - Klimatresultat för Hopp 1 - fossilfri förskola
- Första spadtagsevent Hopp 1
- Forsen lunchseminarium
- Beyond 2020
- RISE Workshop - Validering av cirkulerat material
- Case-kväll VARM Chalmers
- Föreläsningkväll Ekocentrum

### 2021

- Återbruk Västs Återbrukskonferens
- SGBC, Sweden Green Building Council, västs webbkonferens
- Intern information White Göteborg
- Intern information White Stockholm
- Konferens 2050. Föredrag tillsammans med Derome
- Presentation PostFab för Familjebostäder bostadsbolag i Göteborg
- Invigning av Ekocentrum Gamlestan
- Presentation på Ekocentrum digitala konferens "Cirkulär ekonomi – medvind Göteborg"
- Presentation på Energikicken i samband med stipendieutdelning från Eksta Bostads AB
- Avfall Sveriges årskonferens i samband med stipendieutdelning
- Världsutställningen Dubai Expo 2020
- Utbildning anordnad av CCBUILD

### 2022

- Världsutställningen Dubai Expo 2020
- Föreläsning om stampad jord med fokus på skandinaviskt sammanhang på Tyréns arkitekturakademi.
- Kommunernas klimatlöfte 17
- Invigning Backa Kyrkogata 11, Hopp 1
- Seminariedag "Skogen och vi"
- Frihamnsdagarna - Hoppet vilket återbruk har gjorts, samt vilka frågeställningar som motverkar återbruk.
- ARQ-lunchseminarium hos White Arkitekter
- CMBs lunchseminarium

- "Veckans snack", White internt kontorsseminarium
- Information till Wingårdhs samtliga kontor på ett kontorsmöte med fokus på hållbarhetsfrågor
- Deltagande i det löpande workshoparbetet med Byggnader för cirkulära flöden och Cirkulära boenden och arbetsplatser i forskningsprojektet "Framtidens kvarter" Västerbro Borås (Projektet är initierat av Riksbyggen, Bostäder i Borås och Science Park Borås, för att undersöka hur det planerade kvarteret Västerbro i Borås kan bli ett internationellt föredöme för innovativ stadsutveckling som bidrar till hållbar livsstil.)



Utställning vid slutseminariet på Johanneberg Science Park.

## 2023

- Presentation om stampad jord för studenter på Chalmers
- [HSB temadag Hållbart byggande med lera](#)
- Föreläsning om stampad jord på Tyréns arkitekturakademi.
- Deltagande i det löpande workshoparbetet med Byggnader för cirkulära flöden och cirkulära boenden och arbetsplatser i forskningsprojektet "Framtidens kvarter" Västerbro Borås
- Presentation för nätverket Transformation & Cirkularitet, White internt nätverkslunch
- Intern workshop för alla uppdragsledande arkitekter på Wingårdhs
- Presentation på 2 st studiomöten, internt White
- Presentation för Wingårdhs Stockholmskontor om ReCirculate med fokus på lerbyggnation
- Panelsamtal kring lera på Frihamnsdagarna
- Öppet hus på Wingårdhs arkitektkontor Göteborg som en del i Prototyp för Göteborg. Information om ReCirculate med fokus främst på lerspåret.
- Information om ReCirculate har också spridits i samband med de studiebesök som gjorts på Backa Kyrkogata 11. Bland annat genomfördes en rundvisning av Hoppet för dåvarande miljö- och klimatminister Per Bolund under 2021.
- I "[Återbruksguiden för installationer](#)" som Bengt Dahlgern tagit fram refereras det till Hoppet
- Delprojektet PostFab var med på en utställning på Sergels Torg som nominerades i ACAN:s "TÄNK OM"-pris, 2022

- Offentliga videos finns på YouTube-kanalen Postfab Elements från demontering och rekonditioneringsprocessen av PostFab-elementet.  
[Del 1: Demontering - YouTube](#)  
[Del 2: Rekonditionering - YouTube](#)
- Det har skett löpande rapportering i Hoppets nyhetsbrev och från 2022 har Hoppet en LinkedIn-sida där projektet kan följas, [Hoppets LinkedIn](#)
- Hoppet har en hemsida, [Hoppet - ett innovationsprogram för klimatneutralt byggande](#), där det går att ta del av projektresultat och rapporter.
- Även samverkansentreprenören Derome har information om Hoppet på deras hemsida, [Förändringen som ska leda till ett fossilfritt byggande](#).
- Provmuren från CEB-workshopen har stått utställd på Wingårdhs arkitektkontor i Göteborg vilket har bidragit till en hel del nyfikenhet, frågor och diskussion kopplat till lerbyggnation,

både internt och bland beställare som haft möten på kontoret. CEB-muren kommer flyttas till fler parter framöver.

- Flertalet utbyten med andra kommuner och deltagande i olika event har bidragit med input till projektets framdrift och också gett möjlighet att sprida lärdomar och resultat.
- Slutseminariet för projektet hölls den 7:e september på A Working Lab - Johannebergs Science Park.
- Samlat resultat för Hopp 1 finns visuellt presenterat i en VR-miljö: [Hoppet - Virtuellt tur](#). Här kan man se bilder och filmer om både återbruk och lera.



Bilder från slutseminariet.



## Arbetspaket två – Återbruk

### Inledande återbruksworkshop

Arbetet inleddes i maj 2020 med genomförandet av en inledande workshop kring två huvudfrågor:

- Kartlägga hinder respektive möjligheter för återbruk i byggbranschen idag och välja ut vilka frågeställningar vi ska arbeta vidare med i forskningsprojektet
- Välja ut material eller byggdelar som är intressanta att utforska inom forskningsprojektet och testa i testbädd och/eller i full skala

Workshopen som leddes av White arkitekter hölls i början av pandemin och blev också en testbädd för användning av digitala verktyg då workshopen hölls som ett zoom-möte med breakout rooms och i verktyget Mural, där deltagarna kunde diskutera och praktiskt rita upp idéer i mindre grupper.

Följande utmaningar valdes ut som prioriterade att hitta lösningar på:

- Utreda vilka bygg- och installationsdelar som är enklast, mest ekonomiska och störst miljövinst att återbruka.
- Ta fram digitala verktyg för återbruksinventering med möjlighet att koppla till projekteringsverktyg och databaser för miljöbedömning.
- **Designa med flexibilitet** i gestaltning för att möjliggöra återbruk sent i byggprocessen.
- Process för inköp av återbruksmaterial.

Under workshopen gjordes också ett urval av byggdelar/material intressanta att utforska inom forskningsprojektet.

Följande produkter prioriterades:

Betongprodukter – återbruk av betongelement som grund, bjälklag och väggar eller återbruk genom att såga ut betongelement ur platsgjutna konstruktioner.

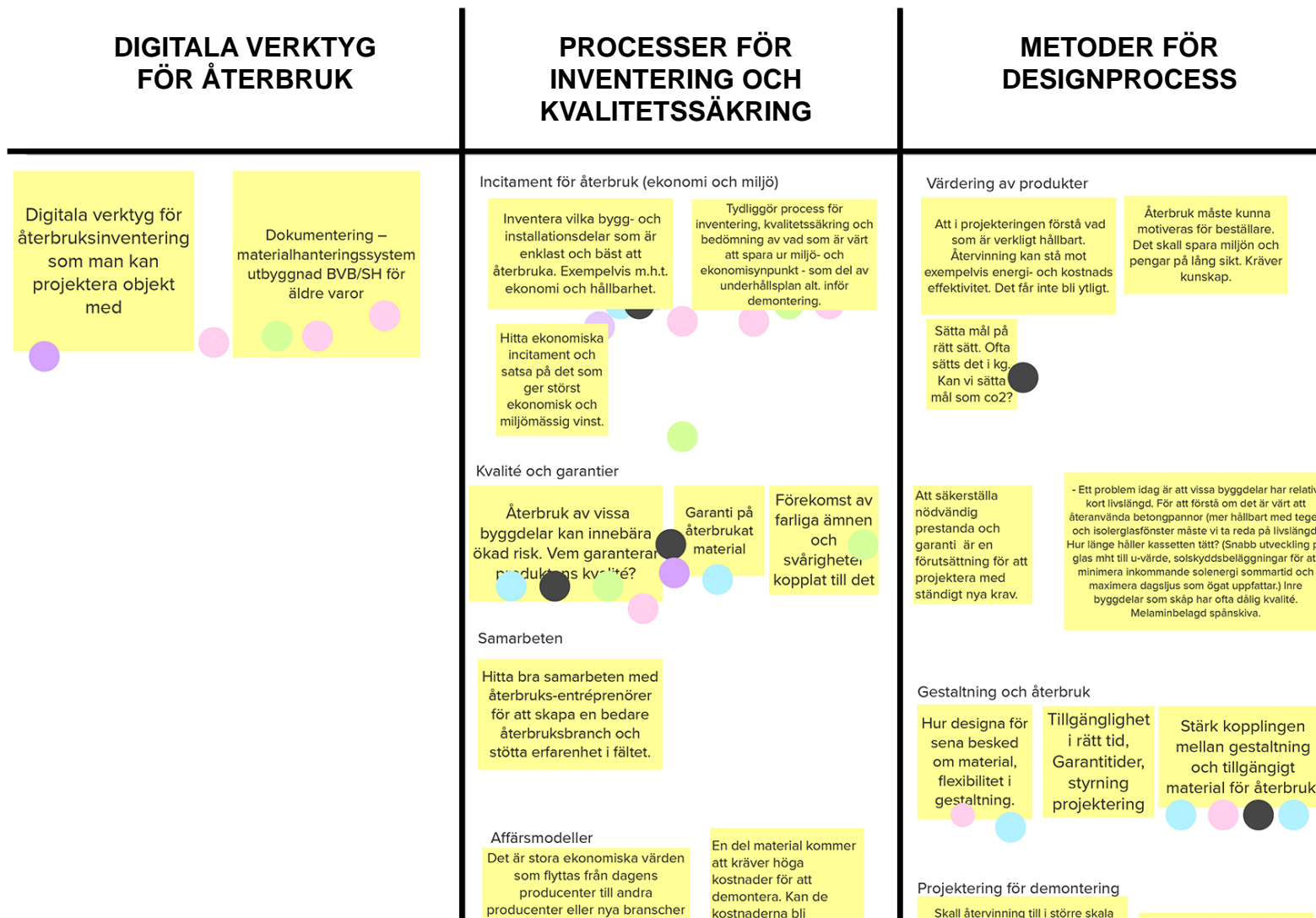
Trä – återbruk av väggelement med trästomme samt konstruktion av nya element för demonterbarhet.

Fönster – återbruk som klarar energikrav. Framtagande av projekteringsguide för återbruk av fönster och dörrar.

Rivningsmaterial – återbruk till byggstenar.

Några av idéerna vid workshopen togs till vara och utforskades inom ReCirculate, bland annat

- Rapporten inventering för återbruk och checklista återbruk, med stöd för återbruks- och urvalsprocess.
- Postfabelement, test i full skala för demontering och rekonditionering av fasadelement med trästomar.
- Fasadbeklädnad av återbrukade PP-rör, test av olika gestaltningsidéer som resulterade i en mock-up.



Exempel på digitala ytor i mural.

## Återbruksworkshop - installationer

I juni 2020 hölls en workshop kring återbruk av installationer där syftet var att titta på såväl möjligheter som hinder.

### Hinder för återbruk av installationer

Deltagarna fick börja med att dela upp sig i mindre grupper och gå igenom vilka hinder de ser för att återbruka installationer.

De hinder som kom upp går att dela in i dessa frågeställningar:

- Hur påverkas garantin för en entreprenad av att återbrukade produkter används?
- Vem ska ansvara för de återbrukade produkterna?
- Hur skall logistikkedjan lösas – det vill säga hur skall tillgång och efterfrågan mötas volymmässigt? Kanske skulle särskilda återbruksentreprenörer vara en del i detta.
- Oklarheter gällande miljöfarliga ämnen och att vissa projekt kräver att alla produkter är bedömda enligt vissa kvalitetskrav, till exempel Byggar-ubedömningen.
- Produkter kan kräva historik för att vara möjliga att återbruka, produkter som saknar den blir därför svåra att återbruka.
- Kompatibilitet mellan olika system - äldre produkter går inte att använda i nyare system.
- Projekteringsprocessen är inte anpassad för att använda återbruk.

- Kostnad, demontering och eventuell rekonditionering kan göra återbruk dyrare.
- Attityd hos kund - vissa vill ha nytt.
- Lägre teknisk prestanda på återbrukade produkter äventyrar eventuellt klimatnyttan om sekundära effekter tas med.

### Möjligheter med återbruk

Under del två gick deltagarna, i samma grupper som i första delen, igenom vad de ser som möjligt återbruk inom installationer.

I korthet sågs passiva komponenter ha den största potentialen. Även fördelaktigt om det är installationsdelar som inte syns som återbrukas i första hand.

Det framkom också att något som skapar möjlighet för återbruk är **att det finns en tydlighet och gemensam syn kring återbruk i projektet samt att energi- och/eller klimatbudget för projekt kan vara ett sätt att skapa efterfrågan på lösningar där de med mest effekt får företräde.**

### Fördjupade frågor

Under den sista och avslutande delen av workshopen fick deltagarna, i samma grupper som tidigare, fundera lite mer på djupet kring en specifik fråga. Följande frågor behandlades:

### Lösningar för garantisystem

Det identifierades att det kan vara svårt att ha produkter med olika garantiförhållanden i samma system. Entreprenören kan exempelvis hävda att de nya produkterna inte fungerar som de ska på grund av de återbrukade produkterna. En viktig faktor som påverkar hur det kan hanteras är om produkten som återbrukas innehåller elektronik eller ej.

### Produkter utan elektronik

Två olika fall identifierades.

1. Produkter från eget bestånd vid ombyggnation:  
Fastighetsägaren tar ansvar för garantin för den enskilda produkten för återbrukade produkter inom egna beståndet (vanligt för produkter som sitter kvar vid ombyggnation).
2. Återbrukade produkter från andras bestånd alternativt nybyggnation:
  - Entreprenören som installerar tar ansvar för garantin för den enskilda produkten (krävs väldigt noggrann avgränsning av vad som omfattas).
  - Företaget som rekonditionerar tar ansvar för garantin för den enskilda produkten (tillverkaren skulle kunna vara en sådan aktör).

### **Produkter med elektronik**

Entreprenören som installerar elsystemet tar ansvar för garantin för hela systemet. Produkterna behöver också vara kompatibla med styrsystemet.

### **Ekonomiflöde**

Det identifierades att det måste framgå tidigt i processen att återbruk är något som skall användas och att det skapas incitament för de som deltar. Ett sätt att lösa det är att utveckla vägar där deltagarna äger projektet tillsammans. Ett annat sätt är att skilja på ekonomifördelningen mellan arbete och material. Gruppen diskuterade kring att med nuvarande ordning saknas system för demontering, rekonditionering, lagerhållning och försäljning, och att det kan krävas nya typer av entreprenörer/yrken för det. Ytterligare idéer är att ägandeskap av produkter ändras så att leverantören istället hyr ut dem, och på så sätt bevakar möjligheterna för återbruk.

### **De viktigaste installationerna att återbruka**

Gruppen fann att passiva produkter såsom ventilationskanaler, don, mekaniska spjäll, rör etcetera är där prioriteringen bör ligga och att fokusområdet är att återbruka vid ombyggnation. Kan man projektera på ett sätt som underlättar återbruk vid ombyggnation och till exempel placera huvudstråk på ett strategiskt sätt för att sedan kunna behållas samt nyttjas även efter en ombyggnation är det ännu bättre än att behöva demontera och återbruka.

### **Miljödokumentation**

I denna grupp fann man att fortsatt arbete med att ta fram en mer grundlig miljödokumentation för installationsprodukter behöver göras. Det behövs också mer

data för att argumentera nyttan av återbruk. Miljödokumentation skall möjliggöra en viktning av nyttan mellan nya produkter och återbrukade.

### **Lagerlistor**

Lagerlistor över tillgängligt material för återbruk ses ligga till grund för en god projektering och ses därför som en nödvändighet för den framtida expansionen av återbruk.

### **Återbruk av delar av produkter**

Man bör även se över möjligheten att återbruka delar av produkter som till exempel ventilationsaggregat där man sparar själva aggregatet som har stor miljöpåverkan men byter ut slitagedelar och uppdaterar med effektivare fläktar. Rekommenderas även att se över och utvärdera nya användningsområden för en produkt som då kan få ett nytt liv.

### **Entreprenadform**

Dialogen skedde kring de olika entreprenadformerna; samverkansentreprenad, totalentreprenad och utförandeentreprenad. Samverkansentreprenad är förmodligen det bästa alternativet då det kommer bli många detaljfrågor och justerade krav som behöver tas beslut om och att den formen möjliggör det. Totalentreprenad ses också som möjlig, speciellt när återbruk är mer etablerat då det förmodas kräva mer infrastruktur/rutin kring återbruk för att kunna fungera. Även här är kravställningarna viktiga att arbeta med. En utförandeentreprenad är möjlig att använda men kräver att det finns produkter att använda vid starten av byggnationen.

## Återbruksworkshop 3

I december 2020 hölls en övergripande återbruksworkshop som utgick från byggnaden i Hopp 1 och en vanlig för stadsfastighetsförvaltningen utformad förskolegård.

Deltagarna delades upp i grupperna; El och Styr, Fasadlösningar och tak, Fasadöppningar - dörrar och fönster, Fast inredning, Konstruktion stomme, Konstruktion grund, Rör, Skivor/invändiga ytskikt, Storkök, Ventilation och Utemiljö.

I samtliga grupper framkommer svar som är direkt disciplinrelaterade men sammanfattningen av resultatet är att många utmaningar, följdfrågor och förslag till åtgärder spänner över disciplin, aktör och materialtyp. Projektdeltagarna fick arbeta med och svara på frågorna:

- Hur skulle ni konkret vilja lösa caset? Vilka produkter kan vara återbrukade?
- Hur påverkar förslaget projekteringen?
- Hur får man tag på produkterna?
- Hur påverkar förslaget upphandlings- och byggprocess?
- Hur påverkar förslaget driftskedet?
- Hur påverkar det prismodellen?
- Hur påverkar förslaget garantier?

I diskussionen lyfte flertalet att man i första hand ska utreda om något kan sparas och bevaras på plats innan planering och genomförande av återbruk på annan plats görs. Man bör nyttja såväl befintlig tomt som grund och stomme. Det borde vara krav på nationell nivå att det inte ska vara tillåtet att riva utan att återbruka, menar några av deltagarna.

Andra reflektioner som framkom i de olika grupperna som inte är disciplinspecifika rörde tankar om hur man ska fördela ekonomin mellan olika parter och hur nya affärsmöjligheter ska utformas utifrån de unika förutsättningar som hantering av återbrukat material ger jämfört med jungfruligt material. Flera lyfte att volymen av återbrukade produkter behöver bli större för att det ska bli lönsamt. Många tryckte också på att det initialt troligen kommer vara dyrare med återbruk jämfört med nytt men att oavsett så behöver man ta med i kalkylen för en återbrukat vara kostnaden för själva produkten, demontering, rekonditionering, transport och lager.

Troligt är att priset på produkten är billigare men att demontering etcetera gör att kostnaden drar iväg. Någon föreslår att det bör vara beställaren som tar omställningskostnader samtidigt som man anser att beställare, projektörer, entreprenörer och tillverkare behöver samarbeta och inhämta och dela kunskap med varandra. Några ansåg att kostnaden för demontering och lagring av en vara bör ligga på mottagande byggprojekt och inte på rivningsprojektet. Det är också viktigt att ta i beaktande att driftkostnaden kan öka om en produkt har en kortare livslängd jämfört med en ny produkt.

Det vore bra om större volymer eller olika produkter fanns att tillgå direkt under samma aktör eller under ett fåtal aktörer då det blir mer spretigt och komplext med många och små aktörer. Allra bäst är om produktleverantörer kunde ta på sig rollen som samordnare och leverantör av återbrukade produkter såväl som nya. Oavsett lösning så kommer återbruk många gånger behöva lösas unikt och på plats i varje enskilt projekt. För att ha koll på vad det finns för material att tillgå behöver material tillgängliggöras via digitala marknadsplatser såsom exempelvis CCBuild och det går också att utnyttja restprodukter och spill från grossister och andra projekt.

“Hela återbruksbranschen behöver direkt konkurrera med den billiga och slimmade nyproduktionen.”

Nya aktörer behöver komma in i affärskedjan där branschen behöver aktörer som förmedlar återbrukade varor och en reparatörsmarknad kopplad till leverantörer och grossister. Man lyfter att det skulle vara fördelaktigt om leverantörer av material kan hjälpa till med beställning och transport. Kopplat till leverantörer ser man också att beställaren skulle kunna handla upp leverantörer i större utsträckning kopplat till enskilda projekt. Flera lyfter att hela upphandlingsmodeller behöver ses över. Rekonditionering skulle också kunna kopplas till arbetsmarknadsåtgärder där personer behöver komma in på marknaden. Det finns bland annat exempel från Malmö där man upprättat en återbruksdepå kopplat till arbetsmarknadsåtgärder.

För att lösa utmaningen med garantier bör man kunna köpa en garanti för ett system i stället för en produkt och också se på uppdelning av produkt- och funktionsgaranti. För att underlätta kvalitetssäkring bör en oberoende part göra kontroller av materialet och ge någon form av garanti för funktionskrav och innehåll. Kopplat till detta skulle någon form av specifik märkning, exempelvis miljömärkning av återbrukade produkter, utvecklas. En fundering kopplat till garantier som lyftes var hur försäkringsbolag ställer sig till återbrukade produkter? Flera menar att det behövs acceptans på lägre krav på garantier och att leverantörer får lämna garanti på service och genomgång, men att det är svårt att kräva garanti på något annat.

För att få upp motivationen för entreprenörer att jobba med återbruk så bör det vara större påslag för återbrukade produkter, alternativt lägre påslag för nya produkter. Det behöver också vara incitament för att föra loggbok över inbyggda material för att underlätta återbruk i framtiden. Det som byggs in behöver också vara demonterbart vid ett senare skede så monteringsmetoder och krav på monteringsmetoder behöver ha med nästa livscykel redan vid tillverkning, projektering och montage. Kopplat till detta bör det finnas en databas över vad som kan och hur det ska demonteras. Förslagsvis kopplas denna information till en BIM-modell. Både för att kunna projektera och bygga med återbrukade material så behöver det finnas flexibilitet i utformning och krav för att kunna anpassa projektet till vad som finns tillgängligt. Formuleringar i handlingar behöver ändras från specifik produkt till exempelvis "trägolvtäckning" men vara öppet för vilken produkt och träslag det ska vara. Där det inte behöver preciseras, gör inte det.

Ange exempelvis "grå" och en kvalitetsangivelse. De som projekterar behöver också veta vad som finns tillgängligt så att utformning och föreskriva material bygger på det som är återbrukbart.

Det är också viktigt hur man kommunicerar kring återbruk. Någon tycker att återbruk låter trevligare än begagnat och någon annan vill använda benämningen bevarande och en tredje anser att det räcker att säga "förflyttning" av en produkt inom ett projekt. Här är det också viktigt att ha dialog med mottagaren/kunden för att hitta förståelse för varför man får en återbrukad vara i stället för en ny.

För att få till återbruk behövs både plats, yta och personal och tillhandahålls förslagsvis, åtminstone initialt av beställaren. Alla behöver vara öppna för att göra om sina ordinarie affärsverksamheter och åtminstone vara villiga att vara en del av olika typer av övergångslösningar fram tills att en större och fungerande cirkulär marknad är på plats.

Branschen behöver hitta en enkelhet i det som ska återbrukas genom att fokusera på större och massiva material i stället för mindre, mer komplexa sammansatta byggdelar eller kompositmaterial. Återbruksinventeringar bör göras i samband med miljöinventering av material för att säkerställa att produkterna inte innehåller asbest, PCB, miljöskadliga rötskyddsbehandlingsmedel eller har lukt-, fukt- eller mögelskador.

För att underlätta drift och service behöver enhetliga komponenter användas och i första hand standardmått på produkter. Funderingar kring om det ställer till problem med att krävställa att en aktör som jobbar med ett visst märke ska bygga in och drifta andra produkter framfördes. Det kan också vara problem med nya tillbehör till äldre produkter.

El och Styr

En specifik aspekt som lyftes i gruppen var att [Eco-design-direktivet](#) sätter käppar i hjulet för rekonditionering av äldre motorer.

### Möjliga produkter att återbruka:

- Kabelstegar
- Ställverk
- Stolpar till utebelysning
- Apparatskåp
- Saker som kan bytas 1 mot 1
- Återbruk inom samma anläggning/byggnad till samma brukare/kund



Hoppets förskola, Backa kyrkogata, Göteborg

### Fasadlösningar och tak

När det gäller tak kan takpannor och natursten (skiffer) återbrukas. Materialet behöver ses över så att det inte är frostsprängt. Tegel kan också återbrukas men behöver plockas isär och rengöras eller sågas ut i större rutor. Vid projektering av fasader med återbrukat material behöver infästningar ses över. Man behöver planera för var skarvar kommer och gestalta utifrån att inte ha tillgång till långa längder. Precis som med nya material krävs bra detaljering för akustik och fukt. Det kan vara bra att titta på akustikfrågor, brandfrågor, och säkerhetsfrågor gällande återbruk utanför projekten så att dessa frågor som tar tid kan lösas innan man går in i projektering. Tätskikts- och takgarantier kan vara svåra vid återbrukade material men det är viktigt att se till helheten med avseende på garantier, till exempel sprinklersystem för att säkerställa brandkrav oberoende av ingående komponenter.

Material som kan återbrukas:

- Träpanel
- Restprodukter av trä
- Takpannor av tegel och betong
- Natursten
- Tegel
- Sedum

### Fasadöppningar, dörrar och fönster

Vid återbruk av dörrar och fönster behöver energivärde och u-krav tas hänsyn till. Vid återbruk av dörrar behöver säkerhetsaspekter i form av lås, barnlås, larm, brandsäkerhet, klämskydd, laminerade glas, inbrottskydd och skalskydd ses över. Används isolerglas behöver teknisk livslängd verifieras.

“När det gäller fasad är träpanel enkelt att återbruka men kan vara av olika kvalité, ha olika typer av ytskikt och olika storlek så det behövs tid att skapa ett snyggt och funktionellt mönster.”

“Byggprocessen måste få ta längre tid.”

“För fasad kan trä, tegel och natursten användas direkt. Kring fasad behövs innovativt tänkande, kan vi använda produkter som inte är fasadmateriäl? Till exempel en fasad av dörrar och fönster? Kan vi använda plank eller takmaterial så som takpannor, korrugerad plåt? Tegel i stora plattor/stora element i stället för enstaka tegelstenar?”



Bild från [Återbruk Väst](#)



## Rör och Ventilation

När det gäller ventilation är 2,35 m ett standardmått för att få in kanaler i en lastbil på pall vilket man behöver tänka på vid återbruk av just ventilationskanaler.

Möjliga produkter att återbruka:

- Klammer
- Takjärn
- Blyfria blandare om 20 år
- Rostfritt material
- Tvättställ
- WC
- Svep
- **Ventilationskanaler (kan finnas äldre dimensioner)**
- Passiva produkter såsom ljuddämpare, don och spjäll
- **Aggregatskal (Byte av fläkt undviker även stopp)**
- De delar som fortfarande är funktionsdugliga och uppdaterade med ny teknik.

## Fast inredning

Möjliga produkter att återbruka:

- Skåpstommar, luckor
- Ventilation
- Galler/smide
- Gamla kök
- Dörrar/dörrpartier
- Glaspardier
- Träinredning
- Belysning
- Rulltrappor
- Vitvaror
- Bofo tvättsystem
- Undertaksskivor
- Absorbenter
- Innerväggar
- Plåtdörrar till lägenhet/förråd
- Mattor/golv
- Dörrstänger/beslag

## Skivor och invändiga ytskikt

Det kan fungera att återbruka gipsskivor om det går att skruva ner dem men det blir mycket efterspackling. Den bakre skivan har suttit mer skyddad och är förmodligen lättare att återbruka. Vid monteringen av skivor är det viktigt att skruva, i stället för att limma eller spika, för framtida demonterbarhet. När det gäller kakel och klinker är det viktigt att välja rätt sorts bruk för att plattorna ska vara enkla att ta loss. Ett exempel på en leverantör som gör återtag av sina produkter är [Tarkett](#) som tar tillbaka sina golv. Det går också att lämna tillbaka en gammal matta av deras mattor och få den nermalad till nya mattor. Vid återbruk av undertak är det bra att veta att det inte går att måla om dem på grund av akustik så blanda gärna gamla med gamla utifrån estetik. Demontera dem med handskar och lägg i en nätvagn och förvara på ett lager som är torrt och rent.

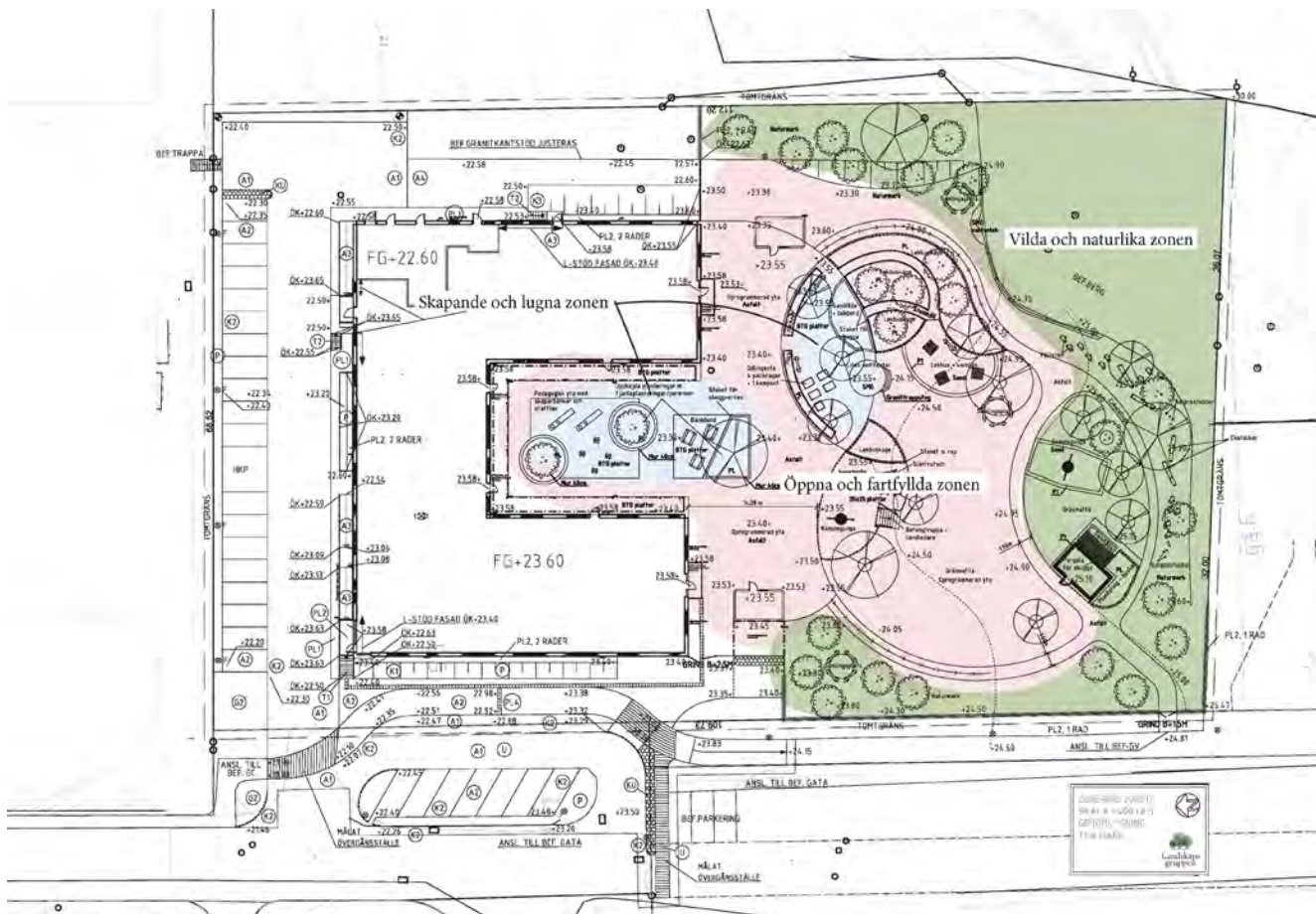
Möjliga produkter att återbruka:

- **Kakel/klinker. Om fixet sitter hårt i plattan** kan det vara en svår reningssprocess.
- Äldre plattor ligger ofta i bruk som är lättare att rensa.
- Undertak, enkelt att plocka ner.
- Textilplattor.
- Parkettgolv, klickgolv och laminatgolv läggs flytande.
- KLT-skivor
- Spånskivor
- Färgspill som blivit över vid målning från olika byggen.
- Modulvägg

## Utemiljö

Vid projektering bör steg ett vara att bevara befintliga kvalitéer, både växtlighet och naturliga variationer och topografi. Ett exempel på bra tomter för utemiljö är Hopp 1:s tomt som har stora fördelar genom stora uppvuxna träd, är kuperat och har en vild miljö. För att få till att bevara de befintliga naturvärdena behöver statusen för utemiljön höjas. Det är inte här det bör sparas. Landskapsarkitekten måste vara med i placeringen av huset etcetera. Ett förslag är att nyttja sly till att göra insprängningsskydd. Gruppen lyfter också att nyttjande av befintligt löst material behöver bli bättre. Säkerhetskraven har förändrats på lekredskap, så här behöver kravnivåerna ifrågasättas. Den befintliga vegetationen behöver skyddas på ett korrekt sätt där det bland annat är viktigt att begränsa arbetsområdet för att skydda utemiljön.

"Möjligt att återbruka är betongplattor, natursten och växtmaterial. Lekutrustning går att återbruka i liten omfattning."



En för stadsfastigheter vanligt förekommande utformning av förskolegårdar

## Konstruktion Stomme

Gruppen tror på att återbruka håldäck till bjälklag då det finns mycket erfarenhet kring strängbetong och gedigen dokumentation i befintliga projekt. En lösning kan vara att räkna ner hållfasthetsklassen för att få marginal för exempelvis stålkomponenter. För att hindra ras i konstruktionen krävs seghet vilket behöver beaktas vid demontering och tänkas över vid återanvändning. Det är bra att i projekteringen undersöka vilka kompletteringar som behövs. Exempelvis om pågjutning på eller runt om håldäcken eller om tilläggsisolering ovanpå grunden behövs. Om det uppstår något problem med ett återbrukat material i stomme och grund är det svårt att hantera det under driftskedet. För att bygga demonterbara stomelement behövs mekaniska kopplingar. Sammansatta element, platsgjutna element eller semiprefab är svåra att återbruka.

### Möjliga produkter att återbruka:

- Prefabelement eller större byggdelar i betong, stål och trä
- Ståltreppor och stålpelare

Betong-HDF och hatt/soffbalk i stål har störst potential utifrån hög klimatpåverkan och stor tillgång.

## Storkök

Möjliga produkter att återbruka:

- Kokgrytor
- Stekbord
- Spis
- Blandningsmaskin
- Egentligen all utrustning och inredning då det är ganska lätt att anpassa så länge man vet vad man ska jobba med.
- Vägghyllor och bänkar är väldigt lätta att återanvända. Det kan vara svårt att hitta en bänk som ser ut som den som är ritad men lätt att rita in en bänk när typ/utseende är känt.

## Konstruktion Grund

En lämplig produkt att återbruka är cellglasgrund.



Cellglasgrund i form av Koljernelement

## Nytt lagkrav:

- Kontrollplanen ska innehålla uppgifter om vilka byggprodukter som kan återanvändas och hur dessa ska tas om hand om.
- Kontrollplanen ska också innehålla uppgifter om vilket avfall som åtgärden kan ge upphov till och hur avfallet ska tas omhand, särskilt hur man avser att möjliggöra materialåtervinning av hög kvalitet och avlägsnande och säker hantering av farliga ämnen.
- Kontrollansvarig ska biträda **byggherren med att identifiera** avfall och återanvändbara byggprodukter som bygg- och rivningsåtgärder kan ge upphov till.
- På tekniska samråd ska **byggherren redovisa hur identifieringen** av avfall och återanvändbara byggprodukter har gjorts.

## Testsite Hopp 1, Backa Kyrkogata 11

Inom Innovationsprogrammet Hoppet har Backa kyrkogata 11, Hopp 1 använts som testsite för återbruk inom ReCirculate. Första piloten har fokuserat på kartläggning, process och samarbete.

Återbruksarbetet har angräps på två sätt för att utvärdera de olika tillvägagångssättens för- och nackdelar.

Det ena förfarandet utgick ifrån en inventering av ett av stadsfastigheters förråd för mark- och utemiljöprodukter. Förrådet inventerades av representanter från beställaren och landskapsarkitekten. Steg två blev att utgå från befintliga material i projekteringen av förskolegården och hänvisa till de specifika inventerade produkterna i ritningar och beskrivningar till bygghandlingarna. Exempel på markbeskrivning finns i Bilaga 1, "Markbeskrivning".

Den andra strategin var att respektive projektör inom disciplinerna bygg, mark- och landskap, VVS, el, storkök och el tog fram en återbrukslista under projekteringen, där byggmaterial var

rangordnade utifrån återbrukspotential och som underentreprenörerna sedan tog del av. Själva letandet efter återbrukbara produkter skedde under byggskedet i samarbete mellan beställare, projektörer och entreprenörer. Under produktion ställdes kravet att minst en produkt per disciplin skulle vara återbrukad. Huvudsyftet var att undersöka olika tillvägagångssätt för återbruk och att också få igång fokus och arbetssätt inom samtliga discipliner och att påbörja arbetsprocessen för att få in återbruk. Återbrukat byggmaterial som sedan användes redovisas i tabellen nedan.



Kantsten från stadsfastigheters interna lager



Återbrukat rutschkana till Hopp 1

Bygg	El	Rör	Mark	Storkök
Undertak-splattor	Belysnings-stolpar	Tvättställ	Pålkap	Vägghyllor
Tegel	Kabelstegar		Markplattor	
			Granitmur	
			Rutschkana	
			Skrapgaller	
			Bakbord (för sandlek)	
			Sittbänkar	
			Gatsten (små och stora)	

Tabell för återbrukade material.



Färdig komplementsbyggnad i återbrukat tegel, Hopp 1.

Produkterna som byggdes in kommer i första hand från stadsfastighetsförvaltningens lager Vegårn på Utbyvägen i Göteborg och från Vasakronans och Whites projekt Kromet.

Här kan du läsa mer om projektet [Kromet](#). Påkap användes till samtliga tre komplementbyggnader som grundläggning och tillhandahölls av markentreprenören.

I samband med projekteringen av Backa Kyrkogata 11 inleddes också ett samarbete med [Kenoteq](#), ett företag som påbörjat utvecklingen av en tegelsten gjord av minst 90% byggavfall<sup>7</sup>.

Stenen från Kenoteq har undersökts utifrån materialegenskaper och innehåll och identifierades som lämplig för en testbädd i ett av Hopp 1:s komplementbyggnader. På grund av att produktionstidplanen av Hopp 1 inte matchade



Tegelsten av byggavfall från Kenoteq.

tillverkningen av Kenoteq-stenen gick projektet vidare med att bygga komplementbyggnaden i återbrukat tegel i stället. Kenoteqs produktion har kommit igång under 2023<sup>8</sup> och planen för stadsfastighetsförvaltningen är att återuppta dialogen och hitta ett lämpligt projekt att testa Kenoteq i. Teglet till komplementbyggnaden kom från en demontering av en vårdcentral i Växjö och tillhandahölls av Bruksspecialisten.

Erfarenheter från projektet visar att det är svårt i en projektering att föreskriva vad som ska återbrukas och få tag i det i byggskedet. Hanteringen försvårades också utifrån att det inte fanns något uppbyggt mellanlager utan när behovet uppstod av mellanlagring fick det lösas produkt för produkt och i möjligaste mån undvikas. Tidsaspekten är viktig för att hinna bedöma materialet innan det ska användas. I ombyggnationer framöver finns stor potential att ta till vara på produkter. Underentreprenörer har uttryckt att det känns svårt när projekteringen definierar arbetsprocess för produktionen. Det är bra att specificera vilka komponenter man kan tänka sig att återbruka - men någon måste ta på sig kostnaden och ansvaret att lokalisera material, lyfter en annan underentreprenör. Framöver rekommenderas att föreskriva egenskaper på exempelvis dörrar - sen får beställare och entreprenör under produktionsfasen avgöra om det ska köpas nytt eller återbruk. Det är också bra om både entreprenörer och projektörer har ett gemensamt ansvar för ritningarna. Inte specificera exakt vilken dörr och vilken kulör det ska vara.

Arkitektens roll bör gå från detaljstyrning i projektering till att istället lägga tid på att vara med under produktionen.

När kostnaden för designen **minskar i projektering så finns** också utrymme för att arbeta med återbruk i produktionen. Man behöver även se över hur de ekonomiska incitamenten hjälper projekten att främja återbruk.

**Beställaren behöver definiera** vinsten för entreprenören utifrån nyproduktionspris, annars tappar entreprenören sitt påslag på återbruksmaterial och de måste ha kvar påslaget för att få ihop sin affärsmodell.

<sup>7</sup> [KENOTEQ — Makers of the K-BRIQ® — Kenoteq - About us](#) <sup>8</sup> [KENOTEQ — Makers of the K-BRIQ](#)

## Inventeringsverktyg för återbruk

Inom arbetspaketet för återbruk har en kartläggning av tillgängliga återbruksinventeringsverktyg gjorts.


Resultatet återfinns i Bilaga 2 "Inventerings PM". Testet av tillgängliga verktyg gjordes 2020. Samtidigt och påföljande på testet och utvärderingen av tillgängliga verktyg utvecklade gruppen ett eget stödverktyg för inventering, "Checklista återbruk".

Framtagningen av det egna verktyget gjordes under 2020 och 2021. "Checklista återbruk" är en återbruksmatris innehållande bedömningskategorierna klimatpåverkan, ekonomisk besparingspotential och demonterbarhet med syftet att underlätta val och bedömningar i samband med såväl återbruksinventeringar som fokusområden vid inköp av återbrukade material i ett enskilt projekt.

Se vidare Bilaga 3, "Checklista återbruk".



Bilaga, Inventering för återbruk.

			Kolumn D är ett samlingsbetyg, där kolumn E, F och G vägs ihop.  Klassningsmetoden och betygets betydelse förklaras på försättsbladet.			
BSAB kod	Byggdelsgrupp	Byggdela	Sammanvägt betyg	Demonterbarhet	Klimatavtryck /CO2e	Ekonomi
D	Marköverbyggnader, anläggningskomponenter	Park, lek, idrott	●	A	B	A
D	Marköverbyggnader, anläggningskomponenter	Markbeläggning av plattor	●	A	A	A
E	Betong, platsgjutna konstruktioner	Platsgjutna armerade byggnadsstommar, väggar o dyl.	●	C	A	B

Betygsparametrar i checklistan.

## Processutveckling för återbruk

Projektet har identifierat återbruksprocesser, vem som gör vad och när och hur materialen ska hanteras, som den centrala aspekten för att bygga med återbrukat material framför jungfruligt material. Ett led i det arbetet har varit kartläggning av resurser och arbetsflöden.

Vid kartläggning av förutsättningar på stadsfastighetsförvaltningen har en rad förråd identifierats varav tre större, Vegårn på Utbyvägen 101 - 103, Stora Holm på Holmvägen 55 och Gullbergsvass på Gullbergs strandgata 20. Även mindre förråd finns på Ja Wettergrens gata, Angeredsvinkeln och Åkered. Vid förrådet på Gullbergs strandgata och Vegårn finns snickeri och på Stora Holm finns en valideringsverksamhet för hantverkare inom bygg på platsen. Förvaltningen har alltså goda förutsättningar för att lagervålla material och även en god utgångspunkt för rekonditionering och förädling av material.

I dialogen med experter och sakkunniga på stadsfastighetsförvaltningen har det också framkommit att sakkunniga och personal på drift och underhåll och projektledare som jobbar med styr, regler och övervakning - SRÖ redan har ett förråd som används i mindre omfattning till att ta tillvara produkter för att kunna återanvända. Det största incitamentet för detta arbete ligger i att produkter inom kategorin slutar att tillverkas och man vill kunna uppdatera och reparera utan att behöva uppdatera ett helt system.

Vid rivningsprojekt går information till avdelningen Drift- och Underhåll som får möjlighet att ta hand om material som kan användas direkt i en annan fastighet. Tidigare nämnda förråd används i viss mån för mellanlagring och snickerierna används för reparation och rekonditionering. Förvaltningen har identifierat en hög potential i att expandera arbetet med mellanlagring och rekonditionering och fortsätter arbetet genom att se över möjligheterna att tillsätta en tjänst med samordningsansvar för de produkter som ska återbrukas.

ReCirculate har haft stort fokus på återbruksinventering då inventeringen ligger som grund för att veta vilka produkter och material som finns att tillgå, vilken möjlig klimatbesparing som kan göras och hur ekonomin eventuellt kan påverkas.



Vegårn.





Snickeriet Gullbergsvass

Återbruksinventeringar har gjorts av miljöinventeringsskonsulter, återbrukskonsulter, specifika teknikkonsulter inom arkitektur, VVS, el och landskapsarkitektur, interna specialister och driftpersonal på stadsfastighetsförvaltningen inom bygg, VVS, el, SRÖ, underhållsbedömare, mark och storkök och av entreprenörer inom riv, bygg, VVS, el, mark och storkök. Syftet med att låta olika roller och discipliner göra återbruksinventeringar är att lära i vilken omfattning och när en inventering bör göras och vilken kunskap som krävs när. Eriksboskolan identifierades som ett lämpligt objekt att starta upp ett inventeringstest på då det tagits beslut om att fastigheten skulle rivas men att skolan hade ett kvarstående värde på 17 miljoner kronor. Specialister, underhållsbedömare, sakkunniga och driftpersonal inom förvaltningen deltog på den

första gemensamma inventeringen. Input från deltagarna var att det tar alldeles för lång tid att göra en inventering och att det inte ryms inom ordinarie arbetsuppgifter. Alla ställde sig positiva till saken som sådan men lyfte tid som den utmanande aspekten.

Flera tyckte att det var lämpligt att anlita en konsult för inventeringsuppdraget.

Ett framgångskoncept har varit att låta den disciplin som jobbar med ett material och produkt själva få göra bedömningen av den aktuella varan. Bäst ekonomi har uppnåtts när den entreprenör som ska använda ett material också är den som monterar ner och hämtar det från den gamla byggnaden och utemiljön.



Eriksboskolan

## Testsite Gårdstensskolan

Gårdstensskolan var det första projektet där stadsfastighetsförvaltningen anlidade en återbruksinventerare.

Inventeringen gjordes våren 2021 med syfte och mål om att i första hand ta produkter och material från Gårdstensskolan till Hopp 1. Inventeringen kom in i ett sent skede och gjordes när rivningsentreprenaden precis hade påbörjats. Tre produktkategorier identifierades som mest intressanta att gå vidare med och de var tegel, limträbalkar och undertaksplattor. Teglets kvalitet testades i samarbete med Brukspecialisten och visade sig ha tillräckligt god kvalitet. Rivaren fick instruktioner om hur teglet skulle tas ner och skickas iväg för rensning. Tanken var att teglet sedan delvis skulle användas i en av komplementbyggnaderna på Hopp 1, men demontering och rensning drog ut på tiden så komplementbyggnaden fick byggas med återbrukat tegel från en demonterad vårdcentral i Växjö i stället. Teglet från Gårdstensskolan tillgängliggjordes till andra aktörer.

De undertaksplattor som fanns i skolan såg fina ut och undersöktes och godkändes av den undertaksmontör som anlits till Hopp 1. Då rivningsentreprenaden redan var igång hittades tyvärr ingen lösning för hur undertaksmontören skulle få tillgång till lokalerna för demontering. Skälet som angavs var arbetsmiljöansvar. Rivaren fick då i uppgift att demontera plattorna. Då plattorna lagts i en hög utan att skyddas kunde undertaksmontören inte gå i god för kvaliteten, och därmed kunde inte plattorna tas tillvara.



Provtagning av tegel på Gårdstensskolan.

Ett antal limträbalkar var av god kvalitet och demonterades av rivaren och kördes till [Återbruksbyråns](#) lager. Balkarna togs ner utan att ha en mottagare vid tiden för demontering. Under lagringstiden söktes efter lämpliga projekt som limträbalkarna kunde återanvändas i. Efter en tid dök ett projekt upp hos Wingårdhs som fått ett uppdrag av ett svenskt ledande teknikbolag i Göteborg där de ville ha en pergola till sin verksamhet. Förädlingen av materialet sköttes av [FO Peterson](#), som lyfter att de fått lägga mer tid på att hitta bra delar av limträbalkarna som de kunde använda. Det var en del skador och de ville få fram så rena delar som möjligt. I det momentet tappades tid i förhållande till att

använda nytt material.

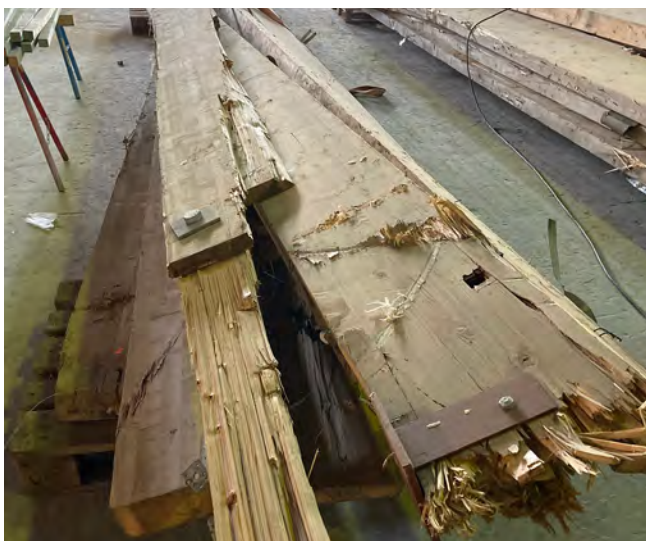
När de väl fått ut de delar som behövdes så gick det bra i produktionen. Balkarna hyvlades rena, putsades och sågades in i olika vinklar. Ytan behandlades med en olja från Osmo.

Slutsatsen från demontering och rekonditionering av limträbalkarna är att det framför allt gått åt extra tid till att bearbeta materialet jämfört med jungfruligt material.

Det som tillverkades av limträbalkarna blev en stor pergola, fruktstånd och blomlådor.

Man lyfter att pergolan blev extra fin utifrån att materialet fått lite patina efter alla år det suttit uppe på Gårdstensskolan.

Lärdomar från inventering och demonteringsdelen av delprojektet är att inventeringen behöver göras innan rivaren handlas upp, och att alla moment tillhörande återbruk behöver vara specificerade i upphandlingen. Detta främst för att det är kostnadsdrivande att göra inventeringen under pågående projekt främst utifrån tilläggskostnader för demontering. Det behöver också vara tydliggjort vem som har ansvar för vad och vid vilka tidpunkter som olika moment ska göras. Det bör också vara klart vart de olika materialen och produkterna ska så att det enkelt går att räkna på transport- och lagringskostnader.



Limträbalkar efter demontering



Bearbetning av limträbalkarna



Balkar färdiga för återbruk



Detaljbild på pergolan byggd av limträbalkarna från Gårdstenskolan

## Testsite Friedländers gata 20

Projekt två inom innovationsprogrammet Hoppet är Friedländers gata 20. Utifrån identifikationen i Hopp 1, om att det endast är bevarande och återbruk som har ett klimatavtryck nära noll, ville stadsfastigheter satsa på ett helhetsgrepp inom återbruk. Här har målet varit att återbruka så mycket som möjligt på ett rationellt och kostnadsneutralt sätt.

Huset är en skola som byggdes på 70-talet och har det senaste använts som kontor för Göteborgs Stads äldreomsorg. Projektet har genomgått projektering och rivning och demontering av delar av den befintliga byggnaden har påbörjats. Målet är att projektet ska vara klart och förskolan tas i bruk från och med hösten/vintern 2024/2025.

Projektet har utgått ifrån att bevara och återbruka så mycket som möjligt av såväl byggnad som utemiljö.

Den största besparingen av koldioxidavtryck och ekonomi har gjorts genom bevarandet av den befintliga bottenplattan. Det kommer behöva göras kompletteringar för att uppnå modern standard och för att göra nya kanaldragningar för att kunna anpassa utformningen utifrån verksamhetens behov av funktionella lokaler.

Dagens stålstomme har inte kunnat återanvändas i själva huset men omvandlats till en pergola i utemiljön.

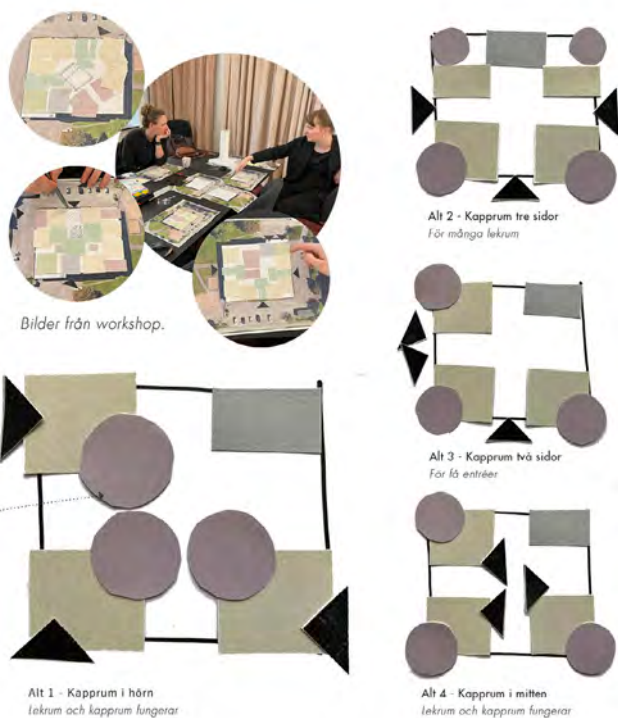
Det plåttak som finns på byggnaden idag kommer också att återanvändas, vilket ger en stor besparing av CO2-utsläpp och bedöms vara en kostnadsneutral åtgärd.

Det tredje större återbruket är att det identifierades ett antal fönster i gott skick vid rivning av en förskola på Biskopsgatan 8 och som kommer räcka till en av fasaderna på den nya förskolan. Fönstrena demonterades av entreprenören som kommer bygga in dem igen och står lagrade i stadsfastighetsförvaltningens förråd Vegårn.

Även kunskapen ska återbrukas. En viktig del i projektet handlar om att fortsätta bygga lärdomar och kunskap som involverade parter och branschen i helhet kan ha nytta av.

[Friedländers Gata - Återbruksprojekt med Derome och Göteborgs Stad - YouTube](#)

### Utveckling av planlösningskoncept



Workshop, återbrukad bottenplatta, KAKA arkitekter



Friedländers gata 20, ursprungligt utseende



Friedländers gata 20, utseende programhandling förskola, KAKA Arkitekter

## Testsite Näsetskolan

Under de senaste åren har branschen utvecklats inom cirkulär byggnation och allt mer fokus läggs på att bevara befintliga byggnader. Det redan byggda har tidigare även i projekt med hög klimatambition ibland rivits för att ersättas med en nybyggnation med miljö- och klimatvänliga material men man har missat att räkna in det klimatavtryck man sparar genom bevarande av den befintliga byggnaden.

Nästa steg inom Hoppet har varit att se det befintliga som en resurs men fokuset har legat på att demontera och använda ingående material för att bygga upp en ny fastighet med. Att spara den befintliga byggnaden och utveckla den utifrån dess förutsättningar är en positiv utveckling då det både ger bättre ekonomi och sparar koldioxidutsläpp.

För att klara målen om en minskad klimatpåverkan är den primära lösningen att minska antalet rivningar och nybyggda kvadratmeter. Kompletteringar av vårt befintliga fastighetsbestånd i form av till- och påbyggnationer är vägen vi ser framåt för att vända den negativa trenden av ökat koldioxidutsläpp och byggavfall.



Näsetskolan

Näsetskolan är ett av de projekt där stadsfastighetsförvaltningen velat undersöka möjligheterna att bygga ut och på befintlig skola. Det som har gjorts är en första undersökning för att se om den befintliga konstruktionen har förmågan att bära en extra våning. I utredningen har en 3D-scanning gjorts för att ha som underlag för bevarande. Den teoretiska utredningen har kompletterats med en praktisk undersökning på plats för att verifiera och undersöka godstjocklek på stålreglar, grundsulans beskaffenhet och betongens egenskaper.

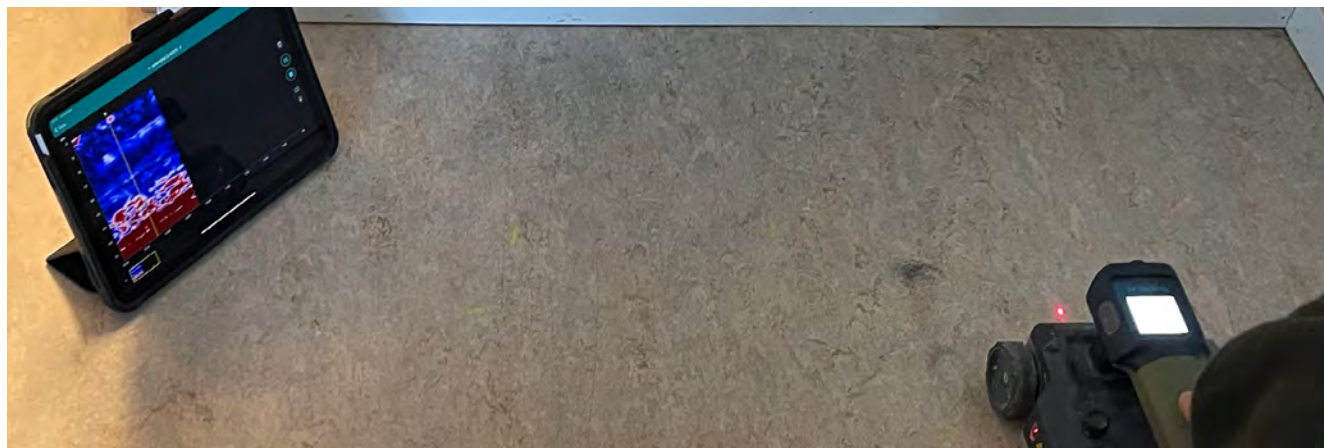
I samband med projektet har ett studiebesök gjorts på [C-lab, C-lab® Thomas Concrete Group -Ackrediterat betonglaboratorium](#) för att se hur olika tester av betong går till och diskutera möjligheter kring att testa befintlig betong för återbruk.

Enligt hållfasthetsundersökningen stämde samtliga godstjocklekar med den teoretiska undersökningen. Grundsulan var enligt ritning, och betongen var av tillräckligt god kvalitet för att bevara.

Resultaten från undersökningen visar att byggnaden är tekniskt kapabel för att bära en extra våning så länge denna genomförs i trä eller annat lätt material. Rent funktionellt visar byggnaden förutsättningar för en målsenlig anpassning av planlösningen för att fungera för den utökade kapaciteten och de nya funktionerna som tillkommer. Ur förstudierapporten:

”Den tillkomna undersökningen förstärker konstruktörens och resten av förstudieteamets bedömning att stommen för plan 0 och pelare för plan 1 har kapacitet för att klara en påbyggnad utan förstärkning”, enligt “Förstudie Näsetskolan Konstruktion”, Bilga 4.

Utöver utredningen kring hållfasthet har även studier gjorts kring hur befintliga installationssystem kan anpassas för att klara av den nya kapaciteten, hur den befintliga byggnaden kan förbättras och optimeras utifrån energiprestanda och hur skolans funktioner kan omorganiseras för att spegla dagens nybyggnationsstandard.

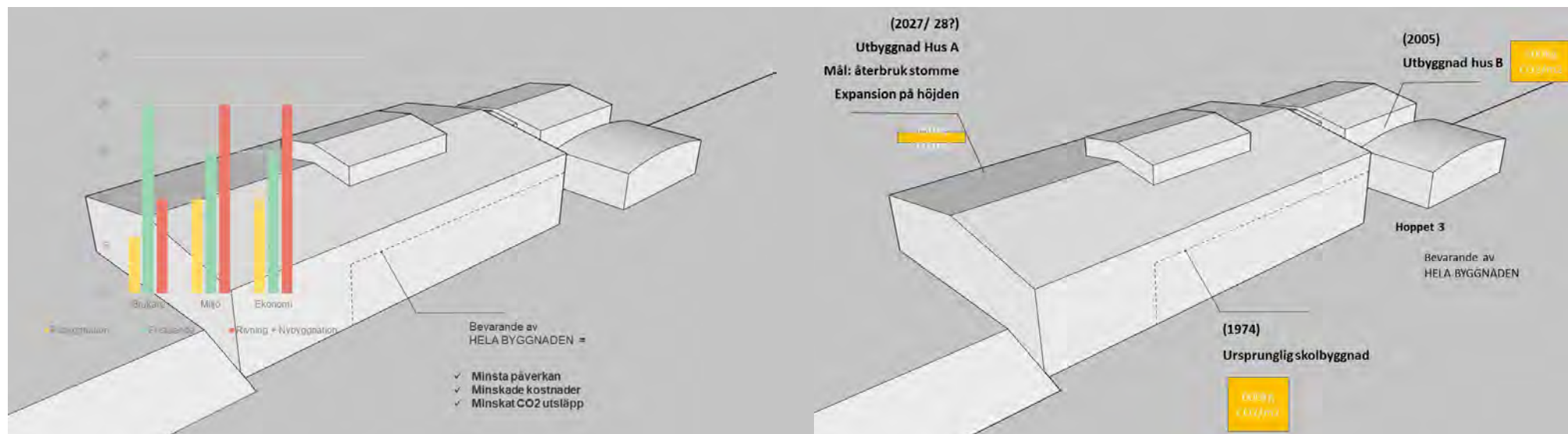


Identifiering av var armering finns och dess beskaffenhet



Från studiebesök på C-lab





Det här diagrammet redovisar olika former av expansion av Nässetskolan utifrån social-, ekonomisk och ekologisk hållbarhet. Gul stapel visar den sociala hållbarheten (i detta fall brukarperspektiv skola), medan grön stapel visar påverkan på den ekologiska hållbarheten och röd ekonomisk konsekvens. Ju lägre stapel, desto bättre ur alla tre perspektiv.

Brukarperspektivet är i detta fall inte kvantifierbart, så diagrammet bör därmed betraktas som en visualisering. Miljöuppskattningen är grov och fokuserar på climateffekten av bevarande och komplettering. Varken utsläppsminskningen av CO2 vid val av fossilfria material eller CO2-utsläpp från rivningsarbete och transport är beräknade.

Visualiseringen presenterar koldioxidutsläppen vid Nässetskolans utbyggnation.

När byggnaden först uppfördes 1974 släppte man ut omkring 600kg CO2/m2, och vid utbyggnationen 2005 släpptes 500kg CO2/m2 ut. Vid en expansion av Nässetskolan med påbyggnation kommer endast cirka 150kg CO2/m2 släppas ut. Detta innebär att projektet tar hänsyn till de tidigare inbyggda utsläppen.



Återbrukad klätterställning



Cykelställ redo för återbruk

## Återbrukssamordning

Inom ReCirculate har en rad projekt återbruksinventerats och samordnats. I samband med inventeringarna har frågorna om vem som utför dessa, hur och när, försökt besvarats.

Erfarenheterna visar att det är bra om så många som möjligt av dem som ska projektera för uppdraget är med vid inventeringen för att skapa samhörighet och förståelse för såväl återbruk som uppdraget.

Inventeringen bör göras så tidigt som möjligt och någon form av visuell digital plattform bör användas.

Andra erfarenheter som kom fram i delprojektet var att för att det ska bli ett bra återbruksprojekt behöver samtliga involverade projektparter höja sin kunskapsnivå kring återbruk.

Detta kan göras tidigt i projektet i form av en workshop. På så sätt tas det engagemang som ofta finns i projektgruppen tillvara och alla får en mer likvärdig bas att utgå ifrån.

Delprojektet finns redovisat i sin helhet i bilaga 5, "Återbrukssamordning inom ReCirculate".



### Erfarenheter från återbrukssamordningen:

- **Nyttja det befintliga beståndet som materialbank – vi har mycket inventerat!**
- **Vid nybyggnation är det enklast om demonteringsobjekt finns på platsen**
- **Identifiera snabbt vilka projekt som har goda förutsättningar och satsa där**
- **Återbruk är en av flera pusselbitar i hållbarhetsarbetet**
- **Återbrukssamordnare har varit nödvändig för att få upp volymen av inventeringar och tillgängligheten av återbrukbart material**

## PostFab

I delprojektet Postfabelement har syftet varit att utvärdera återbrukspotentialen hos återbrukade träregelement utifrån aspekterna klimatpåverkan, kostnader och logistik.

Projektet har genomförts genom:

- en praktisk del i form av demontering och rekonditionering av ett sex meter långt väggelement - ett postfabelement
- och med en teoretisk del i form av klimatberäkningar och kostnadsanalyser av elementet.

Resultaten visar att en postfabvägg både har en lägre klimatpåverkan och en lägre produktionskostnad jämfört med en nyproducerad prefabvägg.

Rapport från delprojektet återfinns i bilaga 6, "Postfabelement - Vägen mot industriellt återbruk"

Länk till filmerna från PostFab:

[Postfab-Element - Vägen mot industriellt återbruk, Del 1: Demontering - YouTube](#)

[Postfab-Element - Vägen mot industriellt återbruk, Del 2: Rekonditionering - YouTube](#)



# POSTFABELEMENT

Vägen mot industriellt återbruk

## Byggavfall som designresurs

Återbrukade hårdplaströr som fasadmateriäl

Syftet i delprojektet Återbrukade hårdplaströr som fasadmateriäl har varit att se på avfall med ett cirkulärt och innovativt angreppssätt. Vilken typ av avfall kommer in på återvinningsstationerna idag och vilken potential finns för att reconditionera avfallsprodukter, eller till och med uppgradera dem till nya användningssområden?

En utgångspunkt för projektet var att slutprodukten skulle bli en del av en byggnads gestaltade fasadmateriäl.

Det avfallsflöde som arbetades vidare med i projektet var hårdplaströr, där stora mängder spill i kombination med använda men outtjänta rör skapar ett avfallsflöde med potential för återanvändning. Det finns dessutom svårigheter kring återvinning av hårdplaströr i dagssläget som därför utförs i mycket låg utsträckning.

Projektet genomfördes med en praktisk såväl som teoretisk del.

I den praktiska delen testades bearbetning av materialet parallellt med att en tilltalande designgestaltning av fasaden arbetades fram.



Bearbetning av rör



Visualiseringar av rör som fasadmateriäl



Mock-up av avloppsrören i skala 1:1

I den teoretiska delen utreddes hur materialet förväntades fungera i sitt nya användningsområde ovan mark. Resultaten visade att det finns potential för rören att tillämpas som fasadmateriäl på en enplans komplementbyggnad i dagsläget, där brandaspekten utgör den största utmaningen till uppskalning.

Delprojektet presenteras i sin helhet i bilaga 7 "Byggavfall som designresurs - Återbrukade hårdplaströr som fasadmateriäl"



Slutgiltigt förslag av rören som fasad till Miljörum

## Kvalitetssäkring VVS-produkter

En viktig fråga och utmaning i arbetet med återbruk är hur vi kan säkerställa att en använd produkt är lämplig att bruka på nytt. Detta kan särskilt vara en utmaning för installationer. Utifrån denna utmaning har Bengt Dahlgren i samarbete med stadsfastighetsförvaltningen utforskat och arbetat fram förslag på arbetsmetodik för att kvalitetssäkra installationsprodukter för återbruk.

Kvalitetssäkring innebär i detta fall en arbetsgång för att säkerställa att en återbrukad produkt är förberedd och kontrollerad för användning i ett nytt projekt. Metodiken omfattar arbetsmomenten rekonditionering, funktionsprovning, hantering och lagring. I detta arbete har metodik tagits fram för tre produktkategorier:

**Ventilationskanaler,  
Radiatorer,  
Sanitetsporslin inklusive blandare.**

Valet av dessa grundas i att det är produkter som förekommer i en stor del av stadsfastighetsförvaltningens byggnader och av den anledningen anses särskilt intressanta att säkerställa återbruk av. Metoden har tagits fram i samband med ett projekt på Friedländers gata 20, Göteborg. Under arbetet har diskussioner förts med flera tillverkare av VVS-produkter för att få in deras erfarenheter och tankar kring dessa frågor.

Som en del av arbetet gjordes en genomgång av vilka kravställningar som finns på de undersökta produkterna. Detta inkluderar både beställarens egna krav, i detta fall samlat i "Tekniska krav och anvisningar", och de standarder som finns att ta hänsyn till för en produktgrupp eller system. Sammanfattningsvis så kan särskilt de interna kraven ibland vara hinder för att återbruka produkter, medan standarder ofta uppfylls. Detta pekar på en viktig lärdom. För att möjliggöra omställning till ett ökat återbruk kan det vara nödvändigt att se över kravställningar och praxis och utvärdera om dessa behöver anpassas eller tillåta avsteg.

En annan del av arbetet innebar att testa den framtagna arbetsmetodiken i praktiken. De delar av metodiken som genomfördes inom ramen för detta arbete omfattade rengöring och provtryckning av radiatorer samt rengöring av ventilationskanal. Resultaten från dessa indikerar att **metodiken fungerar men fler tester** behövs eftersom antalet produkter som testats enligt denna är relativt litet än så länge.

Kvalitetssäkring och arbetssätt för att kunna bedöma en produkts lämplighet är en stor utmaning för återbruk och frågor kring ansvar och garantier kopplade till detta nämns ofta som möjliga hinder för omställning till cirkulära materialflöden i byggbranschen. Att ta fram och utveckla arbetsmetoder baserade på standarder och branschpraxis kan vara en bra väg framåt för att öka möjligheten till återbruk. Rapport för hela arbetet finns i bilaga 8 – "Kvalitetssäkring av VVS-produkter".



Ventilationsrör

## Arbetspaket tre – Lera

### State of the art

För att få en förståelse för byggtekniker kopplat till lera har projektet tagit fram en "State of the art"-rapport med fokus på teknikerna Rammed Earth - Stampad Jord, Compressed Earth Block -CEB och ytskikt som lerskivor och lerputs. Även andra tekniker såsom 3D-printning och hybridbjälklag med trä och lera tas upp.

Byggprodukter av lera har en rad fördelaktiga egenskaper som hög termisk massa, fuktreglering, brandmotstånd och ljudbeständighet.

Den vanligaste lerprodukten är lerputs och består oftast av tre delar; lera, sand och ett organiskt fibermaterial. Leran, som i alla jordbyggnadstekniker, fungerar som bindemedel och fäster vid sanden och fibermaterialet, håller ihop blandningen och skapar vidhäftning av blandningen på väggen. Sanden ger struktur, styrka och bulk till lerputsen. Fibrerna bildar ett förstärkande nät i putsen, vilket hjälper till att hålla ihop blandningen. Fibrerna ger också viss flexibilitet till en torkad puts då leran tenderar att spricka när den krymper i samband med uttorkningen.

Det fibermaterial som används i putsen måste vara rent, torrt och mögelfritt. De mest använda fibrerna är halm, hampafiber, kavedun, kokosfibrer och djurhår. En av de positiva egenskaperna med lera är att det är ett hygroskopiskt material. Utifrån dess hygroskopiska egenskaper finns det behov av visst skydd mot drivande regn och extrem solexponering. Detta skydd kan uppnås på flera sätt, vanligtvis är stora taköverhäng och upphöjda fundament standardutförande för konstruktioner i stampad jord. Även om denna hygroskopicitet skapar risk för skador på strukturen, om den utsätts för extrema förhållanden

utan skydd, spelar den också en roll i det termiska beteendet hos lerväggar, såväl väggar av stampad jord som CEB-sten.

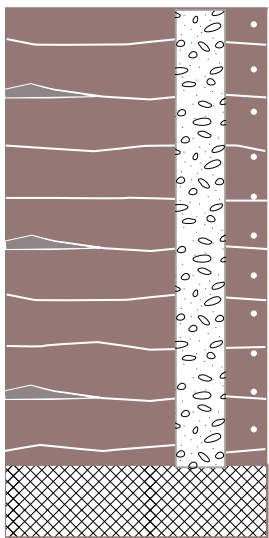
"När en jordvägg utsätts för solstrålning kan vatten i porerna avdunsta, vattenångan kan cirkulera inuti porerna mot kallare zoner och kondensera igen. Vattenkondens kommer att släppa ut värme på grund av vattnets latent energi och därmed öka temperaturen. Denna kunskap om termiskt beteende hos jordmaterial gör det möjligt att förvänta sig energibesparingar under byggnadernas livslängd. Detta måste beaktas i LCA-studier<sup>9</sup>"

<sup>9</sup> Ventura et al. (2022). Environmental Potential of Earth-Based Building Materials: Key Facts and Issues from a Life Cycle Assessment Perspective. In Fabbri; Antonin, J.-C. Morel, J.-E. Aubert, Q.-B. Bui, D. Gallipoli, & B. V. V. Reddy (Eds.), Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements: State-of-the-Art Report of the RILEM TC 274-TCE (Vol. 35, pp. 261–296). Springer International Publishing.

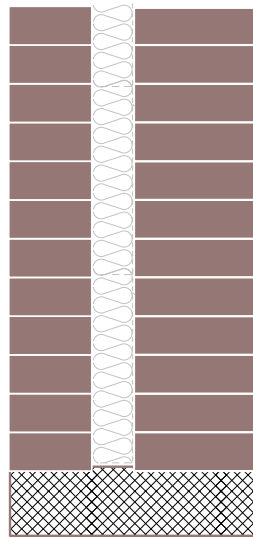
CEB-stenen har identifierats ha stor potential för ReCirculate-projektet bland annat utifrån att dess värme- och fuktregleringsegenskaper är viktiga för att sänka energianvändningen i byggnadens driftsfas. Dessutom liknar teknikerna för konstruktion med CEB de som används i betongblock och tegel, så murarbetare skulle inte behöva genomgå mycket extra utbildning för att bygga med CEB.

Alla jordar är inte lämpliga att användas för tillverkning av lerprodukter och den exakta optimala sammansättningen beror på region och lerbyggnadsteknik. Stabilisatorer som exempelvis inblandning av cement kan öka motståndet mot erosion och sprickbildning, men utmaningen är att bibehålla den låga miljöpåverkan som uppnås utan någon form av stabilisator. En bra start är att bygga icke-bärande innerväggar som inte kräver någon form av stabilisator.

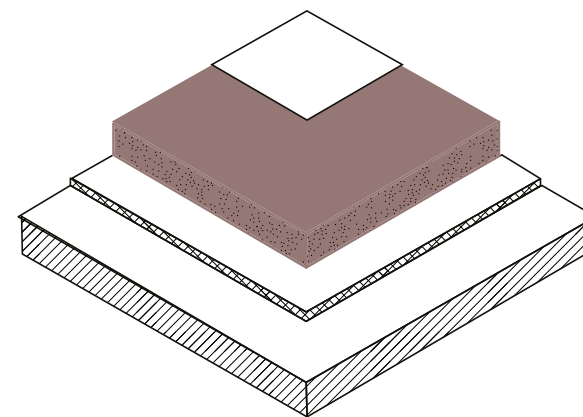
State of the art -rapporten kan läsas i sin helhet i bilaga 9.



Stampad lerjord (rammed earth).

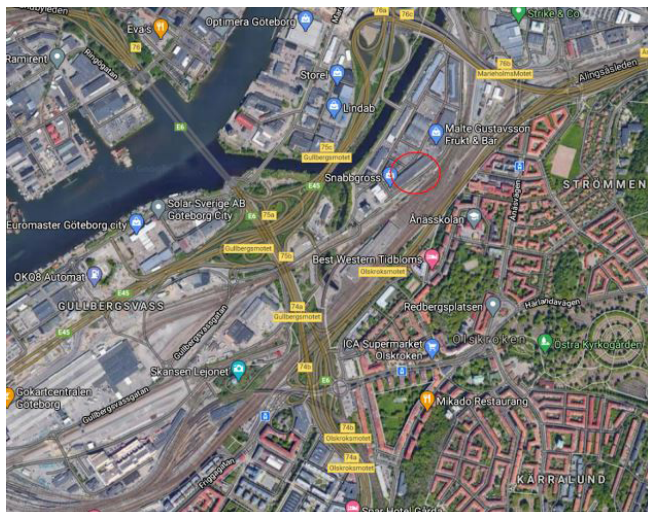


CEB (compressed earth blocks).



Stampad lerjord på bjälklag.



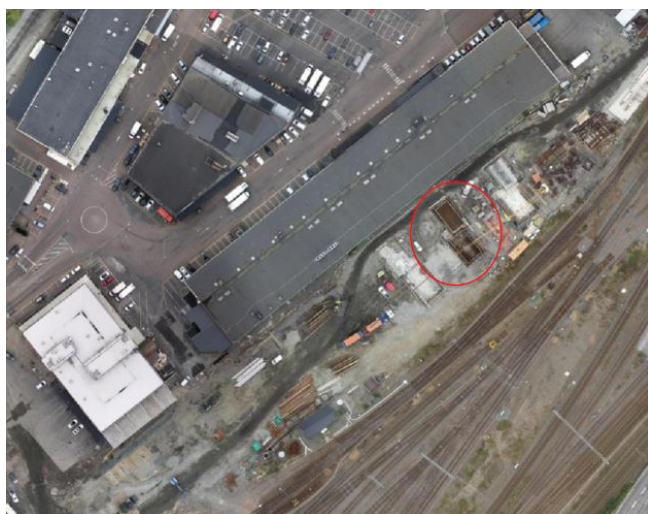


Plats för provtagning av lera vid Olskroken.

### Test site - Hopp 1

Inom Innovationsprogrammet Hoppet har Backa kyrkogata 11, Hopp 1, använts som testsite för att ta fram och testa relevant lerbyggnadsteknik inom ReCirculate.

Den lerbyggnadsteknik som projekteringsgruppen landade i var att man ville testa stampad jord, rammed earth, i en av Backa Kyrkogata 11:s komplementbyggnader. Gruppen bestod av representanter från Wingårdhs arkitekter, Chalmers, Stadsfastigheter, EkoUlf, Hans Balthuis och Rammed Homes tillsammans med Hopp 1:s ordinarie projekteringsgrupp.



Plats för provtagning av lera vid Centralstationen.

Projektgruppen landade i valet av teknik utifrån viljan att testa en teknik innehållande så mycket lermaterial som möjligt och också testa den teknik som både troligast är mest arbetsintensiv men också har stor potential till prefabricering av hela väggelement och som möjlig ersättare av betongväggar i vissa applikationer.

Arbetet har utgått ifrån att använda sig av restlera från byggnationen av Västlänken så innan själva konstruktionen av testväggen kunde ta form gjordes undersökningar av leran från schaktmassor från Olskroken och Centralstationen.

Materialprover skickades till [ZRS Architekten Ingenieure](#) i Tyskland för analys av byggbarhet. Det ena provet innehöll höga halter salt och lämpade sig enligt ZRS mindre väl för byggprodukter. Det andra provet lämpade sig enligt ZRS väl för byggprodukter. Analyssvar finns i bilaga 10.

Provresultat från Peab visade innehåll av miljöskadliga ämnen, se bilaga 11. Inom block Olskroken visade det sig att leran var lätt förorenad. Den klassificerades som högre än vad som är godkänt för känslig markanvändning - KM, exempelvis bostadsområden och lekplatser. Däremot är den mindre förorenad än för mindre känslig markanvändning - MKM, exempelvis industri- och kontorsområde.

De ämnen som finns i leran tyder på att det troligen är äldre muddermassor. I naturlig lera kan analyssvaren ibland komma över KM med avseende på bland annat arsenik och kobolt, men inte kvicksilver och inslag av PAH:er som denna har. Rekommendationen från [Relement AB](#) som anlätades för analys av svaret var att ej bygga med leran från dessa provtagningar. Därav fick vi släppa det fortsatta arbetet med restprodukter från Västlänken.

På grund av tidsramen behövde ett alternativ till västlänksleran hittas. Eftersom syftet var att bygga med restmassor söktes efter alternativ som uppfyllde kraven om att vara avfall eller restprodukt.

De alternativ som dök upp och sedan användes till byggnationen var dels restmassor från ett bygge i Alingsås och överskottslera från en av Göteborgs Operans dansföreställningar, [Icon](#). I båda fallen skulle leran gått till deponi om ReCirculate inte tagit hand om det.

Den färdiga jordblandningen testades för tryckhållfasthet på Chalmers.

Erfarenheter från själva byggnationen av den stampade jordväggen återfinns i bilaga 12, "Bärande vägg av stampad jord".



Provkub av jordblandning som ska testtryckas inför byggnation



Dansare klädda i lera i föreställningen Icon på GöteborgsOperan.



Färdig jordblandning till förrådet på Hopp 1



Komplementsbyggnad i Hopp 1 under uppförande



För att skapa en fuktbarriär läggs ett lager av större lerhalt blandat med olja ovanpå sockeln.



Färdig komplementsbyggnad med stampad jordvägg

## Brandtest

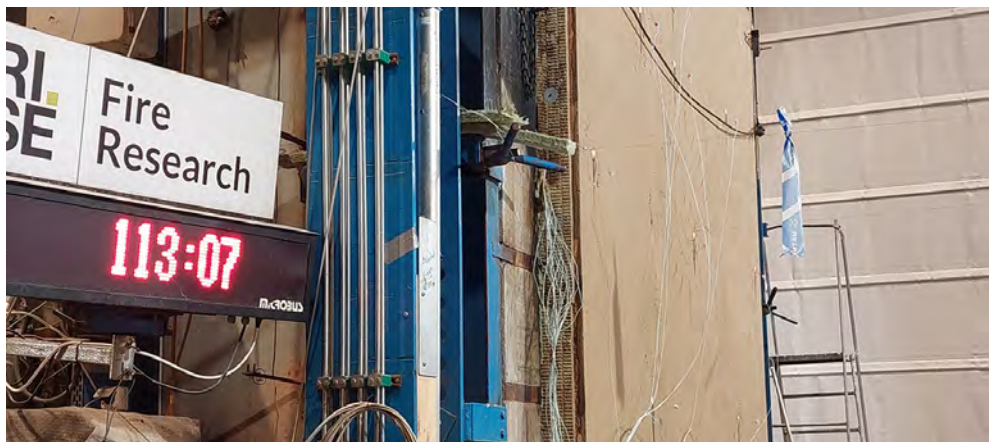
Initialt fanns tanken att innerväggarna i huvudbyggnaden i Hopp 1 skulle vara klädda med lerskivor. Vid tidpunkten för projekteringen fanns inte godkända brandtester så ReCirculate valde spåret att verifiera lerans brandegenskaper i en på markanden redan befintlig lerskiva för att sedan kunna jobba vidare med frågan om var leran kommer i från.

Det finns viss brandtestning från bland annat Canada och Frankrike men enligt involverad brandkonsult var inte den informationen tillräcklig för att kunna konstatera att det går att bygga branscellsgränser med lermaterial.

Det är viktigt att rätt tester görs då det inte går att ta för givet att bara för att ett material är obrännbart så innebär det att man kan bygga en brandcellsgräns med det. Ta till exempel stål som är obrännbart men som leder värme väldigt bra och därför inte är lämpligt att använda i en branscellsgräns.



Förberedelse av vägg för brandtest hos RISE.



Brandtest hos RISE.

Projektet tog fram en väggkonstruktion bestående av träreglar, stenullsisolering och lerskivor med lerputs och genomförde ett fullskalebrandtest på RISE i Borås där väggen klarade nästan en timme och fick en klassificering på REI 30. Resultatet finns i sin helhet i rapporten "Brandtest" bilaga 13.

För de byggnader som byggs i stadsfastigheters regi krävs REI 60 så därför söktes nya medel i ett separat projekt där konstruktionen utvecklades och den här gången bestod av träreglar, biobaserad isolering från Hunton, råspontluckor och lerskivor med lerputs. I det andra fullskalebrandtestet klarade väggen över 90 min och **fick en klassning på REI 90.**

Brandtest nummer två finansierades via Vinnovas "[Innovationscheckar för upphandling](#)". Rapporten från det projektet finns att läsa i bilaga 14.

## Studieresa

Under en veckas tid under september 2022 åkte delar av projektorganisationen på studieresa till Berlin och Paris för att få kunskap och inspiration kring lerbyggnation och tillverkning av lerprodukter.

Representanter från Göteborgs Stad stadsfastigheter, Chalmers och EarthLab var med. Från stadsfastigheter åkte representanter från klimatgruppen, byggsakkuniga, brandsakkunnig och projektledare med för att få en god kunskapspridning i organisationen.

Tanken var att ReCirculate skulle inledas med en rad studiebesök men på grund av rådande Coronapandemi fick studiebesöken skjutas fram. Under resan träffade ReCirculate-gruppen tjänstepersoner med mer eller mindre likadana roller och hade möten med konsulter och projektörer som berättade om deras erfarenheter, utmaningar och tankesätt kring planering och genomförande av de lerbyggnader som besöktes.

Deltagarna på studieresan tyckte att resan var mycket lärorik och att det var mycket intressant att besöka flera varierande projekt och se att det finns energisnåla byggnader i lera både på landsbygden och mitt i

staden. Representanter från stadsfastigheter tyckte det var extra givande att se att såväl förskolor och ålderdomshem fanns representerade bland husen uppförda med lerbyggnadstekniker då det är byggnader som de jobbar med dagligen.

Ett av besöken var på ett centralt beläget samlingscenter. Platsen är öppen för allmänheten och fungerar som ett nav för diskussioner kring miljö- och klimatfrågor. Kopplat till centret finns en permanent byggmaterialsutställning som har som syfte att sprida kunskap kring ekologiskt hållbara byggsystem. I utställningen fanns exempelvis material som lera, hampa, trä och kork med.



Resväg, studieresa.



Entrén till L'academi du climat, Paris.



Innergården till L'academi du climat. Insektshotell och odlingar.



Cafédisk av stampad jord.



Väggsnitt med träreglar och hampakalk; och golv med sten, hampakalk, lera och trä.



Väggsnitt: sten, hampakalk och lerputs.



## Waldorfskola

Den lerbyggnadsteknik som återfanns i Waldorfskolan var lerskivor med ett ytputslager.

Lerskivorna innehöll hampafiber som armering och linolja för att göra skivan beständigare för fukt. Den leverans av skivor som satts upp på skolan hade blivit felblandade och innehöll för hög halt linolja vilket lett till att väggarna var oljefläckiga på sina ställen.

Personalen tyckte att det fungerade bra med skivorna.

Barnen hade upptäckt att det gick att ritsa i skivorna och hade smyckat väggarna med små gubbar och ansikten.

“Antingen ser man charmen i barnens konst eller så lagar man det enkelt lokalt med lite ny ytputs” - lärare på skolan.



Waldorfschule Prenzlauer Berg, Berlin



Inristning i lerskiva på Waldorfschule Prenzlauer Berg, Berlin



Materialutställning på ZRS kontor. Här en vägg i skala 1:1. Lerputs i grov- och finlager med nät och värmerör.

ZRS kontor och laboratorium

[ZRS Architekten Ingenieure](#) är ett kombinerat arkitekt- och ingenjörskontor beläget i Berlin. Kontorets fokus är på ekologiskt byggande och deras huvudmaterial är lera.

Såväl i den egna inredningen som i sina olika projekt används flera olika lerbyggnadstekniker. Väggarna i kontoret är klädda med lerskivor och puts. Det finns en rad olika väggsnitt att titta på och kontorets stolthet, det egna labbet, ligger centralt i lokalen. I laboriet testas olika lerors sammansättning och tar fram recept anpassade för de specifika lerorna och vilken teknik det är tänkt att byggas med. Det som testas är bland annat innehållet av ler- och andra jordarter såsom sand och silt, saltinnehåll och olika blandningars hållfasthet.

[DIN, Deutsches Institut für Normung](#) reglerar alla standarder för byggmaterial i Tyskland och i en nyligen framtagna DIN-kod, 18940, godkänns byggnation av fyra våningar med bärande lerstenar, compressed earth block-CEB<sup>10</sup>. Publikationen kommer att översättas till engelska och finnas tillgänglig under vintern 2023/2024.

DIN-koderna reglerar prefabricerade produkter och om man vill bygga med lera från platsen regleras tillvägagångssättet genom Lehmbauregeln<sup>11</sup>. ZRS är en av fem platser i Europa som testar jordkvalité och färdiga produkter av lera. Christof Ziegert, som är delägare till ZRS, berättar att det är en pågående diskussion kring att hitta lämpliga platser att gräva ut lera på runt om i Tyskland. Just nu finns 30 platser utpekade som lämpliga. Han poängterar också att det är viktigt att bygga med lera utan stabilisatorer såsom exempelvis cement. Är det stabilisatorer i materialet menar han att det inte bör räknas som en lerbyggnadsteknik utan som någon form av betong.

I Tyskland finns en paraplyorganisation för professionellt lerbyggande, [Dachverband Lehm e.V.](#) › [Bundesverband zur Förderung des Lehmbaus](#). Ziegert berättar vidare att den tyska DIN-kommittén gärna hjälper till med implementering av lämplig reglering av prefabricerade lerprodukter i andra länder.

<sup>10</sup> [Publications \(din.de\)](#)

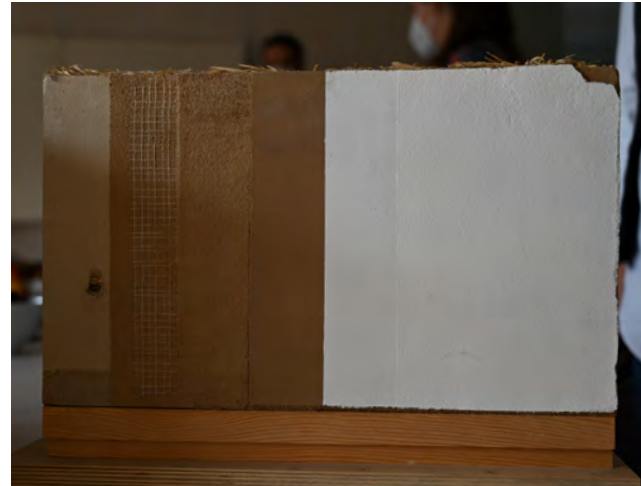
<sup>11</sup> [https://issuu.com/dachverband-lehm/docs/dvl\\_lehmbau\\_regeln\\_inhalt\\_3-auflage/18](https://issuu.com/dachverband-lehm/docs/dvl_lehmbau_regeln_inhalt_3-auflage/18)



Utrustning för provning av hållfasthet.



Provbit av stampad jord på laboratoriet.



Skikt av lerputs och färg på träfiberskiva



ZRS kontor med lervägg i bakgrunden.



Olika väggsnitt utställda på ZRS kontor och laboratorium.

Förskola kombinerad med äldreboende

En bit ut på den tyska landsbygden, ett par timmar från Berlin, finns en förskola kombinerad med dagcenter för äldre. Projektet har haft både social- och ekologisk hållbarhet i fokus när man utformat byggnaden.

Den iögonfallande delen av huset är det enorma vasstak som utgör cirka halva byggnaden. De sociala tankarna kretsar kring det möjliga utbytet de yngre barnen och de äldre personerna kan ha av varandra.

Ett stort fokus har varit på innemiljön där man jobbat med självdrag och de hygroskopiska materialen lera och kalk.

Byggnaden är ett exempel på hur man genom planering av planlösning och form får en miljö som tål att användas av två parallella verksamheter men som också går att expandera till den ena eller andra typen av verksamhet om behovet skulle uppstå och lokalbehov ändras i framtiden. Denna flexibilitet gör byggnaden uthyrningsbar eftersom den redan har planerats i förväg för att effektivt kunna anpassas, vilket ökar chansen att byggnaden kan behålla sin funktion utan behov av större till- och ombyggnationsinsatser.



Byggnaden utifrån



Rundad vägg och balkar i allrum



Kalkputs och träfönster under den långa takfoten.

Besökscentrum - arkeologiska parken vid Pömmelte

Inte långt bort från floden Elbe ligger den arkeologiska parken vid Pömmelte som är en mer än 4000 år gammal ritualplats uppbyggd med träpålar som formar flertalet cirklar. Platsen bildar vad som kallas en "woodhenge" som i sin utformning liknar den engelska "stonehenge".<sup>12</sup>

För att tillgängliggöra platsen har man byggt ett besökscentrum i dess närhet. Besökscentret är byggt av stampad jord, rammed earth, och var under byggnation vid tidpunkten för studiebesöket. Alla väggar stod färdiga och samtliga var uppförda med tekniken stampad jord.

Väggarna var byggda med material från platsen och har möjliggjorts genom att Tyskland har ett givet tillvägagångssätt genom Lehmbauregel<sup>13</sup>, som beskriver hur man ska bygga med lera och vilka tester som ska utföras. Är det en bärande konstruktion behövs tester göras enligt de principer som Lehmbauregel beskriver men är det en ickebärande konstruktion ligger ansvaret för ett korrekt utförande på hantverkaren eller byggaren.

Besökscentret är inte isolerat men på de byggnader som uppförs med stampad jordteknik, och isolerats, ligger isoleringen vanligtvis på utsidan, berättar arkitekten som visar oss runt på centret. En god princip när det gäller beräkning av materialvolym är att det material du gräver ut för att möjliggöra en byggnad räcker till en cirka två våningar hög byggnad, berättar arkitekten vidare. Den tyska sammanslutningen [Architects for future](#) jobbar för att att det ska bli obligatoriskt att undersöka lämpligheten i att bygga med jorden som är på platsen där en byggnad ska uppföras.



Arkeologiskt centrum i Pömmelte



Möte mellan stampad jord och betong

<sup>12</sup>[Pömmelte Woodhenge - Himmelswege \(himmelswege.de\)](#) Hämtat 2023-07-04

<sup>13</sup>[https://issuu.com/dachverband-lehm/docs/dvl\\_lehmbau\\_regeln\\_inhalt\\_3-auflage/18](https://issuu.com/dachverband-lehm/docs/dvl_lehmbau_regeln_inhalt_3-auflage/18)



Stamppad jorvägg i besökscentrum



Besökscentrum Pömmelte Arkeologiskt centrum



Vägg av egentillverkad lersten.

### Cycle Terre

Cycle Terre är en av få fabriker som jobbar industriellt med tillverkning av CEB-sten.

Fabriken ligger i Paris och har en tydlig hållbarhetsprofil då tillverkningen av lersten sker av schaktmassor och annan utgrävd, okontaminerad, jord inom en radie av fyra mil från fabriken. Tanken är också att produktionen främst ska förse lokala projekt i uppbyggandet av nya distrikt i Paris. Fabriken har ett lager av lera, sand och fiber och mixar blandningen i fabriken. Sedan slår de stenen som därefter läggs



Fack med sand och lera på Cycle terre, lager och fabrik.

för torkning i ett välventilerat utrymme med högre temperatur.

Kopplat till tillverkningen har de också ett laboratorium där man kontinuerligt gör olika former av tester av jordmaterial och färdig sten.

Cycle Terre har också egna ingenjörer och arkitekter anställda som jobbar med både kvalitetssäkring av material och projektering av projekt. Dessutom är projekterande arkitekt alltid närvarande vid byggnationen för att säkerställa att man bygger med CEB-stenarna på ett korrekt sätt.

Fabriken tillverkar två typer av stenar, en mindre ickebärande och en större för bärande väggar.



Utrustning för lerstenstillverkning.



CEB-stenar i lagerhylla på Cycle Terre



CEB-sten tillverkad på Cycle Terre



Cycle Terres laboratorium



Färgprover på tork i laboratoriet inför tillverkning av CEB-sten



## Fortsatt arbete och lerworkshop

Efter byggnationen av den stampade jordväggen i Hopp 1 hade parterna EarthLab, Chalmers, Stadsfastigheter, Wingårdhs arkitekter och White arkitekter ett flertal interna workshops för att identifiera hur projektet skulle tas vidare.

Projektgruppen landade i att utvidga den fortsatta undersökningen till att omfatta all potentiell "avfallslera" som inom Göteborgs Stad skulle kunna uppstå i samband med bygg- och infrastrukturprojekt inom staden. Två testplatser för provtagning valdes ut, en i Billdal och en i Gunnilse. Detta för att testa olika typer av sammansättning av jord som har en stor geografisk spridning.



Information om lerbyggnadsteknik på CEB-workshop, maj 2023

Testplatserna valdes också utifrån två för stadsfastigheters räkning möjliga byggprojekt. Testresultaten finns i bilaga 15.

Under vintern 2022/2023 och våren 2023 har sedan två workshops inom lerspåret hållits. Den första workshopens fokus låg på att undersöka vad olika aktörer inom byggindustrin behöver för att kunna bygga med lera i ett större projekt. Den utgick från en av stadsfastigheters vanligt förekommande byggnader, vilket är boende med särskild service, i två plan.

De lerbyggnadstekniker som undersöktes var:

- Rammed Earth - Stampad jordvägg
- Compressed Earth Block - CEB, Lersten
- Hybridbjälklag av lera och trä



Tillverkning av lerstenar på CEB-workshop, maj 2023

Teknikerna valdes utifrån flera interna workshops mellan ReCirculateparterna och EkoUlf, där olika lerbyggnadstekniker ställdes i förhållande till möjligheten att uppfylla Boverkets byggregler och stadsfastigheters [Tekniska krav och anvisningar](#).

Lerbyggnadsteknikerna valdes utifrån jord-sammansättningen i proverna på Västlänksleran och proverna från Billdal och Gunnilse.

Den minst undersökta tekniken är hybridbjälklag av trä och lera, och den valdes trots detta bland annat på grund av potentialen att lösa akustikutmaningar kopplat till träbjälklag utan betong.

Resultatet från första workshopen visar att de hinder som tas upp är sammankopplade och därför mer utmanande att övervinna. Dock finns det inget hinder som gör det omöjligt att bygga med lera i Sverige, vilket bland annat visas genom att det finns hantverkare som praktiserar lerbyggnation i mindre projekt. Att jobba som enskild hantverkare i mindre projekt ger en större flexibilitet jämfört att jobba i en större organisation med projekt i en industriell skala.

Utifrån resultaten i workshopen verkar det som att det inte är själva materialets egenskaper som utgör hindret för att implementera det i storskaliga konstruktioner utan snarare brist på kunskap kring lera som byggmaterial. Kunskapsbristen råder inom såväl design och konstruktion, affärsmodeller, tillverkning och användare.

Resultatet finns presenterat i artikeln "Utilizing earth as a building material in a municipality construction project: Inquiry of needs", bilaga 16.

## CEB Workshop

I maj 2023 hölls en praktisk påbyggnadsworkshop utifrån den teoretiska workshoppen som hölls i december 2022. Under påbyggnadsworkshopen låg fokus på praktisk tillverkning av Compressed Earth Blocks - CEB bestående av en jordblandning baserad på västlänkslera.

Under workshoppen murades det också med färdiga stenar från [Oskam](#) och diskuterades kring vad som krävs för att få igång en lokal tillverkning.

Workshoppen var uppdelad i tre delar där eventet startade med en presentation om ReCirculate och vad som gjorts hittills. Del två, som var huvuddelen, bestod av tre stationer där fokus låg på praktisk tillverkning och murning med CEB-stenar. Vid en station fick deltagarna möjlighet att tillverka CEB-stenar av västlänkslera med en handslagningsmaskin. En av de andra stationerna gick ut på att mura med färdigtillverkade CEB-stenar.



CEB-workshop, maj 2023

Vid den tredje stationen gavs möjlighet att titta på filmer som som berättar mer om lerstenens fördelar och visar tillverkning av CEB-sten i större skala med en mobil tillverkningsmaskin. Representanter från CEB-tillverkaren Oskam fanns vid stationen för att berätta mer om deras företag och hjälpa till med översättning av det som visades på filmerna. Oskam är också återförsäljare av CEB-tillverkningsmaskiner.

Länk till filmerna:

[Oskam V/F - company presentation - YouTube](#)

[Oskam V/F item Doe Maar Doorzaam! RTL 7 S03E01 3 januari - YouTube](#)

Efter att deltagarna besökt alla stationer i mindre grupper samlades alla och gick igenom och diskuterade upplevelsorna på stationerna. Deltagarna delades sedan upp slumpmässigt i mindre grupper igen för att diskutera och svara på följande frågor:

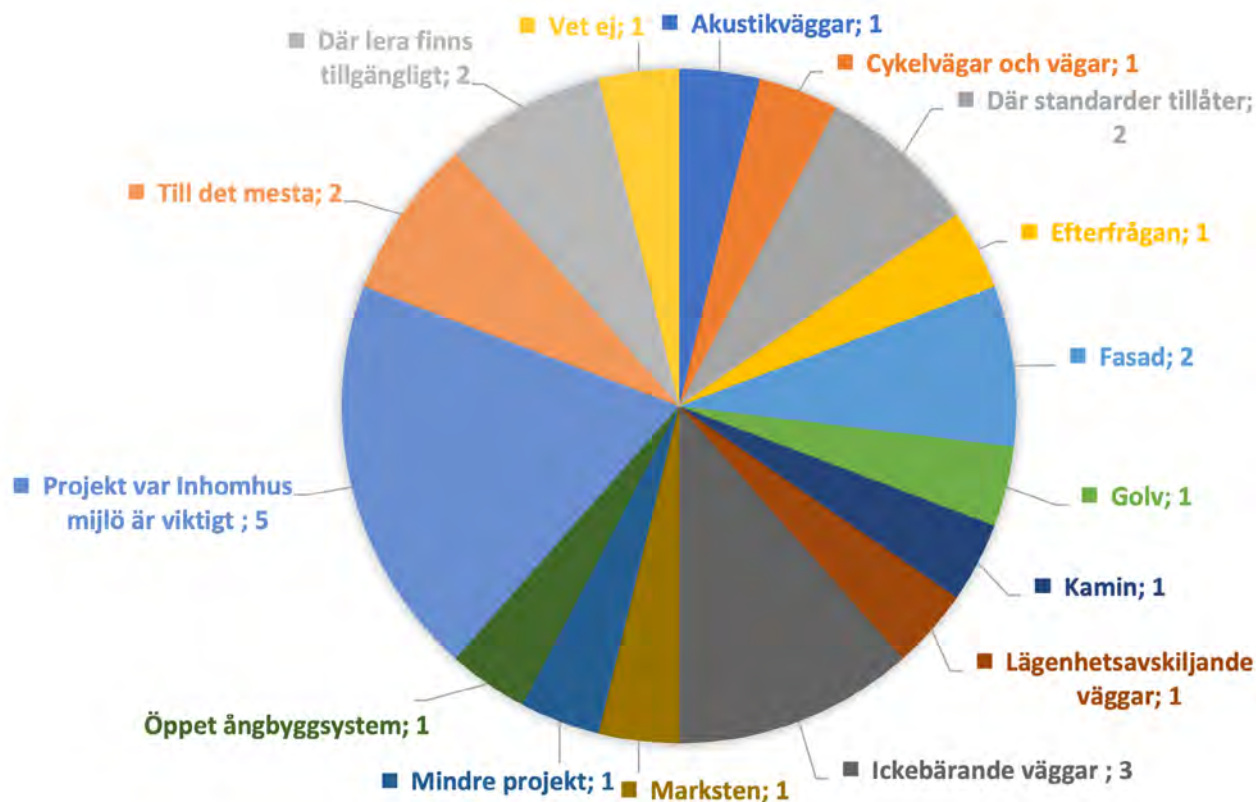
1. Var lämpar sig CEB-byggtekniken bäst?
2. Vad behövs för att få igång en kommersiell tillverkning av CEB-stenar i Sverige?
3. Vad är dina reflektioner efter den praktiska tillverkningen av CEB-stenar?

Det webbaserade verktyget mentimeter användes för att samla in svaren och när deltagarnas team besvarade frågorna dök svaren upp på en projektorduk i realtid.

Det blev 26 svar på den första frågan.

Svaren var varierande och kategoriserades enligt cirkeldiagrammet.

Antal svar per kategori: Var lämpar sig CEB-byggtekniken bäst?



De två kategorier som sticker ut mest är att flera lyfter att lera bör användas där det är extra viktigt med inomhusmiljön, och att flera föreslår att börja bygga icke bärande innerväggar.

Efter analys skapades olika kategorier för svaren på fråga två; Vad behövs för att få igång en kommersiell tillverkning av CEB-stenar i Sverige? Se tabell längre ner. Finansiering och efterfrågan var de två kategorier som de flesta av deltagarnas 19 svar föll under. Var och en fick fyra associativa svar, se figur.

Detaljerade svar på fråga två:

#### Finansiering

- Finansierade prototyper
- Även hjälp uppifrån för omställning av byggsektorn mot mer lerbygge.
- Subventionering i förhållande till andra material
- Kombinera med överskottsprodukter? (stenkross, gips från gipsskivor i rivningsprojekt.)
- Det är en utmaning att få ekonomi i det

#### Garanterad efterfrågan

- Garanterad efterfrågan
- Stor kund som kräver det i ett stort antal projekt
- Skapa efterfrågan på marknaden genom att visa att materialet finns. Skapa till exempel öppna spisar och fast inredning och liknande
- Det behövs en producent i större skala. Det behövs mindre projekt som motiverar temporär tillverkning. Beställare eller producent, någon måste börja. Det behövs en större aktör som kan tillhandahålla produkter

#### Kunskapsspridning

- Kunskapsspridning om materialet! Dela erfarenheter från praktik och teori! Inspiration och referensexempel! Omvärldsspaning!
- Samarbete mellan hantverkare, tillverkare, arkitekt och entreprenör
- Lösningorienterad samverkan

#### Prefabricering

- Prefabväggar

#### Referensprojekt

- Göra bra referensprojekt (Göteborgs Stad)

#### Standarder/Krav

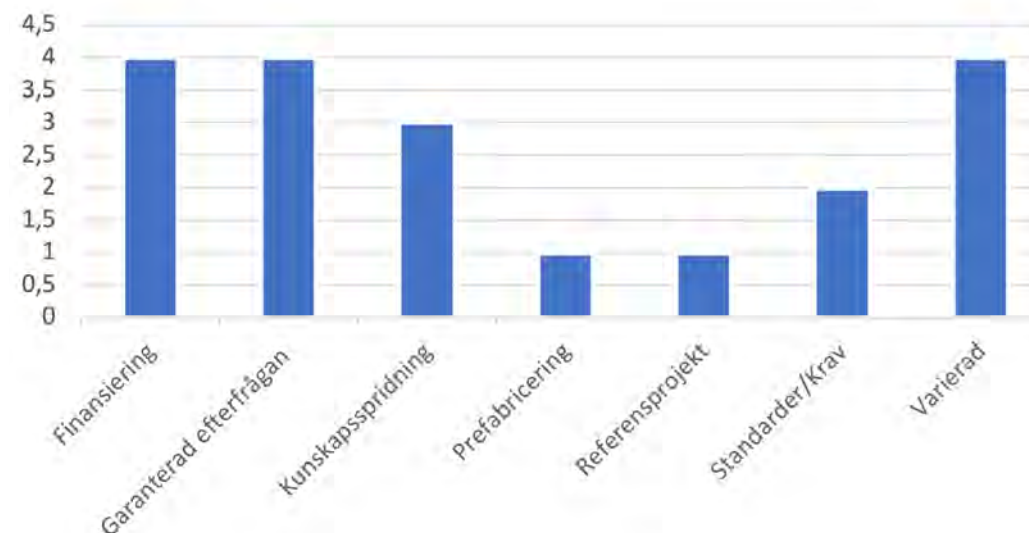
- Boverket behöver sätta jättestränga klimatkrav
- Kravnivåer på klimatberäkningar för byggnader. Statligt styrmedel, kommunalt håll, söka medel för att starta upp tillverkning. Kan tidigare tegelbruk användas?

#### Varierande

- Tillgång på materialet
- Att redan existerande byggare får till tillverkning
- Bygga upp en hype
- Perfekt tid är nu när marknaden går på lågvarv att ställa om till denna produktion

Antal svar per kategori:

Vad behövs för att få igång en kommersiell tillverkning av CEB-stenar i Sverige?



För den tredje frågan ombads deltagarna att ge sina reflektioner om den praktiska tillverkningen av CEB. 23 svar samlades in och bedömdes senare som positiva, neutrala eller negativa.

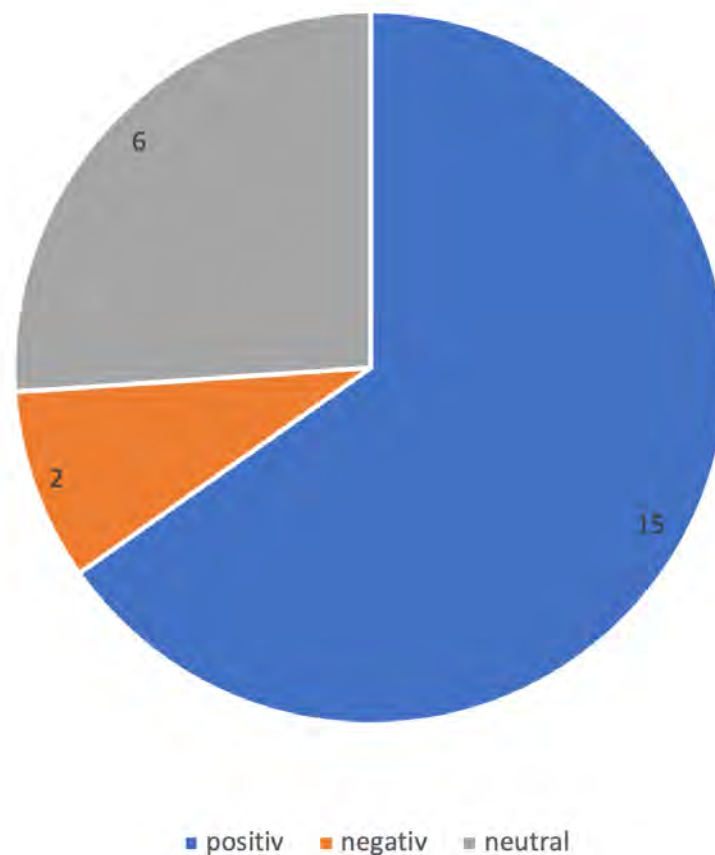
Övervägande var det positiva svar där deltagarna tyckte att det var både kul och givande och att de såg stora möjligheter med att bygga industriellt med CEB-sten.

De två negativa svaren handlar dels om att maskinen för att handslå lerteglet kändes farlig och det andra handlar om lerans konkurrenskraft gentemot andra mer konventionella byggmaterial, att det kan vara svårt att leva upp till standarder för motsvarande produkter på marknaden.



CEB-workshop, maj 2023

**Antal svar per kategori: Vad är dina reflektioner efter den praktiska tillverkningen av CEB-stenar?**





# Diskussion



## Diskussion

Att gå från avfall till resurs är ett måste om vi ska uppnå vår överenskommelse om 1,5 graders målet.

Återbruk, såväl direkt återbruk som down cycling och up-cycling, samt produkter från olika avfall/restströmmar är några av de få åtgärder med låg klimatpåverkan.

Gemensamma framgångsfaktorer i projektet har varit prestigelöshet, ett agilt förhållningssätt och både intresse och förmåga att hitta nya lösningar och samarbeten.

Alla parter, såväl grundparter som alla som deltagit, stöttat och blivit involverade har visat en enorm generositet med tid, kunskap och engagemang.

Som en representant från Derome uttryckte det;

“Det gäller att vara bjussig i tider som denna”. och en nyckelfaktor för att komma framåt är att alla parter vidgar sina ordinarie uppgifter och ser vilka moment som kan passa in i deras verksamheter och våga testa och hitta nya lösningar.

Gemensamma utmaningar har främst handlat om tid, och då främst om att synkronisera denna. Tester som behövs har exempelvis inte varit klara tills att ett material ska byggas in.

Den andra stora utmaningen har varit rådighet. De parter som finansierats av Energimyndigheten har inte alltid varit de parter som varit involverade i de specifika testbäddarna och därmed inte haft möjlighet att påverka och styra på ett sätt som skulle kunnat ge ännu bättre resultat.

I det fortsatta arbetet framåt med forskning, utveckling och implementering bör projekten fokusera på specifika material och tekniker. Företrädesvis bör utvecklingen ske i kortare former eller fokusera på en specifik process.

## Återbruk

Uppdraget för ReCirculate drog igång 2019 när återbruk och cirkulär byggnation fortfarande var något nytt och obeprövat i byggbranschen och såväl projektgruppen som branschen i stort sökte former för att närma sig frågan.

Vissa företag hade börjat jobba med frågan ur ett industriellt perspektiv men de flesta aktörer med återbruk i fokus gick främst att hitta i verksamheter riktade till privatpersoner och ofta i mindre skala.

Det var en tid när flertalet inom byggbranschen samtidigt identifierade återbruk och cirkulär byggnation som en nyckelåtgärd för att uppnå såväl lokala, nationella som internationella miljö- och klimatmål.

Arbetet med den fossilfria och klimatneutrala förskolan Hopp 1, inom innovationsprogrammet Hoppet, var ett av de första projekten i Sverige att undersöka och staka ut vägen för branschens omställning till klimatneutralt byggande.

**Snabbt identifierades att processen kring** att gå från avfall till återbruk är den centrala för att få igång storskaligheten. Med process i det här fallet avses **identifieringen av vem som äger en** produkt och material, och när det räknas som produkt och när är det ett avfall?

Vem ska demontera, reconditionera, transportera, lagerhålla, sälja och återmontera produkterna och vem ska ta vilka kostnader.

Många av frågorna saknar fortfarande svar men under de fyra år ReCirculate har pågått har branschen utvecklat stora förutsättningar för att få igång ett mer storskaligt återbruk.

Inledningsvis var ReCirculates projektgrupp tidiga testare av verktyg som var under utveckling för återbruksinventering och har utvecklat ett eget stödvertyg att användas vid **inventering och idag finns flertalet** välutvecklade inventeringsvertyg att tillgå på marknaden.

Lager och logistik är fortfarande knäckfrågor och löses i flertal av projekt med återbruksfokus inom det egna projektets ramar.

Idag finns några aktörer som erbjuder tjänster som lager och logistik och företag som erbjuder helhetslösningar med allt från inventering, återbruksplaner, lager och återförsäljning börjar både poppa upp och expandera.

En viktig aspekt att ha med sig in i det fortsatta arbetet med återbruk är att börja behandla rivningsprojekt som andra byggprojekt, med fokus på projektering och förståelse för att demonteringen behöver göras med samma noggrannhet som montering och uppbyggnad. För att en produkt ska kunna leva vidare i flera cykler behöver materialen hanteras noggrant och varsamt.

Argumentet mot ett sådant förfarande är att det är kostnadsdrivande, vilket stämmer då det idag är främst arbetstimmar och inte materialet som driver kostnaderna. Dock skapar detta större incitament för att både bevara och återbruka större byggdelar framför mindre byggdelar. För att ta kloka helhetliga beslut framåt behöver projekt utvärderas utifrån såväl klimat-, och andra miljöaspekter, ekonomi och social hållbarhet.

Några företag har sett affärs- och miljönyttan i att erbjuda sig att ta emot material potentiellt för återbruk, kvalitetskontrollera och erbjuda återförsäljning.



Exempel på företag som erbjuder detta är:

- [Bruksspecialisten](#), som erbjuder hantering och försäljning av tegel, och
- [Stena Stål](#), som börjat erbjuda kvalitetssäkring och försäljning av återbrukat stål.

Något som blivit tydligt under åren är att styrkan ligger i samarbete och prestigelöshet, att aktörer från hela kedjan, snickare, installatörer, projektörer inom alla discipliner, entreprenörer, byggvaruhandlare, speditörer, byggherrar med flera går ihop och hittar lösningar tillsammans.

Det krävs att alla utvidgar sina ordinarie verksamheter och ser vad just de skulle kunna göra för att underlätta utveckling av material och tjänster framåt.

Progressionen av en återbruksmarknad går fort och sannolikt har vi en fullt utvecklad och fungerande marknad inom några år.

Under projektets gång har exempelvis Göteborgs Stads privata och offentliga byggherrar gått samman och skrivit under på att man från 2025 ska välja återbrukade byggprodukter före nyproducerade. Inom de testsiter för återbruk som förekommit under projektiden har slutresultat varit såväl billigare som dyrare och de flesta har varit dyrare. I flera fall har processen varit effektiv utifrån de förutsättningar som finns kring återbruk idag.

För att kunna använda en återbrukat produkt i en nyproduktion krävs att produkten inventeras, kvalitetssäkras, demonteras och anpassas innan den bygg in på nytt.

De områden som går att slimma är att från början identifiera en så lik produkt som den som efterfrågas som möjligt eller anpassar utformning efter den produkt som finns.

Därefter gäller det att synkronisera tidplaner så bra som möjligt för att helst utesluta lagring eller åtminstone lagerföra produkter så kort tid som möjligt och att välja produkter som finns geografiskt nära för att minska transporter.

Det är viktigt att se på kostnad ur ett såväl ekonomiskt som miljöperspektiv och att kostnaden speglar vad som hänt under hela processen.

Att minska trycket på vår jord måste kosta pengar om vi ska få till en förändring och då behöver vi se kostnad på rätt sätt säger en av arkitekterna på Wingårdhs som varit med i projektet med den pergola som byggts av limträbalkar från Gårdstensskolan.

Att ta ut nytt material från vår jord kommer alltid vara dyrare rent ekologiskt, det kan ingen svära sig fri från. Ganska snart kommer vi säkert få betala riktigt dyrt när vi tar ut nytt material från vår jord än om vi förädlar material som redan finns tillgängligt och som behöver en ny användning, frågan är bara när brytpunkten kommer på riktigt, fortsätter hen.



Friedländers gata 20.

Om återbruk ses ur ett rent ekonomiskt perspektiv tydliggörs att desto mindre en produkt behöver bearbetas eller förflyttas, och om motsvarande nyproducerad produkt är dyr, så lönar sig återbruk.

Det som ekonomiskt drar iväg är när det behöver läggas mantimmar på uppbyggnad och rekonditionering.

Ett exempel är återbruket av bottenplattan på Friedländers gata 20, Hopp 2, där nyproduktionen en gång i tiden kostade en del utifrån arbetet med att gjuta plattan. Kalkyler på en ny platta är runt sju miljoner och komplettering av den gamla plattan ligger på runt två miljoner, det vill säga en kostnadsbesparing på cirka fem miljoner.

Om återbruk ska bli ett konkurrenskraftigt alternativ till nya byggvaror behöver nytt material bli väsentligt dyrare.

Slutsatser från projektet är att det finns några utmaningar med återbruk när vi försöker skala upp marknadsmekanismen till storskalig:

- Temporära lagringsplatser
- Rätt material vid rätt tidpunkt
- Minimikrav och kvalitetssäkring
- Garantifrågor
- Tids- och kostnadseffektiviteten

Erfarenheter från återbrukssamordningen inom stadsfastighetsförvaltningen är:

- Återbrukssamordnare har varit nödvändig för att få upp volymen av inventeringar och tillgängligheten av återbrukbart material
- Nyttja det befintliga beståndet som materialbank – vi har mycket inventerat!
- Vid nybyggnation är det enklast om demonteringsobjekt finns på platsen
- Identifiera snabbt vilka projekt som har goda förutsättningar och satsa där
- Återbruk är en av flera pusselbitar i hållbarhetsarbetet

## Inget avfall, endast resurser

23 svenska kommuner ska vara klimatneutrala till 2030, det vill säga städer som inte påverkar planeten med utsläpp. Den stora mängden redan befintliga byggnader är knäckfrågan för att klara det. Redan investerad CO2 behöver utnyttjas och up-cyklas och inte som oftast idag, omvandlas till avfall och klimatutsläpp.

Vi måste hitta arbetssätt där återbruk är det nya normala och nyproduktion är det avvikande som behöver motiveras.

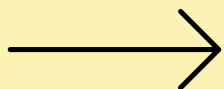
Då tiden är vad som lyfts som en av de stora utmaningarna i flera av delprojekten och testsiterna så behövs fokus på tidsoptimering och utveckling av stödjande och tidsbesparande teknik.

Exemplet med näsetskolan där en 3D-scanning av den befintliga byggnaden gjorts underlättar för en projektering från inscannad modell till nytt objekt. Du ser med en gång vad som kan vara intressant och kan fokusera direkt på de delarna vid ett platsbesök.

Skulle det exempelvis vara så att det finns intressanta produkter för el-konsulten men inte för arkitekten räcker det med att el-konsulten åker ut och gör en bedömning på plats.

## Från:

Take–make–waste



Denna linjära modell baseras på antagandet att naturresurser är tillgängliga, rikliga, enkla att köpa och billiga att kasta bort.

## Till:

Rethink–reuse–transform



Den cirkulära ekonomin syftar till att upprätthålla materialens värde och använda dem så länge som möjligt.

De digitala verktygen behöver utvecklas mer för att de ska bli riktigt effektiva. En 3D-scanning bör kunna kopplas ihop med verktyg som CCBuild, **Palats, Loopfront med flera.**

I en framtid skulle en möjlighet kunna vara att endast behöva fotografera en produkt för att en kopplad AI-funktion ska identifiera vad det är för något och fylla i produktinformationen, så att endast information kring var produkten finns och hantering av dess marknadsplats behöver ske manuellt.

Framtida scenarier kan också vara att olika byggherrar, projektörer och entreprenörer lägger upp sina pågående och kommande projekt, och en AI-funktion matchar tillgång och efterfrågan.

Får vi ner antalet mantimmar som läggs på återbruk kommer vi att minska kostnaderna, och återbruk kan bli ett konkurrenskraftigt alternativ till nytt material.

För att öka miljö- och klimatnyttan ytterligare behöver vi jobba vidare med de avfallsströmmar som inte går till återbruk. En av de största avfallsströmmarna som ReCirculate identifierat inom delprojektet "Byggavfall som designresurs" är plast, som idag ofta inte ens går till återvinning. Får vi till former av återbruk av avfallstyper som denna så ger det en väsentlig klimatvinst.

En redan framtagen innovation är "trashpresso-maskinen" som kan sortera och granulera den gamla plasten, och av detta tillverka nya plastprodukter<sup>14</sup>. Detta visar också på hur initiativ för en mer cirkulär produktionskedja kan förändra synen på vad som är avfall och vad som är användbart material - en perspektivförändring som krävs för en omställning till en mer hållbar byggbransch.



[Mobile recycling plant Trashpresso wins World Design Impact Prize](#)

<sup>14</sup> [Mobile recycling plant Trashpresso wins World Design Impact Prize](#) Hämtad 2023-08-15

## Byggmaterial från avfallslera

Produkter från lera har en stor potential att ersätta delar av de cementbaserade materialen vi använder idag, och minska klimatavtrycket från våra byggnader. Den obrända leran har dessutom cirkulära egenskaper som materialråvara där den kan återanvändas som komponent eller återvinnas som råvara i framtiden.

Lera som byggmaterial är i sig ingen innovation eller något nytt men byggnadstraditionen har gått förlorad i den moderna byggbranschen. Likt flera andra traditionella byggtekniker som trä, behöver (obränd) lera som byggmaterial gå igenom en liknande resa i form av produktutveckling och industrialisering för att bli verklighet på den svenska marknaden.

I ReCirculate projektet har vi tagit del av den moderna lerbyggnationens frammarsch i Europa, där olika tekniker används i kommersiella projekt, det vill säga bortom enstaka villaprojekt.

Även om standardiseringen i Tyskland och Frankrike kommit långt så är byggtekniken fortfarande en väldigt liten del av marknaden. För att se en effekt av lerbyggnation måste vi se en uppskalning av användningen och en ökad efterfrågan.

**Det vi har identifierat som de** främsta utmaningarna inom byggbranschen och den svenska marknaden är att:

- Kunskapsbristen är stor inom hela branschen.
- Avsaknad av standarder, och att vi inte har någon standard för lerbyggnation som skulle motsvara den Tyska Lehmbauregeln.



Lerstenar av Västlänkslera från CEB-workshop.

Inom ramen för forskningsprojektet har vi försökt påbörja ett kunskapslyft samt att involvera de aktörer i branschen som både står för efterfrågan, fastighetsutveckling och de potentiella tillverkarna av produkterna; materialtillverkare och byggtreprenörer.

Den största insatsen som framkom av workshopen tillsammans med aktörer från byggindustrin är att kunskapsnivån måste höjas. Det är en vanlig missuppfattning att det krävs omfattande tekniska undersökningar av lera som byggmaterial för att kunna implementera det på industriell skala, men kunskapsbristen inom branschen är ett större hinder. När det gäller fortsatt forskning inom området rekommenderas att vidare undersöka utveckling av produktion av CEB-sten från avfallslera och att utreda hur branschen snabbt kan få ökad kunskap kring lerbyggnadstekniker. Alla lerbyggnationstekniker som beskrivs i denna rapport verkar ha potential på den svenska byggmarknaden.

Enligt de data som hittats och sammanställts i state-of-the-art och som framkommit i workshoparna verkar det dock som om CEB-sten är det bästa alternativet att börja med på industriell skala i Sverige, eftersom processen har potential att bli mindre arbetsintensiv, de färdigheter som behövs liknar de som redan finns i murindustrin och en mindre ekonomisk investering skulle krävas för att producera CEB jämfört med de andra teknikerna.

För att få igång en storskalig produktion i Sverige krävs det arbete med svenska standarder där bland annat White arkitekter är involverade i framtagande av nya SIS-standarder för lera. Arbetet leds av [SIS/TK 180 Murverk och Puts](#) och första steget blir en ny standard för lerputs.



“Lera är framtidens champion när det gäller hållbara byggmaterial, det är det enda materialet som kan återbrukas i all oändlighet utan tillförsel av energi”<sup>15</sup>

Översatt citat:  
Anna Heringer,  
Arkitekt, Österrike.

<sup>15</sup> [The sustainable cities made from mud - BBC Future](#) Hämtad 2023-07-03

## Publikationslista

Utilizing earth as a building material in a municipality  
construction project: Inquiry of needs

## Referenser/ källor

[Parisavtalet - Energimyndigheten.se](#)  
Hämtat 2023-09-24

Färdplan för fossilfri konkurrenskraft  
– Bygg och anläggningssektorn s.3

[Klimatlag \(2017:720\) Svensk författningssamling  
2017:2017:720 - Riksdagen](#)  
Hämtat 2022-12-27

[Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder av  
avfall - Boverket](#)  
Hämtat 2023-06-22

[Västlänken - www.trafikverket.se](#) Hämtat 2022-12-27

[Utredning+fossilt+innehåll+och+klimatpåverkan  
Byvädersgången.pdf \(goteborg.se\)](#)

[KENOTEQ — Makers of the K-BRIQ® — Kenoteq -  
About us](#)

[KENOTEQ — Makers of the K-BRIQ](#)

Ventura et al. (2022). Environmental Potential of Earth-Based Building Materials: Key Facts and Issues from a Life Cycle Assessment Perspective. In Fabri; Antonin, J.-C. Morel, J.-E. Aubert, Q.-B. Bui, D. Gallipoli, & B. V. V. Reddy (Eds.), Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements: State-of-the-Art Report of the RILEM TC 274-TCE (Vol. 35, pp. 261–296). Springer International Publishing.

[Publications \(din.de\)](#)

[https://issuu.com/dachverband-lehm/docs/dvl\\_lehm-bau\\_regeln\\_inhalt\\_3-auflage/18](https://issuu.com/dachverband-lehm/docs/dvl_lehm-bau_regeln_inhalt_3-auflage/18)

[Pömmelte Woodhenge - Himmelswege \(himmelswege.de\)](#) Hämtat 2023-07-04

[https://issuu.com/dachverband-lehm/docs/dvl\\_lehm-bau\\_regeln\\_inhalt\\_3-auflage/18](https://issuu.com/dachverband-lehm/docs/dvl_lehm-bau_regeln_inhalt_3-auflage/18)

[Mobile recycling plant Trashpresso wins World Design  
Impact Prize](#) Hämtat 2023-08-15

[The sustainable cities made from mud - BBC Future](#)  
Hämtat 2023-07-03

## Foto, bilder, diagram

Fotograf Hannah Björk, urval av foto på Hoppets förskola

Bilder tagna av projektdeltagare

Länkade bilder hämtade från internet



---

## Bilagor

Bilaga 1 - Markbeskrivning

Bilaga 2 - Inventerings PM

Bilaga 3 - Checklista återbruk

Bilaga 4 - Förstudie Näsetsolan Konstruktion

Bilaga 5 - Återbrukssamordning inom ReCirculate

Bilaga 6 - Postfabelement  
- Vägen mot industriellt återbruk

Bilaga 7 - Byggavfall som designresurs  
- Återbrukade hårdplaströr som fasadmaterial

Bilaga 8 – Kvalitetssäkring av VVS-produkter

Bilaga 9 - State of the art

Bilaga 10 - Analyssvar ZRS

Bilaga 11 - Provresultat från Peab

Bilaga 12 - Bärande vägg av stampad jord

Bilaga 13 - Brandtest 1

Bilaga 14 - Brandtest 2

Bilaga 15 - Testresultat Billdal

Bilaga 16 - Utilizing earth as a building material in a municipality construction project: Inquiry of needs

