

Lokal recirkulering av rivningsmaterial

Avfall som råvara i kvarteret Västerbro

Högskoleingenjörsutbildning
Byggteknik

Frida Ekeblom



HÖGSKOLAN
I BORÅS

Program: Byggingenjör, BSc in Civil Engineering
Svensk titel: Lokal recirkulering av rivningsmaterial. Avfall som råvara i kvarteret Västerbro.
Engelsk titel: Local reuse of demolition material. The use of waste material in the urban development project Västerbro
Utgivningsår: 2022
Författare: Frida Ekeblom
Handledare: Agnes Nagy
Examinator: Abdinasir Kadawo
Nyckelord: Återbruk, återvinning, lokal recirkulering, livscykelanalys

SAMMANFATTNING

Den här studien handlar om recirkulering av rivningsmaterial i anslutning till det storskaliga stadsutvecklingsprojektet *Västerbro*, som Riksbyggen och Bostäder i Borås står bakom. På platsen finns idag en tegelbeklädd lagerbyggnad från 1960-talet och exploatörernas visioner bygger på att lagerbyggnaden rivs och ersätts med nya byggnader. Genom selektiv rivning ser man möjligheter att återvinna byggnadens fasadtegel och betong från befintligt bjälklag för att återanvända detta i uppförandet av det nya kvarteret.

Syftet med studien är att estimerat klimatnyttan från recirkulerat material från selektiv rivning av lagerbyggnaden, med målet att bidra som beslutsunderlag för beställare vid recirkulering av rivningsmaterial.

Klimatpåverkan från recirkulering av rivningsmaterial från lagerbyggnaden beräknas i en livscykelanalys som jämför fem likvärdiga fasadelement med olika mängd inblandning av återbrukat betongballast, återbrukat rensat tegel, och återbrukade kapade tegelstycken från befintlig fasad. Beräkningen utgår ifrån en lokal recirkulering då rivning sker på platsen där det nya kvarteret ska byggas. Fasadelementet är ett prefabricerat sandwichelement med fastgjutet tegel. Som stöd i beräkningen användes IVL Svenska Miljöinstitutets handledning för klimatberäkningar i Byggsektorns miljöberäkningsverktyg, BM.

Beräkningar uppskattar att selektiv rivning med återbrukade kapade tegelstycken från befintlig fasad kan spara 28 % växthusgasutsläpp jämfört med ett likvärdigt fasadelement bestående av enbart av primära råvaror.

Studierna presenterade i den här rapporten är kopplade till Västerbros forskningsprojekt *Framtidens kvarter- för en hållbar livsstil* som har följts genom deltagande i återkommande styrgruppsmöten, en workshop samt genom samtal och intervjuer med projektdeltagare.

Studien omfattas också av en teoretisk översikt av den lagstiftning och de incitament som berör recirkulering av bygg- och rivningsmaterial och visar på samhällets höga ambitioner att påskynda omställningen mot cirkulära materialflöden. Sammanställningen visar också på att lagar och regler ger en stor flexibilitet och att recirkulering av bygg- och rivningsmaterial till stor del bygger på frivillighet eller den enskilde aktörens vision och vilja om att bygga hållbart.

ABSTRACT

This study is about recycling demolition materials in connection with the large-scale urban development project *Västerbro*, by Riksbyggen and Bostäder i Borås. A warehouse building from the 1960s occupies the site today, and the constructors want to replace the old warehouse with new buildings. Through selective demolition, it is possible to recycle the brick facade and concrete frame and reuse in the construction of the new buildings.

The purpose of this study is to estimate the climate benefit when using reused material from selective demolition, aiming to contribute as a fact base for making decisions regarding recirculated materials.

The climate impact from the reuse of demolition material is calculated in a Life Cycle Assessment that compares five similar facade elements with varying amount of recycled and reused concrete aggregates, reused cleaned bricks, and reused cut brick element from existing facade. The calculation is based on a local scenario as the demolition takes place at the site where the new block is to be built and the facade element is a prefabricated sandwich element.

Calculations show that selective demolition with reused cut brick elements from existing facades could save 28% greenhouse gas emissions compared to an equivalent facade element consisting of only primary raw materials.

The studies presented in this report are linked to Västerbro's research project *Framtidens kvarter- för en hållbar livsstil* (roughly translated: *The city block of the future- for a sustainable lifestyle*) that has been studied through participation in recurring steering committee meetings, one workshop and through conversations and interviews with project participants.

The study is also covered by a theoretical overview of the legislation and incentives that concern the recycling of construction and demolition materials and shows society's high ambitions to accelerate the transition to circular material flows. But the compilation also shows that laws and regulations provide great flexibility and that recycling of construction and demolition materials is largely based on voluntariness or the individual actor's vision and desire to build sustainably.

FÖRORD

Med det här examensarbetet avslutar jag det tredje och sista året på högskoleingenjörsutbildningen i byggt teknik på Högskolan i Borås. Arbetet har skrivits under våren 2022 och motsvarar ett kandidatarbete om 15 hp inom byggt teknik.

Jag vill rikta ett stort tack styrgruppen för *Framtidens kvarter* för möjligheten att ta del av förstudierna inför det nya kvarteret Västerbro. Tack också till min handledare Agnes Nagy, docent på Högskolan i Borås, för intressanta diskussioner och guidning igenom arbetet. Tack även till Abdinasiir Kadawo, universitetsadjunkt på Högskolan i Borås, för värdefull input till livscykelanalysen.

Slutligen vill jag tacka min familj för stöd och inspiration, och mina studiekamrater Leila Ramadan och Nima Esfandiari för värdefullt samarbete och många roliga stunder tillsammans under studietiden.

CENTRALA BEGREPP

Recirkulering

Används i den här rapporten som ett samlat begrepp för återbruk och återvinning och syftar till att komponenter, produkter eller material åter tas i bruk.

Återbruk

Att återanvända en komponent, eller en produkt till samma funktion som den ursprungligen varit avsedd för, till exempel dörrar, fönster eller tegel från rivningsprojekt.

Återvinning eller materialåtervinning

Material som genomgår en process för att kunna användas på nytt. Istället för att bli avfall kommer materialet till nytta som ersättning för nytt material, med ursprunglig funktion eller ny funktion. Förlängning av materialets livslängd.

Primär råvara

Syftar på råvara som är framtagen genom utvinning direkt ur naturen. Råvaran är avsedd för tillverkning.

Objektorienterad selektiv rivning

När rivningsavfall tas tillvara och recirkuleras på samma plats där det uppkommit, för att minska mellanlagring och transporter. Rivningen möjliggör mer ensartat avfall när det kommer från samma rivningsobjekt.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	II
ABSTRACT	III
FÖRORD	IV
CENTRALA BEGREPP	V
1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Västerbro	1
1.1.2 Framtidens kvarter- för en hållbar livsstil	2
1.1.3 Byggnader för cirkulära flöden	3
1.1.4 Intresser i kvarteret Västerbro	4
1.2 Syfte och mål	6
1.3 Avgränsningar	6
2. METOD	6
2.1 Litteraturstudie	7
2.2 Deltagande observation och intervjuer	7
2.3 Livscykelanalys	7
3. TEORETISK REFERENSRAM	9
3.1 Materialflöden i den cirkulära ekonomin	9
3.2 Industriell symbios för en cirkulär byggbransch	9
3.3 Handlingsplaner för cirkulär ekonomi	11
3.4 Lagar och regler som berör recirkulering	12
3.4.1 Miljöbalken	12
3.4.2 Plan- och bygglagen med fokus på återvinning	16
3.5 Regionala och kommunala satsningar för hållbar utveckling	18
3.6 Branschinitiativ i byggsektorn	21
3.7 Miljöcertifieringssystem	23
3.8 Teknisk bearbetning av avfall	23
3.8.1 Tegel	23
3.8.2 Betong	25
3.8.3 Rivningsmetoder och objektorienterad resursanvändning	25

4. LIVSCYKELANALYS AV ETT FASADELEMENT	26
5. RESULTAT	37
6. DISKUSSION OCH SLUTSATS	43
6.1 Felkällor	44
6.2 Förslag på vidare studier	44
7. REFERENSER	45

1. INLEDNING

Med ökad befolkningsmängd och urbanisering världen över ökar efterfrågan på nya bostäder och andra byggnader. Bygg- och fastighetssektorn förbrukar stora mängder primära råvaror och bidrar till mer än en tredjedel av samhällets totala avfall både inom Sverige och i EU. Utvinning, tillverkning och transport av material leder till stora mängder växthusgasutsläpp och branschen står inför stora utmaningar när det gäller att minska sin klimatpåverkan.

En övergång till en cirkulär bygg- och rivningsbransch där befintliga byggprodukter återbrukas och återvinns skulle minska uttaget av primära och ändliga naturresurser och samtidigt möta behoven av ökad nybyggnation (Gerhardsson et al. 2020). Cirkulära materialflöden och resurshushållning anses vara avgörande faktorer för att minska branschens klimatpåverkan (Strand, Nyhlin & Åfreds 2022).

Rapporten skrivs som en del i forskningsprojektet *Framtidens kvarter- för en hållbar livsstil* och berör cirkulära materialflöden kopplat till stadsutvecklingsprojektet *Västerbro* i Borås.

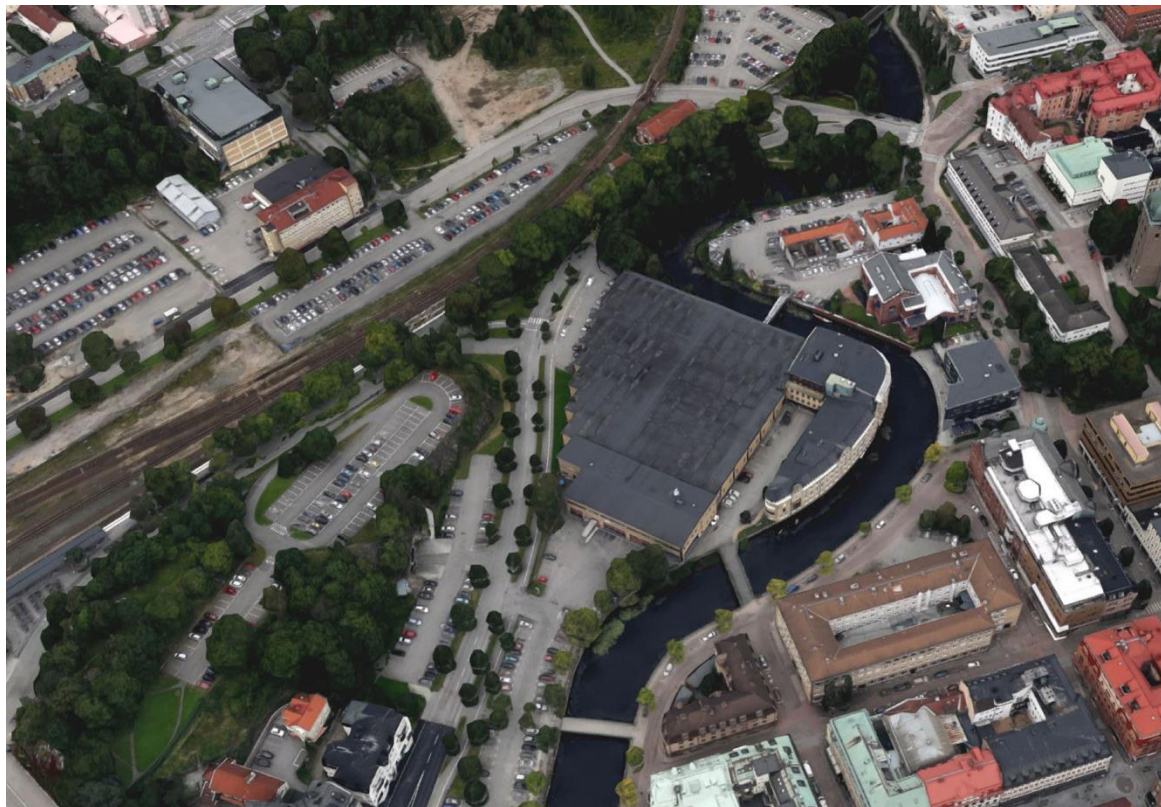
1.1 Bakgrund

Det här kapitlet beskriver Västerbro och de relevanta kringprojekt som ligger till grund för rapportens frågeställningar och beräkningar.

1.1.1 Västerbro

Västerbro är ett storskaligt stadsutvecklingsprojekt i Borås, som planerar inhysa ca 400 nya hyres- och bostadsrätter, samt kontor och centrumverksamheter. Projektet påbörjades under 2015 då Riksbyggen och det kommunala bostadsbolaget Bostäder i Borås förvärvade den centrala fastigheten *Borås Viskaholm 2* där Borås Wäveri haft kontor och lager. Fastigheten är mycket centralt belägen i Borås. Ån Viskan skiljer fastigheten från den gamla rutnätsstaden och ett par hundra meter västerut finns Borås resecentrum och centralstation. Under 2016 påbörjades invändig ombyggnation av den kulturhistoriskt viktiga kontorsbyggnaden från tidigt 1900-tal, ritad av Boråsarkitekten Lars Kellman. Ombyggnationen rymdes inom gällande detaljplan då ändamålet för byggnaden är detsamma. För att kunna bebygga resten av fastigheten i enlighet med projektets vision krävs dock en planändring. Under 2017 ansöktes således om en planändring samt även markanvisning för ytterligare mark som krävs för projektets genomförande (Västerbro 2022). I mars 2017 gav Kommunstyrelsen Borås Stad Samhällsbyggnadsförvaltningen i uppdrag att utreda möjligheten att upprätta en ny detaljplan. I december 2020 beslutade Samhällsbyggnadsnämnden att sända detaljplanen för samråd (Samhällsbyggnadsförvaltningen 2020). Planhandlingar och samrådsyttranden bearbetas nu inför granskningsbeslut och detaljplanen väntas vinna laga kraft i slutet av 2022 (Västerbro 2022). De delar av fastigheten Viskaholm 2 som nu är föremål för detaljplaneändring är i dagsläget bebyggd med en 5 500 kvadratmeter stor lagerbyggnad, uppförd i början på 1960-talet (Västerbro 2022). Exploatörernas visioner bygger på att lagerbyggnaden rivs och ersätts med nya byggnader. Genom selektiv rivning ser Riksbyggen och

Bostäder i Borås AB möjligheter att återvinna byggnadens fasadtegel och betong från befintliga bjälklag för att kunna återanvända detta i uppförandet av det nya kvarteret. Figur 1 visar befintlig bebyggelse över planområdet med den rundade kontorsbyggnaden som följer Viskans strand.



Figur 1. Flygbild över befintlig bebyggelse inom planområdet. Det kantiga taket centralt i bild tillhör lagerbyggnaden. (publicerad med medgivande från upphovsrättsinnehavare, Borås Stad)

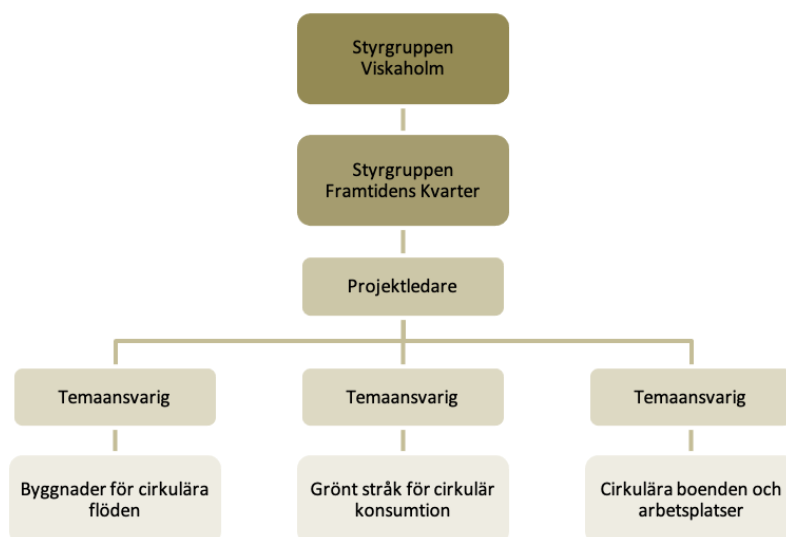
1.1.2 Framtidens kvarter- för en hållbar livsstil

Projektet ”Framtidens Kvarter – för en hållbar livsstil” initierat av Riksbyggen och Bostäder i Borås tillsammans med Science Park Borås och Högskolan i Borås undersöker hur det planerade Västerbro kan bli ett föredöme för innovativ stadsutveckling som bidrar till en hållbar livsstil (Science Park Borås 2022). Projektet pågår mellan november 2021 och januari 2023 och delfinansieras av Västra götalandregionen (Miljönämnden 2021) som en del i den regionala utvecklingsstrategin *Klimat 2030-Västra Götaland ställer om*.

Projektarbetet drivs framåt av tre team med ansvar över var sitt tema; *Byggnader för cirkulära flöden*, *Cirkulära erbjudanden* och *Cirkulära boenden och arbetsplatser*. Byggnader för cirkulära flöden beskrivs närmre under nästa rubrik. Tillsammans ska dessa teman ta ett helhetsgrepp kring hållbar livsstil kopplat till den fysiska byggnaden samt de tjänster som ska erbjudas inom handel, upplevelser, boende och arbetsplatser på Västerbro. Man ser potential till att bidra till minskade växthusgasutsläpp i byggskedet samt en långsiktig minskad klimatpåverkan tack vare kvarterets utformning och de boendes cirkulära livsstil. (Science park Borås 2022). Teamen består av en teamledare samt personer som

representerar bygg- och fastighetsbranschen, akademien, kommunen och näringslivet i form av ingenjörer, arkitekter, forskare, hållbarhetsexperter etc.

Organisationen (figur 2) för projektet består av styrgrupp Viskaholm som representerar Västerbro. Därunder styrgrupp Framtidens Kvarter med representanter från exploitörerna, Science Park Borås och temaansvariga. Kopplade till styrgruppen finns 3 projektgrupper bestående av övergripande projektledare, temaansvariga samt de tre teamen.



Figur 2. Organisationsschema Framtidens kvarter

1.1.3 Byggnader för cirkulära flöden

Den befintliga lagerbyggnaden som är tänkt att rivas är en materialbank som genom återvinning kan fungera som värdeskapande tillägg i gestaltningen av det nya kvarteret Västerbro berättar Agnes Nagy¹, teamledare för *Byggnader för cirkulära flöden*. Återbrukade och återvunna material skulle kunna ingå i nya fasadelement, innerväggar eller användas som marksten och bidra till resurseffektivitet och minska klimatpåverkan.

Återanvändning av teglet kan göras sten för sten eller med inspiration från bostadsprojektet *Resource Rows* i Köpenhamn, (Nrep 2022) där tegel skurits ut i stycken för att bearbetas och ingå i nya fasadelement. Tidigare forskningsprojektet *RE: concrete* (2021) där man tittat på möjligheterna att nyttja återvunnen betong i ny betong med högvärdig tillämpning bidrar med viktig kunskap inför den potentiella återvinningen av betong från pelare och bjälklag i lagerbyggnaden. Cirkulära materialflöden på Västerbro blir möjlig genom selektiv rivning och förädling av rivningsmaterialet med lokala partners, och ska kunna resultera i högkvalitativt tegel och betongmaterial motsvarande nyproducerat tegel och naturgrus berättar Nagy. Processen blir objektorienterad i och med att cirkuleringen sker lokalt med korta transportsträckor och hypotesen är att det lokala perspektivet kompenserar de högre kostnaderna

¹ Agnes Nagy, docent på Högskolan i Borås. Presentationer vid styrgruppsmöte 2022-01-17 och workshop 2022-03-22

av selektiv rivning. Figur 3 visar en bild på lagerbyggnaden som den ser ut idag. I kapitlet för bilagor finns ett urval av lagerbyggnadens originalritningar.



Figur 3. Lagerbyggnaden till vänster och den renoverade kontorsbyggnaden till höger.

1.1.4 Intressenter i kvarteret Västerbro

Nedan en kort beskrivning av kvarterets intressenter med exempel på hur de jobbar med hållbarhet och recirkulering idag.

Riksbyggen

Riksbyggen är ett kooperativt företag som utvecklar och förvaltar bostadsrätter, hyresrätter, kommersiella- och offentliga fastigheter. Riksbyggen belyser själva sitt hållbarhetsarbete på fyra områden; *Bygga, Förvalta, Återutveckla* och inom den egna verksamheten "*Vi själva*" som knyter an till begreppen social, ekologisk och ekonomiska hållbarhet. I Riksbyggens hållbarhetsredovisning för 2020 specificerar man att hållbarhetsmål finns inom en rad områden; klimatneutralitet, cirkulär ekonomi, biologisk mångfald och klimat-anpassning, trygga och inkluderande samhällen, tjänster för ökad hållbarhet, ansvarsfulla leverantörskedjor, mångfald och god arbetsmiljö (Riksbyggen 2021a).

Positive Footprint Housing (PFH) är en innovationsplattform där Riksbyggen tillsammans med akademi, näringsliv och Göteborg Stad forskar kring hållbar bostads- och stadsutveckling utifrån ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet. I referensprojektet Brf Viva i Göteborg som stod klart 2019, var Riksbyggens ambition att skapa Sveriges mest hållbara och innovativa bostadsprojekt inom ramen för PFH. Den fysiska miljön utformades för att främja gemenskap och möten mellan de boende, med gemensamhetsytor och växthus och tillgång till delningsekonomiska lösningar i form av cykel- och bilpooler. Ytterligare

hållbarhetsåtgärder i Brf Viva är solcellsanläggning och energieffektiv ventilation. Byggnadskonstruktion och material är livscykelanalyserad och klimatförbättrad betong med 30 procent lägre CO₂-utsläpp pressade ner byggnadernas klimatpåverkan (Riksbyggen 2019). På Västerbro vill nu Riksbyggen ta ytterligare steg i att driva forskning kring hållbar livsstil och cirkularitet framåt, med höga ambitioner om att vara föregångare och sprida kunskap i regionen och i branschen (Science park Borås 2021).

Riksbyggen är en av aktörerna står bakom Byggföretagens riktlinjer *Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning* (Byggföretagen 2021). Man menar att riktlinjerna är ett gemensamt ställningstagande för resurseffektivitet och ger byggandets aktörer ett gemensamt språk i alla skeden av en byggnads livscykel.

När det gäller erfarenhet av recirkulering av material nämner Riksbyggen², två projekt där återbruk finns med. Det ena är brf NEO Davidshall i Malmö, där man i det före detta polis- huset från 1934 byggt bostäder där gatsten, trapphus med granitsten, trapphusräcken, armaturer och andra detaljer återanvänts för att bevara husets unika karaktär (Riksbyggen 2021). Det andra bostadsprojektet är kvarteret Tranan i Kalmar, där ledstänger i trä, tegel och stenplattor kommer återbrukas från platsen i det nya kvarteret (Riksbyggen u.å.).

Bostäder i Borås

Bostäder i Borås är ett kommunalt allmännyttigt bostadsbolag som äger och förvaltar drygt 6500 lägenheter samt 300 kommersiella lokaler i kommunen (Bostäder i Borås u.å.). Som allmännyttigt bolag arbetar man efter Borås Stads miljöpolicy som beskrivs mer utförligt i kapitel 3.5.

I sin hållbarhetsredovisning för 2020 beskriver man sitt hållbarhetsarbete utifrån tre dimensioner; *att bry sig om miljön, att bry sig om människorna* och *att bry sig om företagets välstånd*. Begreppen social, ekologisk och ekonomisk hållbarhet används i bolagets kommunikationsmaterial. (Bostäder i Borås 2021). Man skriver:

”Att bry sig om miljö innebär att verksamheten bedrivs på ett sätt så att bolaget minimerar sin negativa påverkan på planeten och dess naturresurser.”

Som exempel på det nämner man renovering och energieffektivisering av befintliga hus (tilläggsisolering, nya fönster, takbyten etc.) Vidare beskriver bolaget att nyproduktionen skall byggas med material som står sig över tid samt vara energisnåla. Bostäder i Borås har i sin nyproduktion under 2021 börjat använda sig av rapporteringssystemet Sunda Hus för att medvetandegöra materialval och minska miljöbelastningen (ibid), i enlighet med *Borås Stads Miljömål (läs mer i kapitel 3.5)*

² Styrgruppsmöte den 22 mars 2022

Bostäder i Borås har i nuläget inte så stor erfarenhet av projekt med recirkulerade material, men hoppas med Västerbro kunna inhämta erfarenhet att bygga vidare på och skala upp i kommande projekt³.

Borås Stad

Kommunen är huvudman för allmänna platser inom planområdet, vilket i det här fallet innebär att kommunen kommer äga den planerade gatan och ansvarar för dess skötsel. Ett parkstråk kommer gå igenom Västerbro och möjliggörs genom planläggning av *allmän plats gata* (Samhällsbyggnadsförvaltningen 2020). En allmän plats är ett område för gemensamma behov och regleras i detaljplanen av kommunen. Bestämmelser om hur allmänna platser i detaljplan får användas finns beskrivet i plan- och bygglagen (SFS 2010:900) 1 kap. 4 §, exempel kan vara gata, ett torg eller en park (Boverket 2022).

Borås Stads arbete med klimatfrågan och recirkulering beskrivs närmre i kapitel 3.5

1.2 Syfte och mål

Syftet med studien är att översiktligt visa på de omvärldsfaktorer som påverkar ett byggprojekt när det gäller recirkulering av rivningsmaterial. Syftet är också att konkret visa hur olika val ger skilda resultat avseende klimatnytta.

Målet är att visa hur detta tar sig uttryck med hjälp av en LCA-analys av recirkulerade rivningsmaterial i projektet Västerbro.

Studien utgår ifrån följande frågeställningar:

- Vilka regler och incitament styr recirkulering av bygg- och rivningsmaterial idag?
- Hur ser förutsättningarna ut för att rivningsavfall från befintlig lagerbyggnad kan övergå till recirkulerad ny råvara?
- Vilka positiva effekter avseende klimatpåverkan kan en objektorienterad selektiv rivning medföra jämfört med konventionell rivning?

1.3 Avgränsningar

Studiens fokuserar på de steg som berör recirkulering av rivningsmaterial i bygg- och rivningsbranschen. Övriga processer som knyter an till cirkulära materialflöden så som exempelvis förberedelse för återvinning nämns endast kortfattat eller har utelämnats. Studien är avgränsad till stadsutvecklingsprojektet Västerbro i Borås.

2. METOD

För att besvara frågeställningarna i den här rapporten har en kvalitativ studie utförts i form av deltagande observation, studiebesök, intervjuer samt litteraturstudie. Som stöd för analys och diskussion ingår också ett kvantitativt inslag i form av livscykelanalys.

³ Diskussioner vid styrgruppsmöte den 25 april 2022

2.1 Litteraturstudie

För att få en översiktlig kunskap inom ämnesområden som cirkulär ekonomi, avfallshantering och återvinning inom byggsektorn har en litteraturstudie genomförts. För att skriva det teoretiska ramverket har också en genomgång av aktuell lagstiftning, visioner och strategier från relevanta myndigheter och branschorganisationer studerats. Rapporter, forskningsprojekt, myndighetstexter och böcker relaterat till ämnet har studerats.

2.2 Deltagande observation och intervjuer

Studierna presenterade i den här rapporten är kopplade till forskningsprojektet *Framtidens kvarter- för en hållbar livsstil, byggnader för cirkulära flöden*. Projektet har kunnat följas mellan november 2021- och maj 2022 genom deltagande i återkommande styrgruppsmöten, deltagande i workshop samt genom samtal och intervjuer med projektdeltagare och personer knutna till ämnet. Material från intervjuerna refereras till i det teoretiska ramverket.

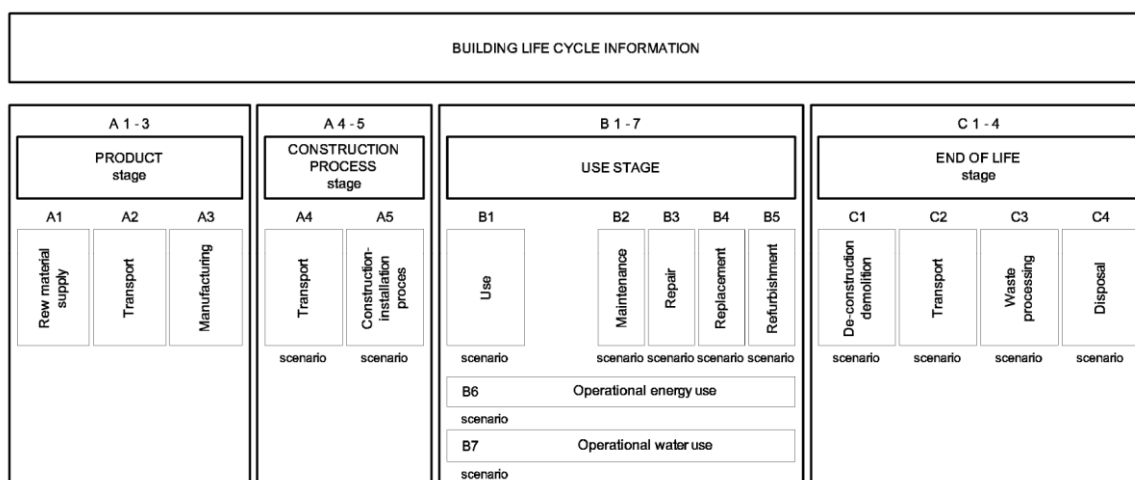
Styrgruppsmöten- 10 dec, 17 jan, 21 feb, 22 mars, 24 april, 23 maj.

Workshop- 22 mars, intervjuer- 21 mars, 26 april.

2.3 Livscykelanalys

För att kunna göra en bedömning av klimatpåverkan av fasadelement med inblandning av recirkulerad råvara från lagerbyggnaden har en livscykelanalys genomförts enligt SS-EN 14044:2006 och EN 15978:2011.

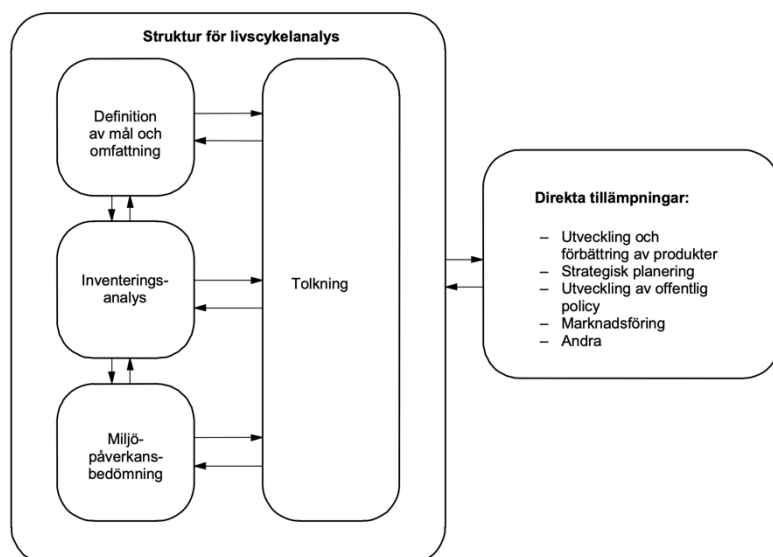
En livscykelanalys, *Life Cycle Assessment (LCA)* kan används för att bedöma en produkts miljöpåverkan under hela dess livslängd. Från utvinning av råmaterial till dess att produkten tas om hand genom deponi eller återvinning, från vaggan till grav. Beroende på syftet med en LCA kan också delar av livscykeln studeras vilket lämpar sig väl för jämförandestudier. I den här studien undersöks den del av byggnadens livscykel som tillhör modul A1-A3, produktskedet med råvaruförsörjning, transport och tillverkning (figur 4)



Figur 4. Byggnadens livscykelkedan enligt standard (SS EN 15978:2011)

Genomförandet av en LCA följer ett iterativt förlopp mellan fyra faser (figur 5):

- Definition av mål och omfattning
- Inventeringsanalys, *Life Cycle Inventory- LCI*
- Miljöpåverkansbedömning, *Life Cycle Impact Assessment- LCIA*
- Tolkning av resultatet



Figur 5. Struktur för livscykelanalys enligt standard (SS-EN 14040)

I den första fasen ingår en beskrivning av analysens syfte och dess omfattning. Här definieras vilka frågor som ska besvaras samt vad resultaten ska användas till. Systemgräns bestäms liksom funktionell enhet, det vill säga en kvantifierbar referens till vilken in- och utflöden kan relateras. För ett fasaelement kan en sådan enhet vara kvadratmeter eller kubikmeter. I den första fasen ingår också att ange vilka miljöpåverkanskategorier som ska bedömas. Några av de kategorier som tillämpas i livscykelanalyser för byggnader är *klimatpåverkan* (som mäts i växthusgaser), *övergödning*, *försurning*, *förtunning av ozonskiktet*, *landanvändning* och *resursutarmning* (Boverket 2019a).

I den andra fasen görs en inventering av resursanvändningen. Här upprättas en flödesmodell över de aktiviteter som ingår i systemgränsen för analysen, och uppgifter om råmaterial, transportsträckor, energiförbrukning, avfall och utsläpp till luft och vatten samlas in (Baumann & Tillmann 2014).

Den tredje fasen ställer krav på att redovisa och utvärdera produktsystemets potentiella miljöpåverkan under produktens livscykel, dvs *valet av miljöpåverkanskategorier*. Därefter *klassificera* och sortera LCI-datan efter miljöpåverkanskategori. Klimatpåverkan av växthusgaser, Global Warming Potential (GWP), är ett exempel på miljöpåverkanskategori med kategoriindikator uttryckt i koldioxidekvivalenter (CO₂-eq). I den här studien den enda kategorin som studeras. 1 kg CO₂- utsläpp har inte samma effekt som andra växthusgaser därför viktas inventeringsdatan mot CO₂ med hjälp av en *karaktiseringsfaktor* som möjliggör att uttrycka alla växthusgaser i CO₂-eq (Rydh, Lindahl & Tingström 2002).

Den fjärde fasen presenterar studiens resultat, och de frågor som LCA-studien haft för avsikt att undersöka ska besvaras (Boverket 2019).

3. TEORETISK REFERENSRAM

Följande avsnitt beskriver aktuell lagstiftning, visioner och strategier som berör recirkulering av bygg- och rivningsavfall, därtill beskrivs de tekniska förutsättningarna för återvinning och återbruk av tegel och betong specifikt. Teorin visar översiktligt i vilken omvärldskontext forskningsprojektet *Framtidens kvarter befinner sig*.

3.1 Materialflöden i den cirkulära ekonomin

Cirkulär ekonomi har kommit att bli den ledande idén för hållbar ekonomisk utveckling och beskrivs som ett avgörande verktyg för att nå de nationella och internationella klimatmålen, likväl som de globala målen i Agenda 2030 (Kossila 2020). Omställningen till en cirkulär ekonomi anses ha stor potential att minska resursanvändningen och därigenom begränsa miljö- och klimatpåverkan (Naturvårdsverket 2021a).

Organisationen Ellen MacArthur Foundation (u. å) definierar cirkulär ekonomi utifrån en biologisk och en teknisk materialcykel. I den biologiska cykeln cirkulerar biobaserade material som efter användning återgår till naturen och bildar näring. I den tekniska cykeln cirkulerar produkter och material som är designade för att återanvändas, repareras eller materialåtervinnas i så hög kvalitet som möjligt. Här eftersträvas *upcycling*, dvs att behålla materialets högsta möjliga värde, framför återvinning. *Downcycling* där materialets kvalitet reduceras över tid ska undvikas så långt det går. Biologiskt material kan först cirkulera i den tekniska cykeln för att till sist återföras till naturen. Principerna stödjer naturens egna cirkulära processer och hjälper till att minska mängden avfall och föroreningar (ibid.)

I naturens kretslopp omvandlas avfall oftast till nya resurser, mycket lite går till spillo. I ett cirkulärt materialflöde vill man efterlikna naturens kretslopp och minimera mängden avfall med syftet att så lite som möjligt av avfallet ska behöva deponeras. Byggmaterial som ingår i ett cirkulärt flöde går från utvinning av primär råvara för att sedan genomgå konstruktion, användning, dekonstruktion, återanvändning eller återvinning för att sedan återgå till konstruktionsmaterial som sekundär råvara. (Akhimien et al. 2021).

3.2 Industriell symbios för en cirkulär byggbransch

Industriell symbios är en typ av cirkulär ekonomi och ett sätt för företag, kommuner och regioner att öka resurseffektivitet genom lokal samverkan. Avfall eller biprodukter från en aktör kan bli till råmaterial för andra (Fissac u.å).

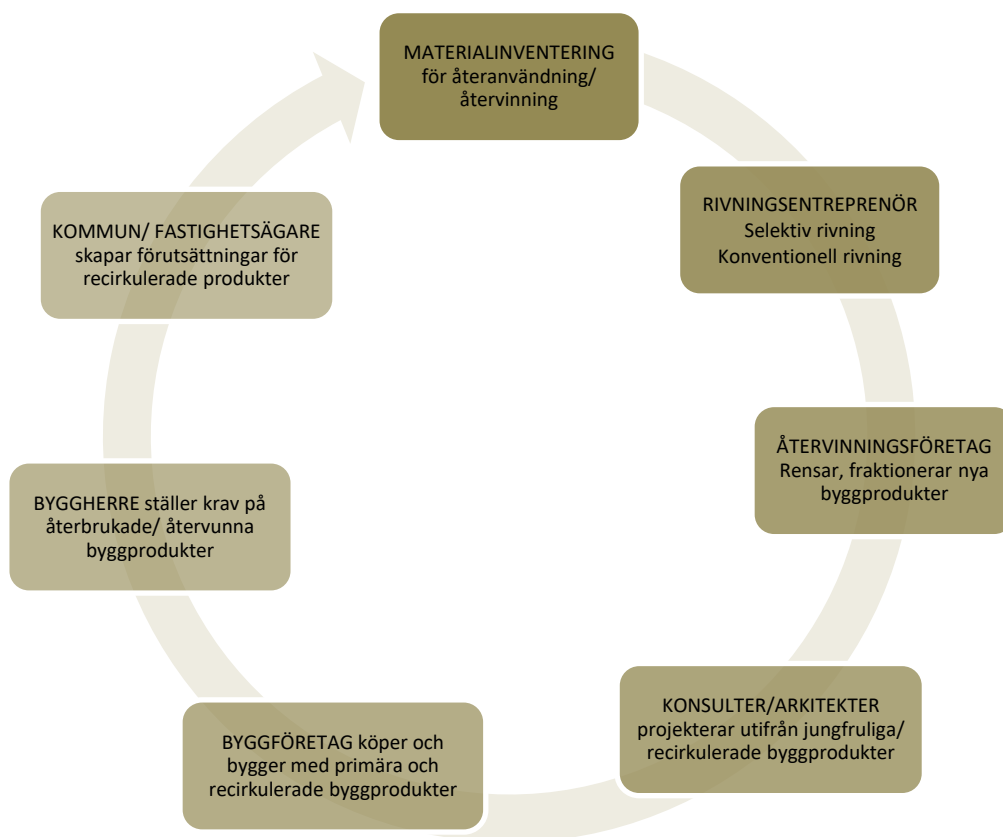
Stora utmaningar för industrin idag är ökade kostnader för råvaror, avfall och energi och ökade krav på miljöcertifieringar och politiska hållbarhetsmål. Industriell symbios kan min-

ska behovet av primära råvaror och avfallshanteringen- en av de grundläggande drivkrafterna bakom grön tillväxt. Samverkan kan också bidra till sänkt energiförbrukning och leda till nya intäcksströmmar (ibid)

Mats Eklund (2021), professor i industriell ekonomi på Linköpings universitet beskriver att utmaningen med att få industriell symbios att hända till stor del handlar om brist på kunskap, tid och tillit för att utveckla samarbeten. Den etablerade tekniken kan många gånger redan vara tillräcklig. Han listar ett antal punkter som kan driva på utvecklingen mot samverkan;

- Visa på goda exempel av industriell symbios för att starta kreativa processer (Det kan finnas både ekonomi, miljö och hållbarhetsaspekter i dessa samarbeten)
- Låta lokala involverade aktörer själva definiera samarbetets riktning.
- En nyckel är att säkerställa kontinuitet i sociala processer som stärker relationer och höjer kunskapen om varandra. Möten, samtal, workshops etc. mellan aktörer.
- En kommun eller region kan genom att kommunicera om dessa samarbeten bli attraktiv och locka fler aktörer att etablera sig. Ett företag som kommunicerar sina samverkansprocesser kan öka sin konkurrenskraft. Resultatet kan driva på den hållbara utvecklingen.

Eklund menar att samarbeten mellan aktörer är en bra grund för stärkt innovation mot en hållbar utveckling (ibid.). En byggbransch i symbios kan beskrivas med bilden (figur 6) på kommande sida, efter idé från Agnes Nagy, docent på Högskolan i Borås (Nagy 2022).



Figur 6. Industriell symbios i byggbranschen

3.3 Handlingsplaner för cirkulär ekonomi

Den Europeiska kommissionen presenterade 2019 *EU:s gröna giv* (2019) som en strategi för unionens omställning till en resurseffektiv och konkurrenskraftig ekonomi med mål om klimatneutralitet till år 2050. En ny handlingsplan för den cirkulära ekonomin- *För ett renare och mer konkurrenskraftigt Europa* lanserades 2020 som en viktig del i den gröna given. Med handlingsplanen vill man påskynda övergången till en regenerativ tillväxtmodell och lyfter fram ett antal värdekedjor där snabba, omfattande och samordnade åtgärder för cirkulär omställning anses vara särskilt viktiga. *Textilier, batterier och fordon* liksom *byggande och byggnader* är några av dessa värdekedjor (Miljödepartementet 2020a). Krav på ökad användning av återvunnen råvara nämns som möjlig åtgärd för resurseffektivitet inom byggande. I handlingsplanen presenteras också initiativ som underlättar användningen av återvunnen vara. Kommissionen avser undersöka möjligheterna att utveckla nya kriterier för när avfall upphör att vara avfall (Naturvårdsverket 2021a).

I regeringens handlingsplan *Cirkulär ekonomi- Handlingsplan för omställningen av Sverige* (Miljödepartementet, 2020b) pekar man på bygg- och rivningssektorn som ett prioriterat område. I handlingsplanen presenteras styrmedel och ett antal åtgärder för ökad cirkularitet i sektorn som i urval listas nedan:

- Nytt etappmål för bygg- och rivningsavfall för ökad återanvändning och återvinning.
- Utredda möjligheterna till att ta fram nationella kriterier för när avfall upphör att vara avfall (end-of-waste-kriterier)
- Styra mot att avfallet hanteras i giftfria och resurseffektiva kretslopp och att utbud och efterfrågan samt användningen av högkvalitativa sekundära råvaror ökar.
- Främja ökad användning av giftfria återvunna material i nya produkter till exempel genom kvotplikter eller liknande
- Ökat stöd för ett livscykelperspektiv i offentlig upphandling för att minska klimatpåverkan i byggnadens hela livscykel.

I regeringens handlingsplan för omställningen till cirkulär ekonomi beskrivs att industriell symbios där företags avfall blir till råvara för andra företag spelar en viktig roll i utvecklingen av en resurseffektiv, giftfri, cirkulär ekonomi i Sverige. Offentlig sektor pekas också ut som en central aktör för den cirkulära omställningen, bland annat genom den offentliga upphandlingen. (Regeringskansliet 2020).

Regeringen gav i februari 2022 Boverket i uppdrag att ytterligare utveckla arbetet med omställningen till en cirkulär ekonomi i byggsektorn. Boverket ska bland annat kartlägga hur återanvändning och materialåtervinning av befintligt byggmaterial, byggnadsdelar och byggnadsverk fungerar idag samt föreslå åtgärder för att främja cirkulärt byggande i framtiden. Uppdraget ska i sin helhet redovisas senast december 2024 (Finansdepartementet 2022).

3.4 Lagar och regler som berör recirkulering

Sveriges lagstiftning kring avfall är till stor del en implementering av EU:s avfalls- lagstiftning, *Avfallsdirektivet 2008/98/EG*. Nedan följer en översikt av den lagstiftning som berör recirkulering av rivningsmaterial med utdrag ur miljöbalken och plan- och bygglagen.

3.4.1 Miljöbalken

Miljöbalken SFS 1998:808 är en ramlag som innehåller övergripande lagstiftning inom miljöområdet. EU-direktiv inom miljöområdet införlivas i den svenska lagstiftningen genom miljöbalken. Med stöd av miljöbalken finns ett stort antal förordningar och föreskrifter. Naturvårdsverket är en av de tillsynsmyndigheter som deltar i utvecklingen av miljölagstiftningen samt meddelar föreskrifter till miljöbalken (Naturvårdsverket u.å.).

Utdrag 1 kap. 1 § miljöbalken:

1 § Bestämmelserna i denna balk syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö. En sådan utveckling bygger på insikten att naturen har ett skyddsvärde och att människans rätt att förändra och bruka naturen är förenad med ansvar för att förvalta naturen väl

Miljöbalken skall tillämpas så att [...] 5. återanvändning och återvinning liksom annan hushållning med material, råvaror och energi främjas så att ett kretslopp uppnås [...]

Återanvändning innebär enligt miljöbalken att en produkt eller komponent som inte är avfall används igen för att fylla samma funktion som den ursprungligen var avsedd för, kan också kallas återbruk. Till exempel dörrar, stålbalkar fönster från rivningsprojekt till en ny plats eller återplacering på ursprunglig plats. Att *materialåtervinna* avfall innebär en upparbetning av avfallet till nya ämnen eller produkter som inte ska användas till bränsle eller fyllnads- material.

Avfall som upphör att vara avfall

Bestämmelser om när avfall upphör att vara avfall finns implementerat i miljöbalkens 15 kap. 9 a §. Europeiska kommissionens avfallsdirektiv ligger till grund för bestämmelserna. EU-gemensamma kriterier, så kallade *End of waste*-kriterier preciserar återvinningsprocessen och finns idag för järn-, stål- och aluminiumskrot, glaskross och kopparskrot (Naturvårdsverket 2021a). Specifika kriterier finns i nuläget inte för bygg- produkter varken på europeisk eller nationell nivå vilket medför att bedömningar måste ske från fall till fall, bedömning görs av tillverkaren av den sekundära råvaran eller produkten (Gabrielsson & Brander 2021).

Utdrag ur miljöbalkens 15 kap. 9a §:

När avfall upphör att vara avfall

9a § Avfall som har genomgått ett återvinningsförfarande upphör att vara avfall om

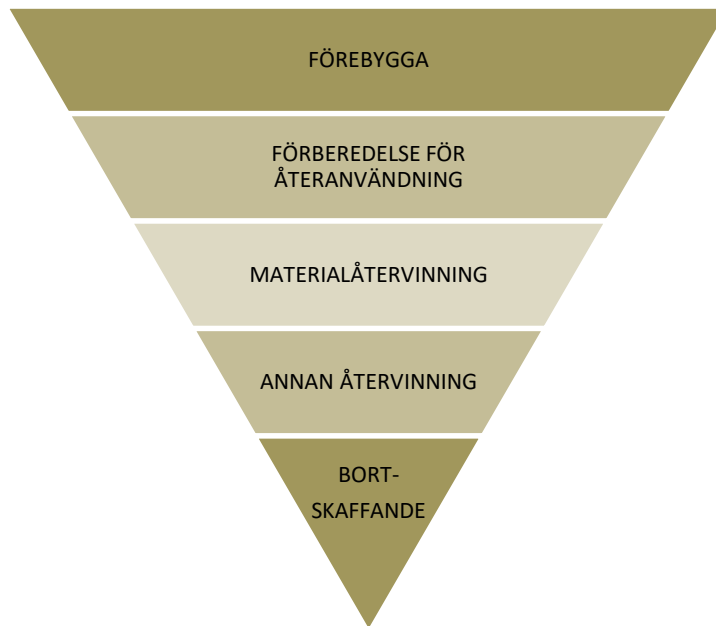
1. ämnet eller föremålet ska användas för ett visst ändamål,
2. det finns en marknad för eller efterfrågan på sådana ämnen eller föremål,
3. ämnet eller föremålet uppfyller tillämpliga krav i lag och annan författning, och
4. användningen av ämnet eller föremålet inte leder till allmänt negativa följder för människors hälsa eller miljön [...]

När avfallet inte längre klassas som avfall kan kemikalie- eller produktlagstiftning istället bli aktuell. För byggprodukter gäller EU:s Byggproduktsförordning CPR (*Construction Product Regulation*), vilket innebär att de produkter som faller under EU-harmoniserad produktstandard måste ha en prestandadeklaration och CE-märkning för att få säljas. Tillverkaren måste upprätta ett tredjeparts-granskat kvalitetssystem och redovisa att produkten lever upp till de krav som utlovas i prestandadeklarationen och lever upp till CE-märkningen. Produkttyp och tänkt användning avgör vilken prestandanivå som ska tillämpas. De byggprodukter som inte omfattas av harmoniserad standard kan märkas med en frivillig CE-märkning, en så kallad EAD (*European Assessment Document*) alternativt märkas enligt nationella standarder eller andra märkningar (Gabrielsson & Brander 2021).

EU:s avfallsdirektiv

Sveriges lagstiftning kring avfall bygger till stor del på EU:s avfallslagstiftning, *Avfallsdirektivet 2008/98/EG*. I direktivet finns uttryckliga krav på medlemsstaterna att minska avfallsmängderna, öka återvinning och återanvändning och förbättra avfallshanteringen. Sverige och EU:s övriga medlemsstater är ålagda att uppnå en återvinningsgrad (exklusive energiåtervinning) av icke-farligt bygg och rivningsavfall på 70 viktprocent fram till år 2020 (Boverket 2021) men enligt Naturvårdsverket (2020) finns ännu inga siffror som tyder på att det svenska målet är uppnått. Nya etappmål gör gällande att förberedelse för återanvändning, materialåtervinning och annan återvinning av den här typen av avfall ska uppgå till *minst* 70 viktprocent årligen fram till 2025 (Avfall Sverige, 2001).

Prioriteringsordning för lagstiftning och politiska åtgärder beskrivs med avfallshierarkin, se figur 7 (kan också benämnas med *avfallstrappan*). I Sverige finns avfallshierarkin implementerad i Miljöbalken 2 kap. 5 § och 15 kap. 10 §. Avfallet ska enligt miljöbalken behandlas så att människors hälsa och miljön skyddas på bästa sätt så länge behandlingen inte är orimlig.



Figur 7. Avfallshierarkin enligt Avfallsdirektivet 2008/98/EG

Avfallsförordningen

För att åstadkomma en materialåtervinning av hög kvalitet krävs rena avfallsströmmar. För att stärka regleringen av bygg- och rivningsavfall har krav på sortering av fler avfallsslag införts i Avfallsförordningen 3 kap 10 § (SFS 2020:641). Utöver farligt avfall, avfall som omfattas av producentansvar och brännbart avfall ska *åtminstone* ytterligare 6 avfall sorteras: trä, mineral (som består av betong, tegel, klinker, keramik och/ eller sten), metall, glas, plast och gips. Undantag från kraven kan göras för konstruktioner där ämnen eller föremål sammanfogats på ett sätt som försvårar eller omöjliggör separering eller om delar av avfallsslaget är förorenat och inblandat i övrigt material (Naturvårdsverket 2020b).

Naturvårdsverket menar (ibid) att kraven på sortering enligt avfallsförordningen är lågt ställda och motiverar ytterligare förstärkning genom miljöbalkens hänsynsregler 2 kap. 5 § eller 15 kap. 11 §:

utdrag 2 kap. 5 § miljöbalken:

5 § Alla som bedriver en verksamhet eller vidtar en åtgärd ska hushålla med råvaror och energi samt utnyttja möjligheterna att

1. minska mängden avfall,
2. minska mängden skadliga ämnen i material och produkter,
3. minska de negativa effekterna av avfall, och
4. återvinna avfall. [...]

Utdrag 15 kap. 10 § miljöbalken:

10 § [...] Den som är ansvarig för att avfall blir behandlat ska se till att det

1. återvinns genom att det förbereds för återanvändning,
2. materialåtervinns, om det är lämpligare än 1,
3. återvinns på annat sätt, om det är lämpligare än 1 och 2, eller
4. bortscaffas, om det är lämpligare än 1–3.

Den behandling av avfallet som bäst skyddar människors hälsa och miljön som helhet ska anses som lämpligast, om behandlingen inte är orimlig.

utdrag 15 kap. 11 § miljöbalken:

11 § Den som hanterar avfall ska se till att hanteringen inte skadar eller orsakar risk för skada på människors hälsa eller miljön. Särskild hänsyn tas till

1. den risk som hanteringen kan innebära för skada på vatten, luft, mark, växter eller djur [...]
3. den negativa påverkan som hanteringen kan ha på sådana särskilt skyddade områden som avses i 7 kap., på andra områden av särskild betydelse för miljön eller på landskapet i övrigt. [...]

Boråsregionens avfallsplan 2021–2030

Enligt miljöbalken 15 kap. 41§ ska det i varje kommun finnas en avfallsplan med uppgifter om kommunens avfall och åtgärder för att minska avfallets mängd och farlighet. Avfallsplanen antas av kommunfullmäktige och infrastrukturen kring avfallshanteringen bör enligt Boverket säkerställas i översiktsplanen (Boverket 2020).

I Boråsregionens avfallsplan ingår bygg- och rivningsmaterial i *Målområde 3: Använd de resurser vi har*: Mål 3.2. Återanvändning och återvinning av bygg- och rivningsmaterial inklusive massor från kommunala bygg-, mark- och anläggningsprojekt ska öka jämfört med år 2022.

- Ställa krav i upphandlingsskedet på återvunnet material eller återbrukade produkter om möjligt.

Åtgärderna består i att skapa rutiner och checklistor för att återvinning och återbruk ska ingå i alla nybyggnationer, ombyggnationer och vid rivningar av kommunala byggprojekt. Jobba

för att återvinning och återbruk tas i beaktande vid byggnation. Kartlägga massflöden och jobba för regional samverkan kring masshantering (Boråsregionen 2021).

3.4.2 Plan- och bygglagen med fokus på återvinning

Nedan följer ett antal beskrivningar över kommunala dokument som styr byggande och planering utifrån plan- och bygglagen, PBL.

Översiktsplan

I varje kommun ska det finnas en översiktsplan (ÖP) som beslutas av kommunfullmäktige. Översiktsplanen är inte bindande, men ska vara vägledande för beslut om markanvändning och bebyggelseutveckling för hela kommunen. Översiktsplanen kan vara en vägledning för kommunens utveckling mot ökad hållbarhet och för många kommuner finns nationella och lokala miljömål som grund för kommunens visioner om framtida stadsutveckling (Boverket 2009).

Detaljplan

Kommunen har planmonopol och avgör var, när och hur en detaljplan ska upprättas. Det sker ofta vid större byggprojekt eller vid omvandling av bebyggelseområden. En detaljplan består av plankarta och planbestämmelser och ska ha en genomförandetid. I detaljplanen anges allmänna platser, kvartersmark och om förekommande- även vattenområden. Utöver de uppgifterna kan en detaljplan peka ut markanvändning (byggnaders yta ovan, under mark, byggnadshöjd etc.), bebyggelsens omfattning, placering, utformning och utförande (byggnaders färg, form, material, grundläggning etc.). En begränsning av detaljplanens regleras i 4 kap. 32 § tredje stycket i PBL (Karlbro & Lindgren 2021):

32 § [...]

Detaljplanen får inte vara mer detaljerad än som behövs med hänsyn till planens syfte.

Genomförandeavtal

Avtalen kan delas in i två huvudkategorier. *Exploateringsavtal* som används då exploatören äger marken och medverkar till ändring eller upprättande av detaljplanering. *Markanvisningsavtal* tillämpas i de fall där kommunen är ursprunglig markägare och överlåter marken till exploatör i samband med plangenomförande. Exploateringsavtalet ska visa hur ansvaret mellan kommun och exploatör är fördelade när det gäller utförande av vissa åtgärder och hur de ska finansieras, till exempel om nya vägar i anslutning till detaljplan behöver dras om. 1 kap. 4 § PBL definierar avtalen som ett ”avtal om genomförande av detaljplan mellan en kommun och en exploatör eller en fastighetsägare avseende mark som inte ägs av kommunen.” (Karlbro & Lindgren 2021).

Peter Krahl Rydberg⁴, Energi- och klimatstrateg på Borås Stad berättar att det finns ett uppdrag från kommunfullmäktige att titta över vilka möjligheter kommunen har att minska klimatpåverkan genom markanvisning. Han menar att markanvisning kan vara en möjlighet att främja återbruk eller återvinning, men säger också att det är mer på en rekommendationsnivå då man inte kan kräva det regelrätt.

Kontrollplan och rivningslov

Rivningslov krävs i de flesta fall inom detaljplanelagt område. Ansökan om rivningslov samt kontrollplan skickas till byggnadsnämnden som beslutar om startbesked. En eller flera certifierade kontrollansvariga bistår byggherren med att ta fram kontrollplan med underlag från bland annat miljö- och materialinventeringar av rivningsobjektet. Den kontrollansvarige ska se till att kontrollplan och de gällande bestämmelserna efterföljs under rivning (Boverket 2017).

Gällande plan- och bygglag (PBL) SFS 2010:900 trädde i kraft år 2010 och ändrades i augusti 2020 med bland annat utökad lagstiftning kring återvinning av bygg- och rivningsavfall i 10 kap. § 6 och § 11

Utdrag 10 kap. 6 § plan- och bygglag (2010:900)

6 § Byggherren ska se till att det finns en plan för kontrollen av en bygg- eller rivningsåtgärd som avses i 3§ (kontrollplan) med uppgifter om [...]

5. vilka byggprodukter som kan användas och hur dessa ska tas om hand, och

6. vilket avfall som åtgärden kan ge upphov till och hur avfallet ska tas om hand, särskilt hur man avser möjliggöra

a) materialåtervinning av hög kvalitet, och

b) avlägsnande och säker hantering av farliga ämnen,
[...]

I 10 kap. § 11 står det att återanvändbara byggprodukter som kan uppstå vid en rivningsåtgärd ska identifieras.

Inventering inför rivning

Inför en rivning görs en miljöinventering (eller *materialinventering*) för att identifiera material som bör klassas som farligt avfall. Ofta kan äldre byggnader som rivs innehålla byggnadsmaterial med inblandning av farliga ämnen som inte är tillåtna idag, till exempel

⁴ Intervju den 26 april 2022.

PCB, asbest eller blåbetong. Här bedöms om det finns risk för att verksamhet som förekommit i byggnaden eller på fastigheten kan ha orsakat förorening av mark eller byggnadsmaterial (Persson-Engberg, Sigfrid & Torring 1999).

Byggnadsmaterialen kan ha utsatts för andra typer av belastningar som kan påverka dess kvalitet, som till exempel fukt, skadeinsekter eller svampangrepp. Förändringar i hållfasthet och beständighet kan också förekomma och analyser av de ingående materialen ingår i inventeringen. Ett exempel på hur ett material kan förändras över tid är karbonatisering av härdad betong, som innebär att luftens koldioxid tas upp i betongen och reagerar med kalciumhydroxiden som därmed övergår till kalcit kalciumkarbonat. Karbonatiseringen ökar betongens hållfasthet men medför en ökad risk för armeringskorrosion (Johansson et al. 2017).

I en materialinventering mängdas rivningsobjektets material, och sammansättning och separerbarhet bedöms (Persson-Engberg, Sigfrid & Torring 1999). Inventeringen och materialanalyser tillsammans med kvalitetsbedömning av de ingående materialen blir underlag till den kontrollplan som enligt plan- och bygglagen (2010:900) 10 kap. 18 § krävs vid ansökan om rivningslov (Boverket 2020).

Klimatdeklaration

Sedan den 1 januari 2022 är det enligt plan- och bygglagen krav på att byggherrar ska redovisa nya byggnaders klimatpåverkan, med syfte att minska klimatpåverkan från byggskedet. Boverket har föreslagit att gränsvärdet för maximala utsläpp ska införas i deklARATIONEN först 2027, samtidigt vill man då införa deklARATIONEN av fler skeden av byggnadens livscykel, det sistnämnda utan gränsvärden (Boverket 2020c). IVL Svenska Miljöinstitutet har tagit fram en handledning för hur klimatberäkningar för återbrukat material kan implementeras i *Byggsektorns miljöberäkningsverktyg* för klimatdeklARATIONER, och som förtydligar hur klimatnyttan från återbruk kan beräknas enligt standarden EN 15978:2011 (IVL 2020).

3.5 Regionala och kommunala satsningar för hållbar utveckling

Det här kapitlet innehåller utdrag ur olika insatser och satsningar som berör recirkulering i bygg- och tidningsbranschen på kommunal nivå.

Klimat 2030-Västra Götaland ställer om

Klimat 2030-Västra Götaland ställer om drivs av Västra Götalandsregionen och Länsstyrelsen i Västra Götalands län i samverkan med flertalet aktörer som bland annat branschorganisationer och kommuner, varav Borås Stad är en aktör. Enligt kraftsamlingen ska regionen vara fossilfri till år 2030 vilket innebär att utsläppen av växthusgaser ska minska med 80 procent från 1990-års nivå. I årsberättelsen för 2021 presenterar Klimat 2030 (u.å. a) en sammanställning av utsläppssiffror från SMHI och beskriver dem sammanfattningsvis såhär: perioden 1990–2019 minskade de totala utsläppen av växthusgaser från 12,1 miljoner ton till 9,8 miljoner ton. En minskning på 17 procent. För att uppnå en sänkning med 80

procent ska utsläppsnivån ner till 2,4 miljoner ton år 2030. Utsläppsminskningen i regionen beräknades till 31 000 ton CO₂-ekv för 2021 och spås minska med ca 82 000 ton CO₂-ekv år 2022.

Borås Stad har undertecknat samtliga 20 klimatlöften som ska driva omställningsarbetet framåt. Klimatlöfte nummer 17 berör återbruk:

- **17. Vi arbetar med återbruk av byggmaterial**

Det innebär att kommunen väljer ut minst en egen byggnad som har kommande behov av renovering, lokalanpassning eller demontering och inventerar potentialen för återbruk i den byggnaden, med fokus på minst fem kategorier byggvaror som lämpar sig för återbruk. (Klimat 2030 u.å b)

Borås Stads klimatsmordnare⁵ berättar att det ligger på stadens ”byggande” förvaltningar och bolag att omsätta det här löftet. Bostäder i Borås med Framtidens kvarter kan vara ett sådant projekt där återbruk omsätts till verklighet.

Borås Stads arbete med klimatfrågan

Sedan 2019 har Borås en lokal koldioxidbudget som fastslår att kommunkoncernens och Borås invånares konsumtionsbaserade växthusgasutsläpp ska minska med 16 procent årligen fram till 2040. Klimatkommittén med tjänstepersoner från Miljöförvaltningen och Stadsledningskansliet samordnar och driver på Borås klimatpolitiska arbete tillsammans med Klimatrådet med politisk representation enligt kommunfullmäktige.

I klimatrapport 2021 skriver kommittén att utsläppen av växthusgaser minskade kraftigt under 2020 men inte tillräckligt för att nå målen i stadens koldioxidbudget. Pandemin tros vara en bidragande faktor till utsläppsminskningen och förväntas inte vara bestående (Rydberg Krahl et. al. 2021).

I rapporten presenteras ett antal rekommendationer för arbetet 2022. Förslag som i något avseende berör recirkulering av material från bygg- och rivningsbranschen är:

- **Klimatkrav i markanvisningar:** Borås Stad behöver styra mot klimatoptimerad byggnation i markanvisningar och exploateringsavtal.
- **Klimatkrav på inköp:** Borås Stad behöver synliggöra inköpens klimatpåverkan för att kunna ställa skarpa klimatkrav i större upphandlingar.
- **Stödja cirkulära affärer:** Borås Stad behöver kartlägga möjligheterna att främja och stödja lokala cirkulära affärsmodeller. (ibid)

⁵ Intervju med Peter Krahl Rydberg, Energi- och klimatsamordnare på Borås Stad, den 26 april 2022.

Borås Stads miljömål

I Borås Stads miljömålsplan för 2018–2022 beskrivs staden som en ledande miljökommun med goda exempel på lokalt arbete som knyter an till Sveriges nationella miljömål och FN:s globala hållbarhetsmål. Stadens miljömål är uppdelade i fyra perspektiv med beskrivning av kommunens ambitioner och hur de relaterar till regionala, nationella och internationella mål inom samma område. Mål och etappmål med aktiviteter inom de fyra perspektiven samordnas och följs upp av ansvarig nämnd eller kommunalt bolag. Övergripande samordning och expertstöd står Miljöförvaltningen för.

Det tredje målet i miljöplanen: *Borås Stad bygger hållbart och skapar förutsättningar för en hälsosam livsmiljö*, beskriver att fysisk planering och exploatering ska bidra till långsiktig hållbar användning av mark och vatten. Klimatavtrycket från byggnader kan förutom lägre energianvändning i byggnader minska genom att bygga med material med liten klimatpåverkan.

Utdrag ur miljöplanen:

- **Etappmål 3a: Byggnationer och markentreprenader ska vara miljö- och hälsomässigt hållbara.**

Aktivitet: I markentreprenader och byggnationer ska använda material vara inom kategori A eller B endast i undantagsfall C inom SUNDA HUS databasen eller motsvarande.

Databasen SUNDA HUS innehåller en stor mängd produkter som är bedömda utifrån kemikalieinnehåll för att bidra till medvetna materialval inom bygg- och fastighetsbranschen. I kategori A finns produkter som har höga krav gällande farliga ämnen, där omnämns också produkter som *ger minimal belastning på naturresurser och mindre bidrag till deponibergen* (Sundahus u.å). Som etappmålet ovan nämner är det möjligt att välja produkter ur kategori B eller undantagsfall C där det saknas bestämmelser som berör recirkulering eller minskning av avfall.

Borås Stads miljöpolicy

Enligt Borås Stads styrdokument är en *policy* normerande och ska vara Borås Stads hållning. I miljöpolicy (2018) beskrivs stadens hörnpelare i verksamheten enligt 5 principer:

- **Kretsloppsprincipen.**
Vi väljer produkter som vi kan återanvända eller återvinna och ta om hand med minsta möjliga resursförbrukning.
- **Hushållningsprincipen.**
Vi använder råvaror, mark och energi så effektivt som möjligt.
- **Försiktighetsprincipen.**
Vi arbetar för att förebygga eller minska risker för skador på hälsan eller miljön.

- **Utbytesprincipen.**
Vi ersätter miljö- och hälsofarliga produkter, ämnen och metoder med mindre skadliga alternativ.
- **Kunskapskravet.**
Vi skaffar oss den kunskap som behövs för att skydda människors hälsa och miljö.

Klimatneutrala Borås 2030

Sedan hösten 2021 är Borås Stad med i klimatsatsningen *Klimatneutrala städer 2030* som är en del av innovationsprogrammet *Viable Cities*. Som en del i projektet ska ett klimatkontrakt tas fram årligen med syfte att driva på klimatomställningen. *Klokt klimatledarskap*, *Smart samskapande*, *Modig mobilitet* och *Bestående byggnation* är fyra fokusområden i projektet (Borås Stad 2021). Det första klimatkontraktet väntas komma i december senare i år säger Peter Krahl⁶, projektledare för Klimatneutrala Borås. Det är sannolikt så att återvinning kommer finnas med i fokusområdet *Bestående byggnation* men i nuläget osäkert på viken detaljnivå. Att möjliggöra för återvinning och återbruk kommer vara med, liksom val av material för att kunna optimera livslängden och driften av en byggnad över ett hundraårsperspektiv, att bygga med kvalitet säger Krahl.

Partners tillsammans med Borås Stad är Navet Science Center, Science Park Borås, Borås Energi och Miljö AB och Fristadbostäder AB. (Borås Stad 2021)

3.6 Branschinitiativ i byggsektorn

Branschorganisationen Byggföretagen ger regelbundet ut **Byggföretagens Resurs och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning** med syftet att förbättra material- och avfallshanteringen i bygg- och rivningsbranschen. Riktlinjerna ska fungera som branschnorm och som ett verktyg för att uppfylla avfallslagstiftning och möta samhällets förväntningar på ökad cirkularitet i branschen. Riktlinjerna omfattar specifikt hantering av avfall med avseende på återanvändning och återvinning (Byggföretagen 2021).

I riktlinjerna finns branschnormerande texter för:

- materialinventering inför rivning samt upphandling av inventering
- återanvändning, källsortering och avfallshantering samt upphandling av entreprenader vid rivning
- projektering, källsortering och avfallshantering samt upphandling av entreprenader vid byggproduktion.

Riksdagens beslut om netto noll utsläpp av växthusgaser till år 2045 har lett fram till att regeringsinitiativet Fossilfritt Sverige, där 22 olika branscher tagit fram färdplaner för att bli fossilfria eller klimatneutrala. **Färdplan för fossilfri konkurrenskraftig- bygg- och**

⁶ Intervju den 26 april 2022

anläggningssektor skrevs 2019 med målet att uppnå netto nollutsläpp av växthusgaser till år 2045 och en halvering av utsläppen 2030 (jämfört med 2015). Färdplanen innehåller uppmaningar till politiker och branschens aktörer (Fossilfritt Sverige u. å.).

Ett urval av uppmaningarna till riksdag och regering:

- skapa förutsättningar för transformering av basindustrin för att säkerställa klimatneutral cement och stål genom finansiering, riskdelning, innovationsstöd och styrmedel
- krav på att deklarerar byggnaders och anläggningars klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv
- livscykelperspektiv, samt på att klimatdeklarationer redovisas för byggprodukter som sätts på marknaden
- ändra reglerna för klassning av avfall, så att cirkulära affärsmodeller och en utökad återanvändning och återvinning av schaktmassor, bygg- och rivningsmaterial inte hindras utan tvärtom drivs på.

Uppmaningar till beställare:

- ställ krav på återanvändning av material om/när det är fördelaktigt ur ett livscykelperspektiv, till exempel vid renovering och masshantering

Uppmaningar till entreprenörer:

- utveckla skalbara produktionsmetoder som möjliggör användning av material med låg eller netto noll klimatpåverkan, ökad återanvändning och slutna materialflöden under nyproduktion, om- byggnad och rivning.

Bergmaterialindustrins färdplan ska driva på bergmaterialindustrins klimatomställning. 2030 ska utsläppen av växthusgaser vara halverat (jämfört med 2015) och helt fossilfritt till år 2045. För att uppnå målen ska produktionsprocessen elektrifieras, fossilfria drivmedel användas och återvinning och återanvändning ökas (Fossilfritt Sverige u.å.).

Färdplan cement, för ett klimatneutralt betongbyggande och **Betongbranschens Färdplan** är sammanlänkade med mål om att nå en halverad klimatpåverkan för betong till husbyggnation 2023, att det ska finnas klimatneutral betong på marknaden 2030 och att all betong i Sverige ska vara klimatneutral 2045 (ibid).

3.7 Miljöcertifieringssystem

Inom ett flertal av de miljöcertifieringssystem som tillämpas för byggnader och anläggningar finns kriterier som kopplar till avfallshantering och användning av återvunna material.

Miljöbyggnad är ett svenskt miljöklassningssystem av byggnader och baseras på bygg- och myndighetsregler och svensk byggpraxis. Inom Miljöbyggnad finns kriterier för att minska avfallsmängder, mängden farligt avfall och kriterier för att lokalisera farligt avfall. Dock inga direkta kriterier för hur avfall ska hanteras (Byggföretagen 2019)

BREEAM är en brittisk certifiering med den svenska versionen BREEAM-SE. Certifieringen hanterar kommersiella byggnader. I den svenska versionen finns ett eget kapitel om avfall som viktas till 8 % av den totala bedömningen, inom certifieringen finns också kriterier om livscykelanalyser vid materialval (Sweden Green Building Council u.å).

LEED är ett amerikanskt miljöcertifieringssystem med ett flertal olika standarder. Översiktligt beskrivet finns det inom LEED ett poängsystem som i de flesta fall kan uppgå till drygt 100 poäng som mest, varav 10 poäng är direkt knutna till avfall, återvinning, återanvändning av stomme, material och inredning. Livscykelperspektiv för materialval kan få upp till 5 poäng (ibid).

Svanen är en nordisk miljömärkning med krav på avfallsplan, poängsättning för dokumentation av byggavfall. Ingen poängsättning kopplat till återbrukat material eller återvinning.

3.8 Teknisk bearbetning av avfall

Nedan följer en kort beskrivning av recirkulering av tegel och betong, de materialslag som kan bli aktuella för återbruk och återvinning i kvarteret Västerbro.

3.8.1 Tegel

En nyproducerad tegelsten släpper omkring 0,5 kg CO₂ till atmosfären och är ett av de byggmaterial som har störst klimatpåverkan per ton, främst på grund av den höga temperaturen som krävs vid tillverkningsprocessen. I relation till det har tegel mycket lång livslängd. Återbrukat tegel sparar 96 % av klimatpåverkan jämfört med nytillverkat tegel. Bruksspecialisten uppskattar att nyproducerat tegel behöver användas i 150 år innan det anses vara ett hållbart byggmaterial, vilket pekar på vikten av att använda rätt typ av murbruk som möjliggör framtida återvinning av nya tegelfasader. (Liedman, Hussain & Muslem 2021). För att ta vara på teglet vid en rivning behöver rivningsentreprenören utföra en selektiv rivning där tegelmassorna separeras från övrigt material. Stenarna kan exempelvis brytas loss, bilas loss och vältas, lyftas ned i större sjök eller skopas ner (Persson-Engberg, Sigfrid, Torring 1999).

Bruksspecialisten har sedan 2021 en återbruksproduktion där gamla tegelstenar rensas och sorteras. Det återbrukade teglet kvalitetskontrolleras, frostskyddsgodkänns och CE-märks med samma garantier som ny tillverkat tegel. Rivningsteglets ursprung följs genom hela produktionen och teglet kan köpas tillbaka av samma fastighetsägare, mellanlagras under en tid eller säljas från eget lager till en ny kund (Bruksspecialisten u.å.). Fasader från slutet av 1800-tal till mitten av 1960-tal är ofta murade med kalkbruk eller svagt cement-kalkbruk. Murbruket som använts senare har generellt en hög cementandel i förhållande till teglets tryckhållfasthet vilket ökar vidhäftningen mellan bruk och sten och försvårar separering och påverkar mängden återbrukbara tegelstenar. (ibid.)

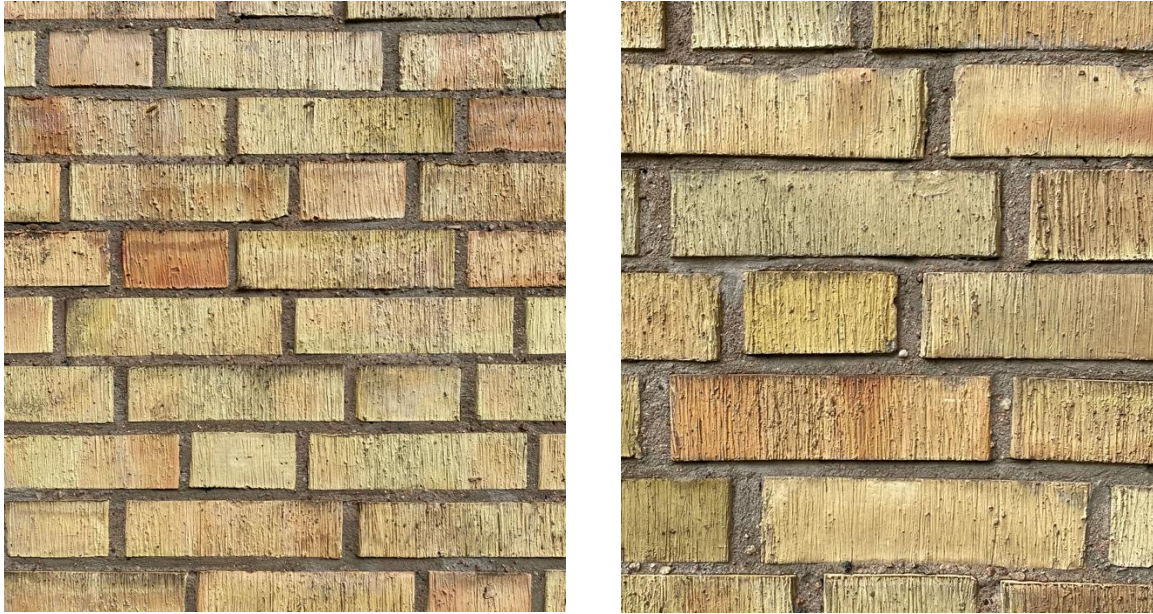
Lendager group i Danmark har genom att såga ut hela stycken ur tegelfasader lyckats återbruka tegel som inte gått att separera sten för sten på grund av för hårt cementbruk. Styckena har gjutits ihop till större fasadplattor och bildar ett lapptäcke av olika färger och tegelsorter. I projektet Resource Rows beräknas den här tekniken ha minskat utsläppen med 84 % från fasaden (Strand Nylin & Åfreds 2022).

Helsingborgshem rev under 2020 tre flerfamiljshus från 1968, för att ge plats åt ett nytt kvarter- Stadskvarteret⁷. I projektet har man jobbat med många återbruk ur flera perspektiv som en läroprocess för att kunna återbruka i större skala i framtiden. I projektet har delar av tegelfasaderna skurits ut i block om 0,25 x 0,25 meter. Resterande tegel har rivits traditionellt med skopa och rensats för att sedan användas i ett annat projekt inom organisationen. En kombination av tegelblock och nya tegelstenar kommer mönstermuras upp på Stadskvarterets nya fasader under 2022–2023. Här har teglet inte integrerats i ett prefabelement. Erfarenheten från rivningen menar Helsingborgshems miljö- och klimatansvarige har varit att i första hand riva traditionellt med skopa, att såga ut block anser hon kunna vara ett alternativ men fördyrande och mer tidskrävande. Sågklingor behöver bytas ofta vilket kan påverka kostnad och tid negativt. Kostnaden för projektet kan utvärderas först när det är klart, då block och tegel har murats på de nya fasaderna. Återbrukstesterna var en idé som beslöts om efter upphandling av rivnings- och byggprojekt och den rivare som användes var sedan tidigare avtalad med entreprenören berättar hon.

Teglet från Västerbro

Bruksspecialisten har gjort en inledande provrapport av teglet från fasader och innerväggar på lagerbyggnaden. Stenen ligger på gränsen mellan att klassas som F2/F1 där F2 är en fasadsten som klarar ett tuffare klimat. Stenen är av typen strängpressat håltegel (figur 8) och har en tryckhållfasthet på 27 MPa, murbruket är cementbaserat. Bruksspecialisten bedömer att återbrukspotentialen är 70–75 % under förutsättning att skadade stenar sågas ned till koppsten för att återbrukas i olika murförband (Hansson 2022).

⁷ Intervju med miljö- och klimatansvarig på Helsingborgshem 18 maj 2022



Figur 8. Det strängpressade hålteget på lagerbyggnadens fasad

3.8.2 Betong

I Sverige återvinns betongavfall till största del till ett lägre värde än ursprunget. Det sker en downcycling (värdeminskning) från byggnadsmaterial till täckmaterial på deponier eller som ersättning för natursten och grus vid vägbyggnad (Sadagopan, Malaga & Nagy 2017, Johansson et al. 2017). Vid återvinningsförfarandet krossas betongen och armeringsjärn frigörs. Materialen separeras med hjälp av magneter. Armering går till återvinning och betongen krossas till olika fraktioner efter samma principer då bergkross tas fram. Krosset behandlas mekaniskt, frigörs från cement och skickas på så sätt tillbaka till sitt ursprungsstadium som ballast för att därefter kunna återbrukas i ny betong. På så sätt blir inte betongavfallet sekundär råvara utan nya råvaror med samma egenskaper som vid den primära utvinningen. De tekniska kraven testas mot standarden för nya produkter (Nagy 2022).

Betongen från Västerbro

40 stycken borrhörnar har tagits ur bjälklag och pelare i lagerbyggnaden och undersökning av kvalitet och graden av karbonatisering pågår på forskningsinstitutet RICE i Borås.

3.8.3 Rivningsmetoder och objektorienterad resursanvändning

För att uppfylla kraven i plan- och bygglagen och miljöbalken krävs det att avfall som uppstår i byggprocessen eller vid rivning sorteras enligt Avfallsförordningen (se kap 3.2.2).

Konventionell rivning

Vid en konventionell rivning sorteras material i avfallsfraktioner enligt ”basnivå” och transporteras till återvinning. I fraktionen mineral kan material som betong, tegel, klinker, keramik och sten blandas. Konventionell rivningen kan utföras med hjälp av järnkula, genom sprängning etc. (Persson-Engberg, Sigfrid, Torring 1999).

Selektiv rivning

Selektiv rivning innebär att material demonteras, separeras och sorteras på platsen där rivningen sker. Målet är att möjliggöra återanvändning av material och att erhålla fler och rena fraktioner (Byggipedia u.å.). Vid en selektiv rivning av en tegelbyggnad kan cirka 70% av tegelstenarna återbrukas till skillnad mot 10 procent vid en konventionell rivning (Liedman et. al. 2021)

Objektorienterad selektiv rivning

Men en objektorienterad selektiv rivning sker recirkulering av material på samma plats där det rivs; lokal recirkulering. Där behovet för materialet är påvisat i nybygget på samma plats kan en end of waste process genomföras effektivt (Van Praagh et. al. 2020). Kostnaderna med selektiv rivning kan eventuellt kompenseras med kortare transportsträckor. (Nagy 2022)

4. LIVSCYKELANALYS AV ETT FASADELEMENT

Följande avsnitt presenterar en Livscykelanalys över fem alternativa fasadelement med olika mängd inblandning av recirkulerat material som skulle kunna tas om hand från rivningen av lagerbyggnaden på Västerbro. Exploatörens önskan är att riva lagerbyggnaden för att kunna uppföra nya byggnader på samma plats. Målet med analysen är att peka på skillnader i utfallet av en konventionell rivning, där lokal recirkulering av material inte blir aktuell, med en selektiv rivning där material kan omhändertas för att recirkuleras i det nya kvarteret. Analysen visar på uppskattade värden för klimatpåverkan från olika alternativ av lokal recirkulering och kan läsas som en förstudie till fördjupade beräkningar. Livscykelanalysen ska kunna läsas separat varpå känslighetsanalys och slutsats för beräkningen inkluderat i kapitel 4.

Livscykelanalys av fasadelement i kvarteret Västerbro

Målbeskrivning och omfattning

Första fasen i livscykelanalysen beskrivs nedan.

Målbeskrivning

Målet med den här LCA-studien är att jämföra klimatpåverkan mellan olika fasadelement där ett av elementen består av 100% primär råvara och övriga med olika grad av inblandning av recirkulerat material från lagerbyggnaden på Västerbro. Analysen är en jämförandestudie.

Studien söker svar på:

- Fasadelements estimerade klimatpåverkan från vägga till grind (A1-A3) från alla alternativen.
- Vilket av alternativen som har lägst klimatpåverkan.

Funktionell enhet

Valet av funktionell enhet är 1m² fasadelement, tjocklek ca 320 mm.

Egenskaper, bärformåga och brandsäkerhet förutsätts vara likartade och uppfyller därför jämförbar funktion. Utöver ovan nämnda funktioner har fasadelementet en ytfunktion, varpå 1 m² som funktionell enhet är möjlig att tillämpa.

Systemgräns

Studien avser klimatpåverkan från vägga till grind, A1-A3 av *byggnadens livscykel*. Grind bestäms till tillverkning av fasadelementen på Strängbetongs anläggning i Örebro.

Antaganden

Antaganden som görs här har varit nödvändiga för att få en uppskattning av klimatpåverkan från de tillverkade fasadelementen.

- Klimatpåverkan från tillverkningen av fasadelementen antas i studien vara samma för alla alternativ.
- Transport från produktion i Örebro samt montering av prefab-elementen antas bidra till lika stor klimatpåverkan och lämnas därför utanför produktsystemet.

Miljöpåverkanskategorier

LCA- studien omfattar endast miljöpåverkanskategori:

- Klimatpåverkan (mäts i koldioxidekvivalenter (kg CO₂eq) GWP100)

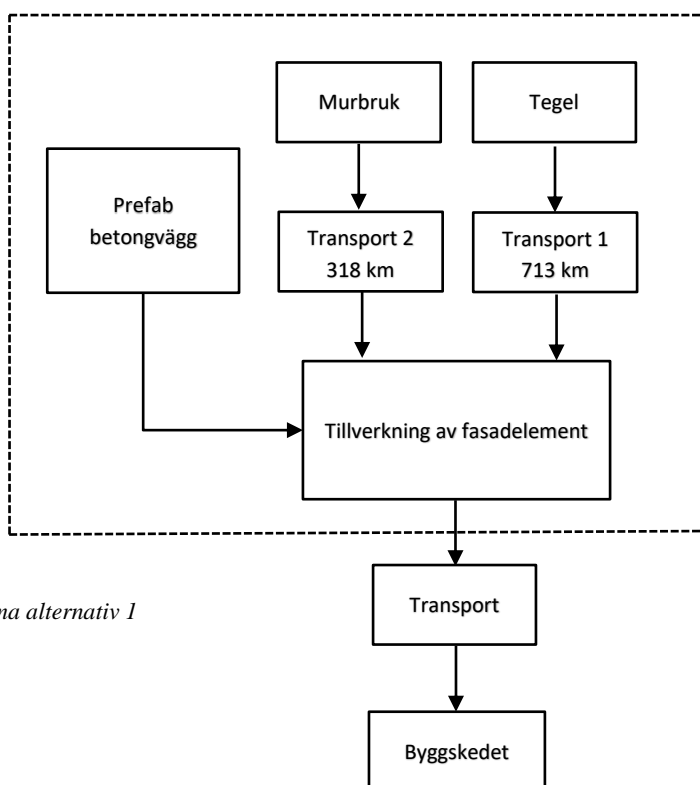
Livscykelinventeringsanalys

Nedan följer beskrivning av de olika alternativen som jämförs i analysen. Recirkulerat material markerat i gult.

ALTERNATIV 1

Första alternativet har enbart primära råvaror. Tillverkningen av fasadelementet görs i Örebro.

Flödesschema enligt figur 9.



Figur 9. Flödesschema alternativ 1

Datainsamling

Prefab betongvägg: efter telefonsamtal med Strängbetong, Örebro är det rimligt att anta att befintligt betongelement (Isolerade Betongväggar (VI)) med tillhörande EPD (NEPD-1998-882-SE) går att använda som grund vid tillverkning av fasadelement med inslag av tegel. Eftersom EPD:n för betongväggen innefattar A1-A3 är råvarutransporter till Örebro redan medräknade.

Murbruk: murmörtel Exakt, Dry Mortar Finja med tillhörande EPD (NEPD-1449-484-EN). Åtgång 65 kg/m^2 har beräknats utifrån åtgångstabell. Murbruket transporteras från lager i Oslo.

Tegel: ett gult håltegel från Egersund Wienerberger A/S i Danmark har valts för att efterlikna befintligt tegel från Västerbro. Teglet Less produceras med certifierad biogas och certifierad grön elektricitet, och har en lägre GWP än flertalet likvärdiga produkter. EPD för teglet enligt MD-21062_EN.

Transporter: klimatpåverkan för transporter är hämtade från EPD och beräknade utifrån gällande avstånd. Se tabell 1–4 för sammanställda indata för transporter i alla scenarier. För alla transporter gäller tom retur.

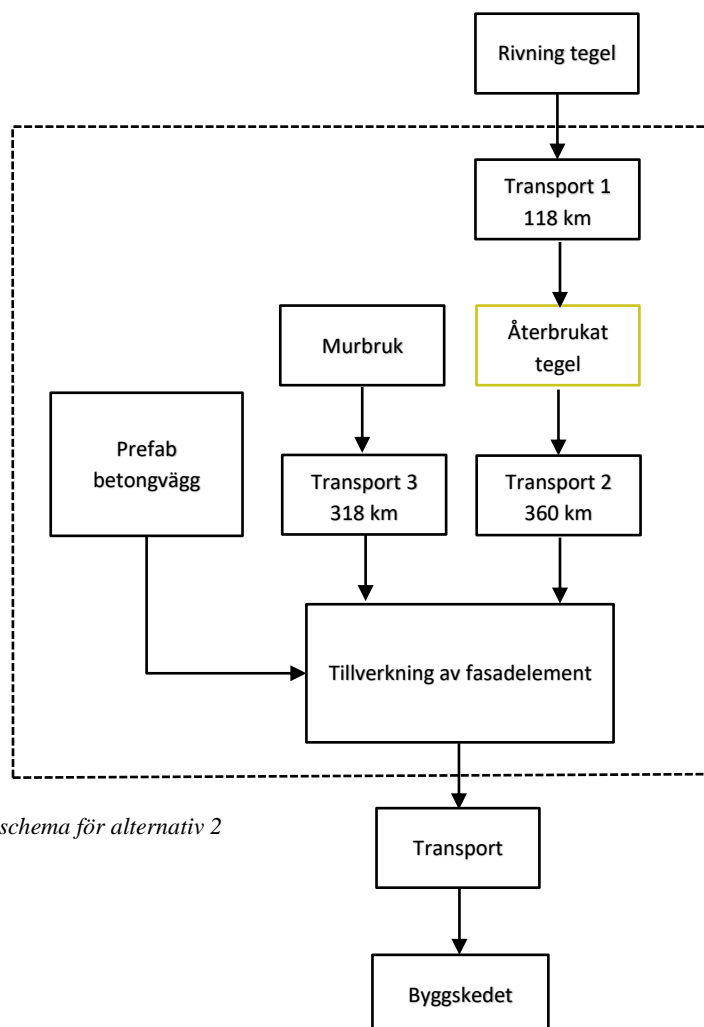
Tabell 1. Transporter alternativ 1

Transporter	Avstånd (km)	Inflöde (ton/m ²)
Transport 1 (Egersund- Örebro)	713	0,1643
Transport 2 (Oslo- Örebro)	318	0,065

ALTERNATIV 2

Fasadelement med inslag av recirkulerat tegel från Västerbro. Övriga material primära råvaror.

Flödesschema enligt figur 10.



Figur 10. Flödesschema för alternativ 2

Datainsamling

Prefab betongvägg: enligt alt 1; isolerad Betongvägg VI, NEPD-1998-882-SE

Tegel: återbrukat tegel från lagerbyggnad på Västerbro. Återbruks-produktionen sker i Falkenberg på Bruksspecialistens produktionsanläggning. Enligt samtal med Bruksspecialisten kan EPD för återbrukat tegelsten från Gamle mursten antas vara likvärdig den Bruksspecialistens skulle ha för sin produktion. EPD som används här är MD-16007-EN. Beräknat 55 tegelstenar/ m² med medelvikt 2,22 kg/sten.

Teglet från rivningen fraktas till Bruksspecialistens återbruksproduktion i Falkenberg. För att producera 55 tegelstenar beräknas inflöde till transport med spillfaktor 25 % för krossade stenar samt 65 kg för estimerat befintligt murbruk. $(1 / (1 - 0,35)) \times 0,1221 + 0,065 = 0,253$ ton.

Murbruk: Enligt alt 1.

Tabell 2. Transporter alternativ 2

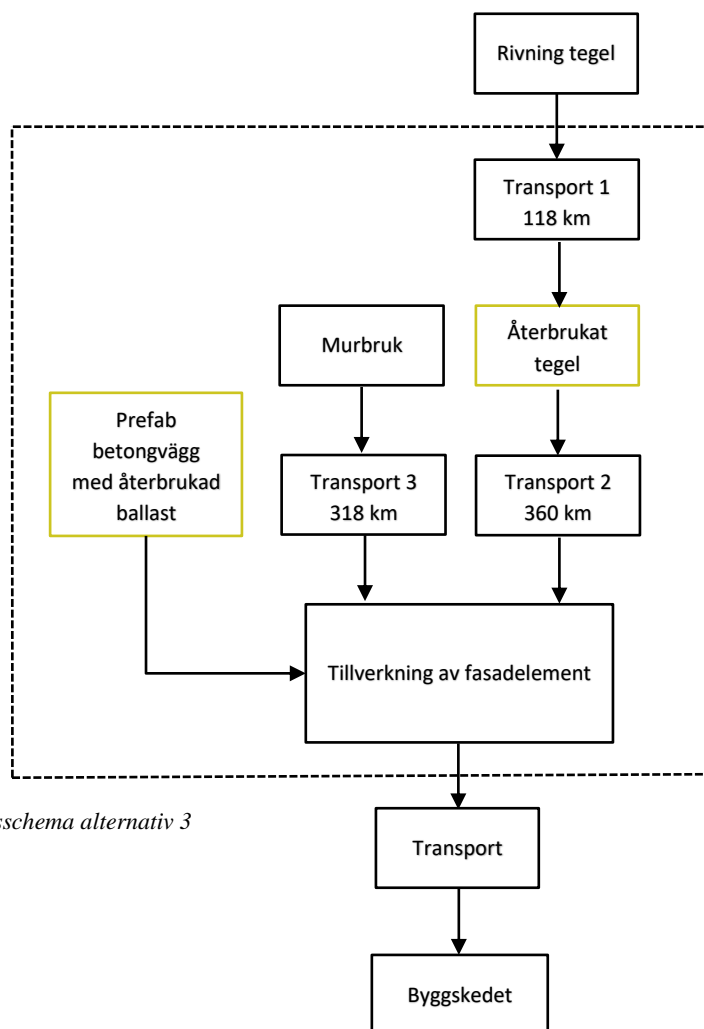
Transport	Avstånd (km)	Inflöde (ton/m ²)
Transport 1 (Borås-Falkenberg)	118	0,228
Transport 2 (Falkenberg- Örebro)	360	0,122
Transport 3 (Oslo- Örebro)	318	0,065

ALTERNATIV 3

Fasadelement med inslag av recirkulerat tegel från Västerbro samt betong med återbrukad ballast från Västerbro.

Murbruk från primär råvara.

Flödesschema enligt figur 11.



Figur 11. Flödesschema alternativ 3

Datainsamling

Prefab betongvägg: i alt. 3 används befintlig prefabvägg som i alt. 2, men med återbrukad ballast. Enligt NEPD-1998-882-SE utgör klimatpåverkan GWP från transporten av alla ingående råmaterial 1,6 % av totalen. Eftersom ballasten utgör 76 % av betongväggens totala vikt och antas levereras från närliggande bergtäkt i Örebro kan det vara rimligt att anta att transport mellan Borås- Örebro (252 km) kommer generera ett högre GWP för transporten. Antar en ökning med 76 % av transportens totala klimatpåverkan och adderar till GWP för betongväggen.

Tegel: återbrukat enligt alt 2.

Murbruk: enligt alt 1.

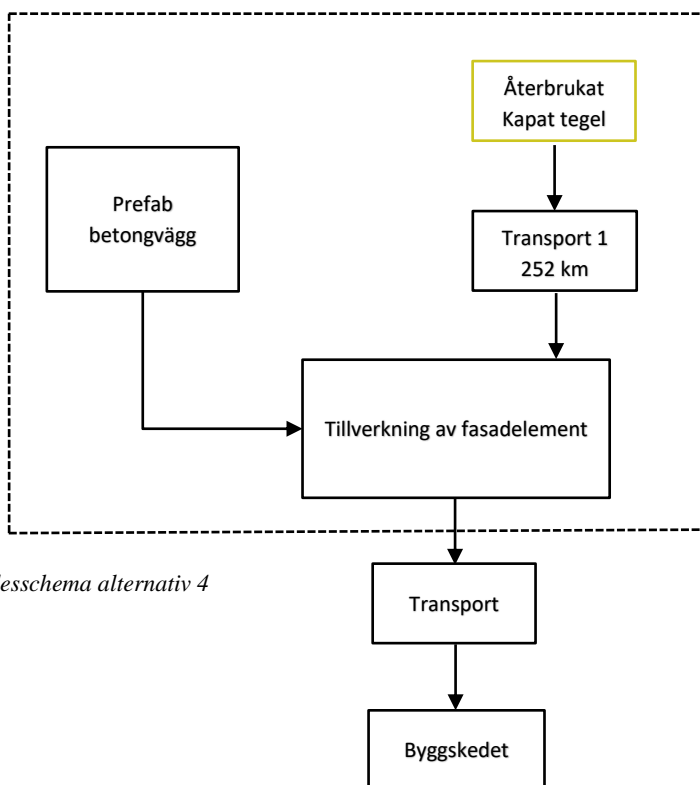
Tabell 3. Transporter alternativ 3

Transport	Avstånd (km)	Inflöde (ton/ m ²)
Transport 1 (Borås-Falkenberg)	118	0,228
Transport 1 (Falkenberg-Örebro)	360	0,1221
Transport 2 (Oslo-Örebro)	318	0,065

Alternativ 4

Fasadelement med inslag av recirkulerat kapat tegel från Västerbro samt prefab betongvägg med primär råvara.

Flödesschema enligt figur 12.



Figur 12. Flödesschema alternativ 4

Datainsamling

Prefab betongvägg: enligt alt 1; isolerad Betongvägg VI, NEPD-1998-882-SE

Tegel: i alt. 4 avser kapat tegel en utskuren modul 1x1 m. Modulen är sammansatt av tegel och murbruk från befintlig lagerbyggnad på Västerbro. Teglet beskrivs ingående i alternativ 2. Antaget GWP för modulen enligt beräkningar av Lendager group (2020).

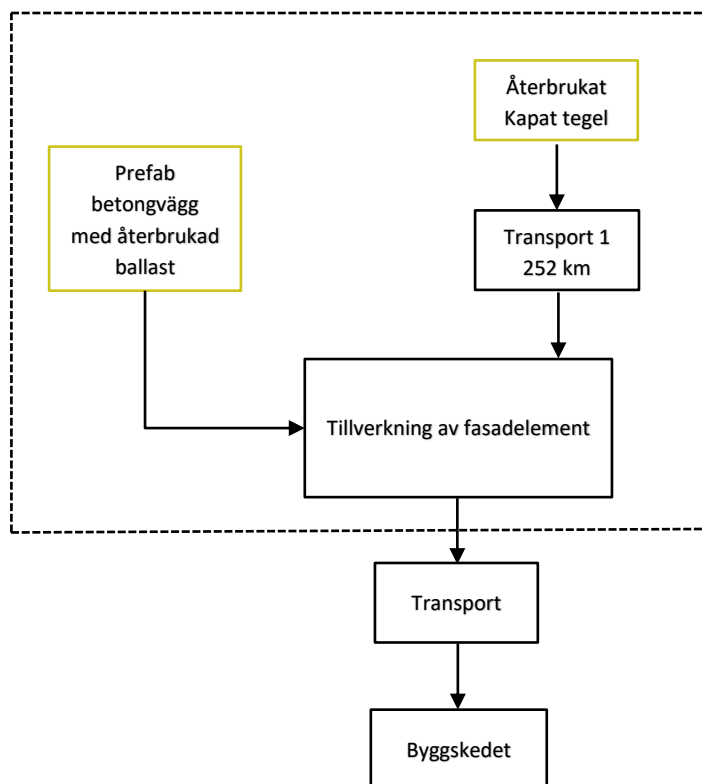
Tabell 4. Transporter alternativ 4

Transport	Avstånd (km)	Inflöde (ton/ m ²)
Transport 1 (Borås- Örebro)	252	0,187

ALTERNATIV 5

Fasadelement med inslag av recirkulerat tegel från Västerbro samt betong med återbrukad ballast från Västerbro.

Flödesschema enligt figur 13.



Figur 13. Flödesschema alternativ 5

Datainsamling

Tegel: i alt 4 avser kapat tegel en utskuren modul 1x1 m. Modulen är sammansatt av tegel och murbruk från befintlig lagerbyggnad på Västerbro. Kvalitet på teglet enligt datainsamling för alternativ 2. Antaget GWP för modulen enligt beräkningar av Lendager group (2020).

Prefab betongvägg: enligt tidigare.

Tabell 5. Transporter alternativ 5

Transport	Avstånd (km)	Inflöde (ton/ m ²)
Transport 1	252	0,187

Miljöpåverkansbedömning

Redovisning av klimatpåverkan för alternativen redovisas i tabell 6–10. Klimatpåverkan för råvaror och transporter fås genom EPD: er, samt resultat för liknande projekt (se avsnittet för känslighetsanalys). Funktionell enhet är satt till 1 m²
Beräkningar enligt nedan.

- Klimatpåverkan för modulerna A1, A2_{betongvägg}, A3 beräknas enligt formel (1).

$$\frac{\text{Klimatpåverkan}}{f.e} = \text{Klimatpåverkan} \times \frac{\text{inflöde}}{f.e} \quad \left[\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}}{\text{ton}} \times \frac{\text{ton}}{f.e} \right] \quad (1)$$

- Klimatpåverkan för modul A2 fås av formel (2)

$$\frac{\text{Klimatpåverkan}}{f.e} = \text{Klimatpåverkan} \times \frac{\text{inflöde}}{f.e} \times \text{avstånd} \quad \left[\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}}{\text{ton}} \times \frac{\text{ton}}{f.e} \times \text{km} \right] \quad (2)$$

- Den totala klimatpåverkan för varje alternativ fås genom att summera beräkning 1 och 2.

Tabell 6. Sammanställning klimatpåverkan, alt 1

ALTERNATIV 1 RÅVAROR	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ ton)	Inflöde (ton/ m ²)		Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ m ²)
Betongvägg (VI) NEPD-1998-882-SE (A1-A3)	166	0,503		83,50
Ny tegelsten, MD-21062_EN (A1)	118,47	0,164		19,43
Murmörtel Exakt, NEPD-1449-484-EN (A1)	199	0,065		12,94
TRANSPORT	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ ton/ km)	Inflöde (ton/ m ²)	Avstånd (km)	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ m ²)
Transport 1 (A2)	0,065	0,1643	713	7,59
Transport 2 (A4)	0,054	0,065	318	1,11
total:				124,56

Tabell 7. Sammanställning klimatpåverkan, alt 2

ALTERNATIV 2 RÅVAROR	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ ton)	Inflöde (ton/ m ²)		Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ m ²)
Betongvägg (VI) NEPD-1998-882-SE (A1-A3)	166	0,503		83,50
Återbrukad tegelsten MD-16007-EN (A1)	2,7	0,122		0,33
Murmörtel Exakt, NEPD-1449-484-EN (A1)	199	0,065		12,94
TRANSPORT	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ ton/ km)	Inflöde (ton/ m ²)	Avstånd (km)	Klimatpåverkan (GWP100 kg CO ₂ eq/ m ²)
Transport 1 (A2)	0,059	0,228	118	1,59
Transport 2 (A2)	0,059	0,122	360	2,59
Transport 3 (A4)	0,054	0,065	318	1,11
			total:	102,05

Tabell 8. Sammanställning klimatpåverkan, alt 3

ALTERNATIV 3 RÅVAROR	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ ton)	Inflöde (ton/ m ²)		Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ m ²)
Betongvägg (VI) NEPD-1998-882-SE, återbrukad ballast (A1-A3)	169,5	0,503		85,25
Återbrukad tegelsten MD-16007-EN (A1)	2,70	0,122		0,33
Murmörtel Exakt, NEPD-1449-484-EN (A1)	199	0,065		12,94
TRANSPORT	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ ton/ km)	Inflöde (ton/ m ²)	Avstånd (km)	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ m ²)
Transport 1 (A2)	0,059	0,228	118	1,59
Transport 1 (A2)	0,059	0,122	360	2,59
Transport 2 (A2)	0,054	0,065	318	1,11
			total:	103,80

Tabell 9. Sammanställning klimatpåverkan, alt 4

ALTERNATIV 4 RÅVAROR	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ ton)	Inflöde (ton/ m ²)		Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ m ²)
Betongvägg (VI) NEPD-1998-882-SE (A1-A3)	166,0	0,503		83,50
Återbrukat kapat tegel (A1)		0,187		3,10
TRANSPORT	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ ton/ km)	Inflöde (ton/ m ²)	Avstånd (km)	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ m ²)
Transport 1 (A2)	0,059	0,187	252	2,78
			total:	89,38

Tabell 10. Sammanställning klimatpåverkan, alt 5

ALTERNATIV 5 RÅVAROR	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ ton)	Inflöde (ton/ m ²)		Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ m ²)
Betongvägg (VI) NEPD-1998-882-SE, återbrukad ballast (A1-A3)	169,480	0,503		85,25
Återbrukat kapat tegel (A1)		0,187		3,10
TRANSPORT	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ ton/ km)	Inflöde (ton/ m ²)	Avstånd (km)	Klimatpåverkan (GWP kg CO ₂ eq/ m ²)
Transport 1 (A2)	0,059	0,187	252	2,78
total:				91,13

Sammanställning av det totala resultatet

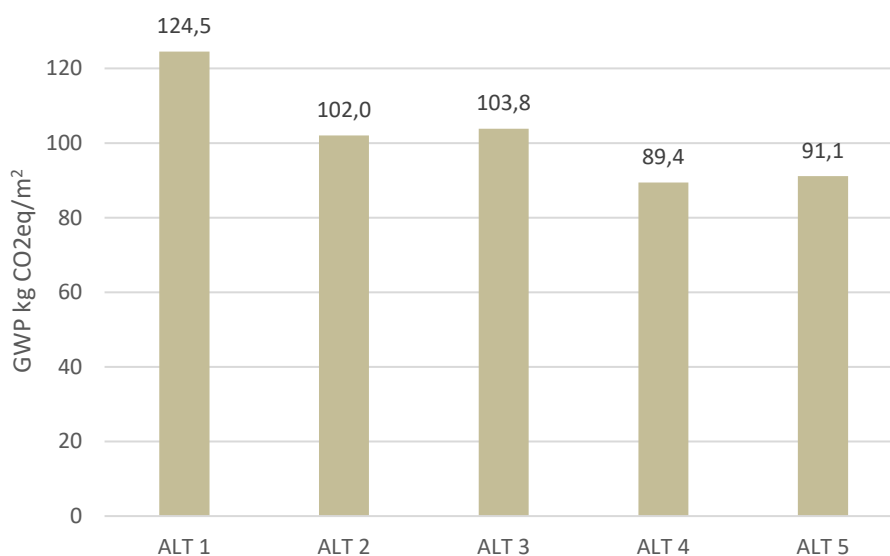
Jämförelse mellan de 5 fasadelementens klimatpåverkan redovisas i tabell 11 nedan.

Tabell 11. Sammanställning av GWP för alla alternativ

SAMMANSTÄLLNING	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4	ALT 5
	Primär råvara	Återbrukad tegelsten	Återbrukad tegelsten, Återvunnen ballast	Återbrukat kapat tegel	Återbrukat kapat tegel, Återvunnen ballast
GWP kg CO ₂ eq/ m ²	124,56	102,05	103,80	89,38	91,13

Tolkning, känslighetsanalys

Diagrammet nedan (figur 14) visar på lägst klimatpåverkan från alternativ 4 med kapat tegel. Störst klimatpåverkan fås av fasadelementet med 100% primära råvaror.



Figur 14. Diagram över fasadelementens klimatpåverkan

I beräkningarna av fasadelementen ingår ett befintligt betongväggselement med tillhörande EPD (NEPD-1998-882-SE). Enligt tillverkaren så skulle den produkten kunna utgöra basen i ett fasadelement med tillägg av tegel. Tillverkaren, Strängbetong har tidigare konstruerat prefabricerade fasadelement med liknande bakomliggande betongvägg med fastgjutet återbrukat tegel, men då med halva tegelstenar. (personlig kontakt 26 april, 2022). För att kunna jämföra alternativ med både lösa tegelstenar och kapade hela tegelstycken, togs beslutet att räkna på hela tegelstenar i alla scenarier.

LCI-datan för tillverkning av fasadelementen utgår från betongväggens EPD, vilket betyder att ytterligare processer med tegelhantering vid ingjutning av teglet inte är medräknat i något av scenarierna.

LCI-datan är en sammanslagning av EPD-er och beräknade resultat från liknande projekt (med återbrukat kapat tegel), det senare utan tillgång till fullt transparenta beräkningar varför tillförlitligheten kan ifrågasättas.

Indata och beräkningar visas i sin helhet för god transparens och möjlighet att analysera indatans riktighet.

Slutsats av livscykelanalysen

Resultatet indikerar att fasadelement med kapat tegel ger lägst klimatpåverkan. Det ska påpekas att valet av material-leverantörer har valts utifrån att det funnits tillgängliga EPD-er, vilket betyder att beräkningar med andra material kan visa på andra resultat.

5. RESULTAT

Resultatet presenteras utifrån studiens tre frågeställningar:

- Vilka regler och incitament styr recirkulering av bygg-och rivningsmaterial idag?

För att besvara frågan visar nedan tabeller (12 och 13) en översiktlig bild av hur kravställan ser ut i lagstiftning, regionala- och kommunala satsningar och från branschinitiativ. Tabellen har sitt ursprung i den teoretiska referensramen och när det gäller de kommunala satsningarna också med stöd ifrån intervju med energi- och klimatrådgivare på Borås Stad.

Tabell 12. Kravställan om recirkulering av rivningsavfall inom lagstiftningen

			SÄGER SPECIFIKT OM ÅTERVINNING/ ÅTERBRUK AV RIVNINGSAVFALL	TVINGANDE OM RECIRKULERING AV RIVNINGSMATERIAL
LAGSTIFTNING	Miljöbalken	Avfallsförordningen	KRAV PÅ VISS SORTERING SOM FÖRBEREDELSE FÖR ÅTERVINNING, DEPONI MÖJLIG	NEJ
		2 kap Allmänna hänsynsregler	SKA HUSHÅLLA MED RÅVAROR OCH ENERGI, UTNYTTJA MÖJLIGHETERNA TILL ATT ÅTERVINNA AVFALL	NEJ
		15 kap 9 § När avfall upphör att vara avfall (End of waste)	KRAV PÅ EFTERFRÅGAN AV DEN RECIRKULERADE PRODUKTEN FÖR ATT FÅ ÅTERVINNA	NEJ
		15 kap 10 §	BORTSKAFFAS OM DET ÄR LÄMPLIGARE ÄN ÅTERVINNING ELLER FÖRBEREDELSE TILL ÅTERVINNING	NEJ
		15 kap 11 §	AVSER HANTERING AV FARLIGT AVFALL FÖR ATT INTE ORSAKA SKADA PÅ HÄLSA ELLER MILJÖ	NEJ
	Plan- och bygglagen	Översiktsplan	KAN NYTTJAS SOM VÄGLEDNING FÖR KOMMUNENS LOKALA MILJÖMÅL, EJ SPECIFIKT OM ÅTERVINNING	NEJ
		Detaljplan	X	NEJ
		Exploateringsavtal	X	NEJ
		Markanvisningsavtal	X	NEJ
		Avfallsplan	STÄLLA KRAV I UPPHANDLINGSSKEDET OM MÖJLIGT. AVSER KOMMUNENS VERKSAMHET	NEJ
		Rivningslov	KRAV PÅ ATT BESKRIVA HUR MAN AVSER MATERIALÅTERVINNA, INGA KRAV	NEJ
		Etappmål	ÅLAGDA ATT UPPNÅ ETAPPMÅL OM ÖKAD ÅTERVINNING OM 70 % AV BYGG- OCH RIVNINGSAVFALL 2020. EJ UPPNÅTT. FRAMFLYTAT TILL 2025	EJ SKARPA KRAV IMPLEMENTERADE I PBL
		Klimatdeklaration	REDOVISNING AV KLIMATPÅVERKAN, INGA KRAV PÅ ÅTERVINNING	NEJ

Tabell 13. Kravställan om recirkulering av rivningsavfall inom region, kommun och bransch

		SÄGER SPECIFIKT OM ÅTERVINNING/ ÅTERBRUK AV RIVNINGSAVFALL	TVINGANDE OM RECIRKULERING AV RIVNINGSMATERIAL
REGIONALA OCH KOMMUNALA SATSNINGAR	Klimat 2030- Västra Götaland ställer om	INVENTERA POTENTIAL FÖR ÅTERBRUK	NEJ
	Borås Stads miljömål	MATERIALKRAV I BYGGNATIONER, KATEGORI B SUNDA HUS MÖJLIGGÖR ATT KRINGGÅ RECIRKULERING	NEJ
	Borås Stads miljöpolicy	HUSHÅLLNINGSPRINCIP, INGEN KRAVSTÄLLAN	NEJ
	Klimatneutrala Borås 2030	KLIMATKONTRAKT EV MED KRAV OM MÖJLIGGÖRANDE FÖR ÅTERVINNING I NYBYGGNATION	NEJ
BRANSCHINITIATIV	Byggföretagens Resurs och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning	UPPMANINGAR OM KRAV TILL BESTÄLLARE	NEJ
	Färdplaner	MÅL OM KLIMATNEUTRALITET 2045	NEJ

Projektarbetet i *Byggnader för cirkulära flöden* har under april och maj 2022 kretsat kring att formulera frågan för projektet och ringa in vad projektarbetet ska leda till, varför och på vilket sätt. Anteckningar från deltagarobservationer och workshop har bidragit till studiens 2 övriga frågeställningar som presenteras nedan.

Examensarbetets andra frågeställning:

- Hur ser förutsättningarna ut för att rivningsavfall från befintlig lagerbyggnad kan övergå till recirkulerad ny råvara?

Huvudfokus i visionerna kring att återbruka material från befintlig lagerbyggnad har kretsat kring tegel och betong. Tabell 14 visar på en samlad översikt av återvinningspotentialen för det mineraliska avfallet från stommen med stöd i tidigare forskning och expertis samt beräkningar, som refereras till direkt i tabellen.

Tabell 14. Återvinningspotential stommen

ÅTERVINNINGSPROCENT AV MINERALISKT AVFALL FRÅN STOMMEN				
SELEKTIV RIVNING				KONVENTIONELL RIVNING
Betong	Kapade fasaddelar i tegel	Tegel med cementbruk	Mineralsikt avfall	
70% av all betongkross som ny ballast (Silka 2005)	90 % (Gustafsson 2019)	75% av tegel som nytt tegel (Bruksspecialisten 2022)	70 % blandat mineraliskt avfall (Liedman 2021, Engelsen 2005)	
30 % av all cementpasta som ny kalksten (Silka 2005)	10 % som spill tegelkross (Gustafsson 2019)	25% som spill i form av tegelkross (Bruksspecialisten 2022)	10 % som nytt tegel (Liedman 2021, Engelsen 2005)	
ÅTERVINNINGSGRAD	70 % ny ballast 30 % ny kalksten	90 % ny råvara 10 % fyllnad	70–75 % ny råvara 25–30 % fyllnad	10 % nytt tegel 70 % fyllnad 20 % deponi
Kommentarer om Miljöpåverkan vid recirkulering av råvara till fasadelement i kvarteret Västerbro	LCA* visar att recirkulering av råvara minskar uttag av primär råvara med 73–82%/ m ² fasadelement Krossning jämförbar med konventionell brytning i fråga om växthusgasutsläpp.	Genom recirkulering av råvara fås ca 84% minskad klimatpåverkan (GWP) jämfört med nytt tegel	Genom recirkulering av råvara fås ca 32 % minskad klimatpåverkan jämfört med nytt tegel	

*Refererar till LCA-studien i det här examensarbetet

Den sista frågeställningen besvaras med hjälp av LCA-studien.

- Vilka positiva effekter avseende klimatpåverkan kan en objektorienterad selektiv rivning medföra jämfört med konventionell rivning?

I Livscykelanalysen beräknas klimatpåverkan från ett fasadelement där ingen hänsyn till återbruk har gjorts. Jämförelsevis beräknas klimatpåverkan från fem likvärdiga fasadelement med olika mängd inblandning av recirkulerat rivningsmaterial, som skulle kunna tillgängliggöras vid en selektiv rivning av den befintliga lagerbyggnaden på Västerbro. Lagerbyggnaden består av en stomme i betong med utvändig skalmur och invändiga utfackningsväggar i tegel. Fasadstenen är av typen strängpressat håltegel och med en uppskattad återvinningsgrad på 75% vid en selektiv rivning där stenarna rivs med skopa och maskinrensas på återbruksanläggning i Falkenberg. Vid en selektiv rivning där teglet tas tillvara genom att sågas ut i hela stycken ur fasaden kan återvinningsgraden uppgå till 90 %. Uppskattningsvis kan en konventionell rivning där mineraliskt avfall sorterar som en enhet enligt avfallsförordningens lägstanivå (blandning av betong, tegel, klinker, keramik och sten) generera 10 % återbrukbart tegel.

Genom att selektivt rensa ut betong ur den befintliga stommen och bjälklag finns en stor potential till återvinning, där en studie på Chalmers (Engelsen 2005) visar på en möjlig återvinningsgrad på 100%, då som fyllnadsmassa till störst del, en sådan återvinning medför att resurserna kliver ner ett steg i avfallshierarkin.

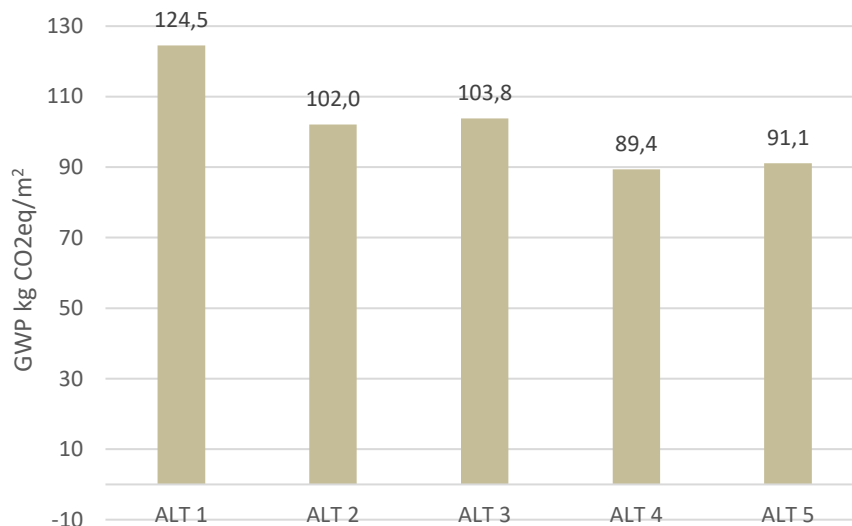
En återvinning av hög kvalitet kan möjliggöras genom att separera ballast och cementpasta, då kan beståndsdelarna nyttjas som ny råvara likvärdig primärt uttagna råvaror i fråga om tekniska egenskaper och funktion. När det gäller klimatpåverkan kan ett sådant förfarande likställas med utvinning av primära råvaror, vilket inte bidrar till minskade utsläpp av växthusgaser, dock minskar uttaget av primär råvara.

Sammanställningen i tabell 15 visar på en lägre klimatpåverkan från de alternativ där återbrukade råvaror ingår, störst minskning för de två fasadelement där återbrukat kapat tegel ingår.

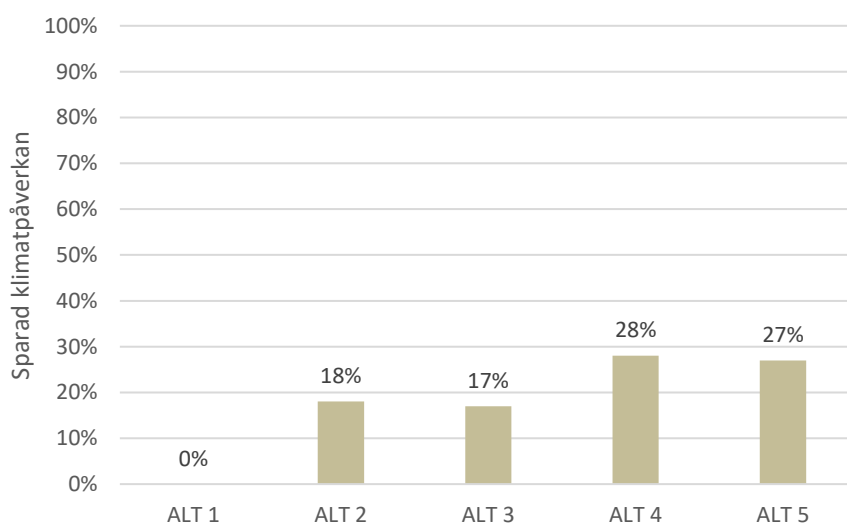
Tabell 15. Sammanställning av växthusgasutsläpp (klimatpåverkan) från studiens 5 fasadelement.

SAMMANSTÄLLNING	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4	ALT 5
	Primär råvara	Återbrukat tegelsten	Återbrukat tegelsten, Återvunnen ballast	Återbrukat kapat tegel	Återbrukat kapat tegel, Återvunnen ballast
GWP kg CO ₂ -eq/ m ²	124,56	102,05	103,80	89,38	91,13
% CO ₂ -eq sparad/ m ² fasadelement		18%	17%	28%	27%

Siffrorna från sammanställningen visas i figur 13 och 14 i diagramform.



Figur 13. Klimatpåverkan från fasadelementen

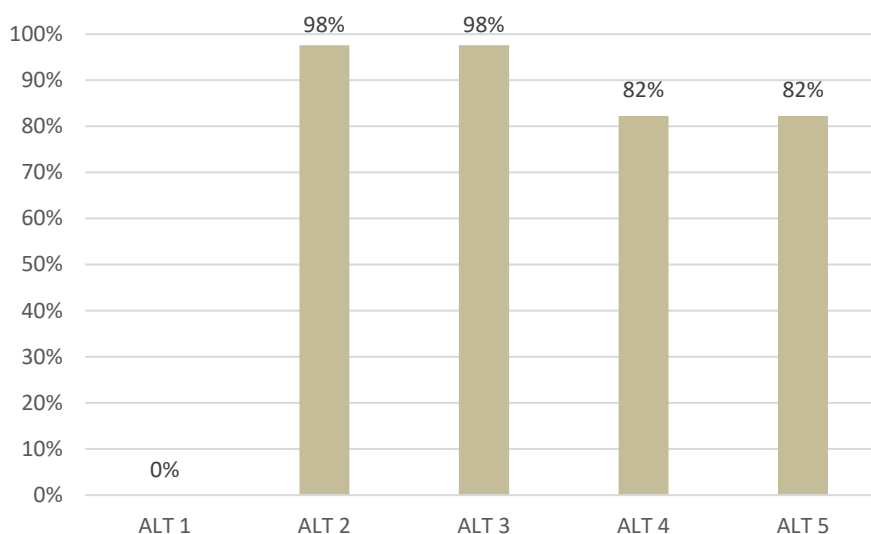


Figur 14. Sparad klimatpåverkan / m² fasadelement

Vid antaganden om recirkulering av 2500 m² tegelfasad skulle besparingar för alternativ 4 uppgå till 35 kg CO₂eq/ m². Vid selektiv rivning där tegel kapas ur befintlig fasad antogs återvinningsgraden uppgå till 90 % vilket ger en besparing av utsläpp enligt beräkningen $35 \times (0,9 \times 2500) = 63\,000\text{kg CO}_2\text{eq}$. Det motsvarar 7 personers konsumtionsbaserade växthusgasutsläpp för ett år i Sverige, som uppgår till ca 9 ton per person och år (Naturvårdsverket u.å b).

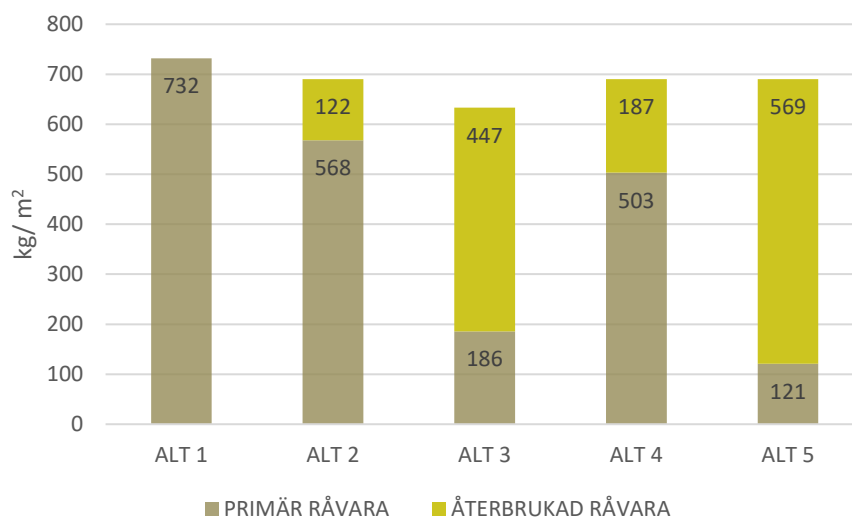
Vid selektiv rivning med skopa antogs återvinningsgraden uppgå till 75 %. Besparingen för fasadelement 2 uppgår till 22,5 kg/m². Vilket ger en besparing av utsläpp enligt beräkningen $22,5 \times (0,75 \times 2500) = 42\,188 \text{ kg CO}_2\text{eq}$ vilket motsvarar drygt 5 personers konsumtionsbaserade växthusgasutsläpp för ett år i Sverige.

Figur 15 visar hur mycket koldioxid som kan sparas vid val av återbrukat tegel som råvara. Här har hänsyn tagits till återbrukspotentialen på 70% återbrukade tegelstenar och 90 % för kapat tegel där spillfaktor på resterande tegel adderats som inflöde till den funktionella enheten.



Figur 15. Diagram över fasadelementens klimatpåverkan

Nedan diagram (figur 14) visar på viktfordelningen mellan primär och återbrukat råvara i fasadelementen.



Figur 14. Diagram över viktfordelning mellan primär och återbrukat råvara.

6. DISKUSSION OCH SLUTSATS

Studiens sammanställning över den lagstiftning som berör recirkulering av bygg- och rivningsmaterial visar på höga ambitioner att påskynda en omställning mot cirkulära materialflöden. Bygg- och rivningsbranschen är prioriterade flöden med stor potential till att minska resursutarmning och klimatpåverkan. Men det är också tydligt att lagar och regler ger en stor flexibilitet och att recirkulering av bygg- och rivningsmaterial till stor del bygger på frivillighet eller den enskilde aktörens vision och vilja om att bygga hållbart.

Resultatet av livscykelanalysen visar att återbruk av tegel och betong drastiskt minskar klimatpåverkan genom att undvika att producera nytt som i sin tur hade medfört stora CO₂-utsläpp. Livscykelanalysen uppskattar en minskad klimatpåverkan på 28% från fasad med återbrukat kapat tegel och minskat resursuttag upp mot 570 kg primär råvara/ m². Objektorienterad resursanvändning kan öka graden av upparbetning av avfall till ny råvara, mängden deponi blir mindre än vid konventionell rivning.

En objektorienterad lokal recirkuleringsprocess spar utsläpp från råvarutransporter som vanligtvis är en stor post i livscykelanalysen. Studiens livscykelanalys utgår från produktion av prefabelement på Strängbetongs anläggning i Örebro som fram till nyligen haft liknande produktion i Herrljunga. Utsläpp från transport kan ytterligare sänka klimatpåverkan genom att anlita lokal tillverkare av prefabelement.

Lendagers projekt Resource Rows med prefabricerade fasadelement har varit en stor inspirationskälla till livscykelanalysen. Sent under arbetets gång har andra perspektiv tillkommit från framför allt Helsingborgshems återbruksprojekt där utskurna tegelblock inte integreras i nya prefabelement utan kommer muras upp på plats. Hanteringen liknar mer traditionell murning och kan möjligtvis underlätta vid hantering. Dessutom kanske tekniken gör fasaden mer separerbar och förberedd för återbruk i framtiden. Kan vara intressant att följa upp projektet och utvärdera inför projektering av rivning och nybygge på Västerbro.

Med projektet *Framtidens kvarter* visar exploitörerna att man med Västerbro har en ambition att använda återbrukat rivningsmaterial i det nya kvarteret. I diskussioner pratar aktörerna om projektet som en innovationsplattform som ska generera erfarenhetsåterföring i kommande projekt, om nyskapande och att ligga i framkant när det gäller hållbara perspektiv. Man vill inspirera och driva branschen framåt och gynna regionen och Borås. Synligt återbrukat tegel kan berätta om det industrihistoriskt intressanta och viktiga textila arvet. Partnering med lokala aktörer bör kunna vara möjlig entreprenadform för en lokal recirkulering på Västerbro.

Några av slutsatserna från workshop inom ramen för Framtiden kvarter

- Industriell symbios mellan lokala aktörer kan vara en väg framåt för att upptäcka materialflöden i staden som kan nyttjas effektivt både i det nya kvarteret Västerbro och i andra sammanhang i staden eller regionen.

- Borås Stad är en nyckelfaktor i att skapa infrastruktur kring återbruksprojekt.
- Det ekonomiska perspektivet finns med och projektet måste ”gå ihop sig”, då skulle synligt återbruk i form av fasadkomponenter, dörrar och fönster kunna vara värdehöjande på så sätt att det motiverar en högre prislapp än nya produkter.
- Det finns logistiska fördelar med objektorienterad resursanvändning liksom att det recirkulerade materialet är spårbart till platsen för rivningen.
- Verifierad LCA av recirkulerat material kan vara en del i beslutsunderlag inför rivningsprojektering och kommer vara nödvändiga indata vid klimatdeklaration.

6.1 Felkällor

Livscykelanalysen ger en estimerad bild av klimatpåverkan från de beräknade fasadelementen. Indata för beräkningen bygger på antaganden om tillverkning och ingående material i fasadelementen, antaganden som är gjorda utifrån samtal med tillverkaren. Indata för klimatpåverkan från kapade tegelstycken kommer från Lendagers rapport *Sustainability upcycle studios & the resource rows* och är anpassade efter danska förhållanden och två specifika rivningsobjekt. För mer tillförlitliga indata för kapat tegel skulle beräkningen behöva anpassas efter rivning på Västerbro och utifrån specifik rivningsentreprenör.

6.2 Förslag på vidare studier

- Fördjupade studier kring hur recirkulerat byggmaterial implementeras i Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM) för klimatdeklarationer.
- Utveckla metod för implementering av recirkuleringsgraden av material i form av Circularity index (Kadawo 2022) i Byggsektorns miljöberäkningsverktyg.
- Studier om industriell symbios kring lokala recirkuleringsprojekt

7. REFERENSER

Akhimien, N.G., Latif, E. & Hou, S.S. (2021). Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. *Journal of Building Engineering* Vol 38, s.102041.

Baumann H., & Tillmann A-M. (2014) *The Hitch Hiker's guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Lund: Studentlitteratur

Boråsregionen (2021). *Mot en cirkulär och hållbar framtid. Gemensam avfallsplan 2021–2030*. Borås: Borås Stad

Borås Stad (2018). *Miljöpolicy för Borås Stad*.

<https://www.boras.se/download/18.2cf650bf161f34a669a23fae/1640161293383/Miljopolicy-policy.pdf>

Borås stad (2021). *Borås skriver på före en klimatneutral och hållbar stad 2030*. (Pressmeddelande från Borås stad 9 december 2021)

Bostäder i Borås (u.å.). *Om oss*. <https://bostader.boras.se/om-abbostader/vilka-ar-vi/> [2022-01-11]

Bostäder i Borås (2021) *Års- och hållbarhetsredovisning 2020*. Borås: AB Bostäder i Borås.

<https://www.boras.se/download/18.4c71f7651784aabb1da7a067/1617105802967/AB%20Bostader%20i%20Boras.pdf>

Boverket (2009). *Översiktsplanering för hållbar utveckling*. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2000/oversiktsplanering-for-hallbar-utveckling/> [2022-05-02]

Boverket (2017). *Lov och anmälan- rivningsavfall*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/rivningsavfall/allmant-om-rivningsavfall-och-avfallshantering/lov-och-anmalan---rivningsavfall/> [2022-04-04]

Boverket (2019a). *Vad visar en LCA*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/vad-visar-en-lca/> [2022-04-11]

Boverket (2019b). *Så här görs en LCA*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/sahar-gors-en-lca/> [2022-04-11]

Boverket (2020). *Kontrollansvarig- rivningsavfall*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/rivningsavfall/allmant-om-rivningsavfall-och-avfallshantering/kontrollansvarig/> [2022-04-04]

Boverket (2020 b). *Skapa infrastruktur för återvinning*. https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmannaintressen/hansyn/miljo_klimat/klimatpaverkan/resursanvandn/atervinning/ [2022-05-02]

Boverket (2020c). *Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader*.

<https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2020/utveckling-av-regler-om-klimatdeklaration-av-byggnader/> [2022-05-08]

Boverket (2021). *Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder av avfall*.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuellt-status/avfall/> [2022-03-28]

- Boverket (2022a) *Användning av allmän plats*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/planbestammelser/anvandning-av-allman-plats/> [2022-04-25]
- Bruksspecialisten (u.å.) *Vi startar upp egen produktion av återbrukat svenskt tegel!* <https://www.bruksspecialisten.se/vara-tjanster/aterbruk-av-tegel>. [2022-04-25]
- Bruksspecialisten (2022) [Internt material] Göteborg: Bruksspecialisten
- Byggföretagen (2021) *Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning Augusti 2021*. Stockholm: Byggföretagen
- Byggipedia (u.å.). *Selektiv rivning*. <https://byggipedia.se/selektiv-rivning/> [2022-04-25]
- CBD Secretariat (2021) *History of the convention*. Montreal: Biological Diversity, UN <https://www.cbd.int/> [2022-01-05]
- Eklund, M (2021). *Industriell och urban symbios- svaret på flera hållbarhetsutmaningar*. <https://www.youtube.com/watch?v=liRfajTupns> [2022-04-08]
- Ellen Macarthur Foundation (u.å.). *What is a circular economy?* <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview> [2022-03-15]
- Europeiska kommissionen (2019) *Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, rådet, Europeiska rådet, Europeiska ekonomiska och sociala kommittén samt regionkommittén, Den europeiska gröna given*, KOM (2019) 640 slutlig
- Fahlén, E., Sidenmark J., Löfås P. & Cusumano L., 2017. Design for deconstruction. Kartläggning av byggnadselement. SBUF ID: 133369. NCC
- Finansdepartementet (2018). *Handlingsplan 2030*. Stockholm: Regeringskansliet.
- Finansdepartementet (2022). *Uppdrag att utveckla arbetet med omställningen till en cirkulär ekonomi i byggsektorn*. Stockholm: Regeringskansliet. <https://www.regeringen.se/492821/contentassets/1142cf770563461eb4c5dbf2159b39f0/uppdag-att-utveckla-arbetet-med-omstallningen-till-en-cirkular-ekonomi-i-byggsektorn.pdf>
- Fissac (u.å) *Vad är industriell symbios?* <https://fissacproject.eu/sv/vad-ar-industriell-symbios/> [2022-04-08]
- FN-förbundet (2012). *Faktablad-2-12-Hållbar utveckling. Omställning till hållbar värld brådskar*. Stockholm: FN-förbundet. <https://fn.se/wp-content/uploads/2016/08/Faktablad-2-12-H%C3%A5llbar-utveckling.pdf>
- Formas (2018). *Forskning för ett integrerat och hållbart samhälle*. Stockholm: Forskningsrådet Formas <https://formas.se/download/18.7e040f53167c64b3cd326524/1556865641984/strategisk-agenda-hallbart-samhallsbyggande-formas.pdf>
- Fossilfritt Sverige (u. å.). *Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft. Omställning och utveckling av svensk industri*. <https://fossilfritt Sverige.se/fardplaner/> [2022-04-29]
- Gamle mursten (u.å.). *The rebrick project*. <http://www.gamlemursten.eu>. [2022-04-15]
- Gabrielsson, I., Brander, L. (2021) *Återhus. Rivningsobjekt – från kostnad till resurs: Omvärldsanalys. RISE Rapport 2021:57*. Borås: Rise

Gerhardsson, H., Lindholm, C L., Andersson, J., Kronberg, A., Wennesjö, M. & Shadram, F. (2020) *Transitioning the Swedish building sector toward reuse and circularity*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 588 042036. IOP Publishing

Hansson, C (2022). *Rapport gällande befintligt tegel-Riksbyggen Borås*. [Internt material]. Göteborg: Bruksspecialisten.

IVL (2020). *Enklare att beräkna hur återbrukat byggmaterial påverkar klimatet*. <https://www.ivl.se/toppmeny/press/pressmeddelanden-och-nyheter/nyheter/2020-12-15-enklare-att-berakna-hur-aterbrukat-byggmaterial-paverkar-klimatet.html> [2022-05-08]

Johansson, P., Brander, L., Jansson, A., Karlsson, S., Landel, P., Svennberg, K. (2017). *Kvalitet hos byggnadsmaterial i cirkulära flöden*. RISE Rapport 2017:55. Borås: Rise

Kadawo, A., Sadagopan, M., During, O., Bolton, K & Nagy, A. (2022). *Combination of LCA and circularity index for assessment of environmental impact of recycled aggregate concrete*. Borås: Högskolan i Borås

Karlbro, T. & Lindgren, E. (2021). *Markexploatering*. Stockholm: Norstedts Juridik AB

Klimat 2030 (u.å. a). *Årsberättelse 2021*. <https://klimat2030.se/content/uploads/2022/02/arsberattelse-2021-klimat-2030-1.pdf> [2022-04-25]

Klimat 2030 (u.å. b). *Kommunernas klimatlöften*. <https://klimat2030.se/om-klimat-2030/> [2022-04-18]

Kossila, L (2020) *Cirkuära materialflöden i praktiken*. Lund: Studentlitteratur AB

LeBlanc, D (2015). *Desa working Paper No.141 ST/ESA/2015/DWP/Towards an integration at last? The Sustainable Development Goals as a Network of Targets*. FN: Department of Economic & Social Affairs

Liedman, A., Hussain, L & Muslem, O (2021). *Återanvändning av tegel*. Kandidatuppsats, Teknik- och ingenjörsvetenskap. Borås: Högskolan i Borås

Mathiasson, C. (2019). *Hållbart samhällsbyggande*. Malmö: Gleerups Utbildning AB

Maria Almasi, A., Miliute-Plepiene, J. & Fråne, A. (2018). *Ökad sortering av bygg- och rivningsavfall Åtgärder för kommunala avfallsanläggningar*. (B 2323) Göteborg: IVL Svenska Miljöinstitutet <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ivl:diva-2858>

Miljödepartementet (2020a) *En ny handlingsplan för den cirkulära ekonomin*

Fakta-PM om EU-förslag 2019/20:FPM28 : COM (2020) 98 https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/fakta-pm-om-eu-forslag/en-ny-handlingsplan-for-den-cirkulara-ekonomin_H706FPM28 [2022-03-28]

Miljödepartementet (2020b). *Cirkulär ekonomi- strategi för omställningen av Sverige*. Stockholm: Regeringskasliet. <https://www.regeringen.se/492c62/contentassets/619d1bb3588446deb6dac198f2fe4120/faktablad-om-cirkular-ekonomi.pdf> [2022-03-28]

Miljönämnden (2021). *Miljönämndens protokoll MN 2021-00166. 2021-10-15*. Borås: Västra Götalandsregionen.

Nagy, A. (2022). *Objektorienterad selektiv rivning för cirkulär ekonomi och minskad klimatpåverkan*. Projektansökan. [Internt dokument]

Nagy, A. (2022). Presentationsmaterial

Naturvårdsverket (u.å) *Om miljöbalken*. <https://www.naturvardsverket.se/lagar-och-regler/om-miljobalken/>

Naturvårdsverket (u.å b). Konsumtionsbaserade växthusgasutsläpp per person och år. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/konsumtion/vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-per-person> [2022-05-13]

Naturvårdsverket (2020). *Statistikblad Avfall: Bygg- och rivningsavfall*. Stockholm: Naturvårdsverket <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/92cee03112e742f186381fd4f36da6ba/bygg-rivning-statistikblad-avfall-200422.pdf>

Naturvårdsverket (2021a) *Avfall som resurs. Redovisning av ett regeringsuppdrag*. <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/a72237b83b314efc97485022fcbd2420/skrivelse-avfall-som-resurs.pdf>

Naturvårdsverket (2021c). *Att göra mer med mindre – Sveriges avfallsplan 2018-2023 Rapport 6857*. Stockholm: Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket (2020c). Byggande och rivning. [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=x9_B0jE8_zc&list=PLgGFtRVUTORQKGD36s2aJhoIch8BCdj1N&index=5&t=17s. [2022-04-13]

Nrep (2020). *SUSTAINABILITY UPCYCLE STUDIOS & THE RESOURCE ROWS*. https://nrep.com/wp-content/uploads/2020/11/200923_Upcycle-Studios-RR-LCALCC_NREP.pdf

Nrep (2022) *Resource Rows. Hållbart utvecklade bostäder*. <https://nrep.se/projekt/resource-rows/> [2022-03-23]

Persson-Engberg, J. Sigfrid, L. & Torring, M. (1999) *Rivningshandboken*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst

Riksbyggen (2021a). *Års och hållbarhetsredovisning 2020*. Stockholm: Riksbyggen. <https://www.riksbyggen.se/contentassets/0e4584dea49843c3bf9219acca293975/ars--och-hallbarhetsredovisning-2020.pdf>

Regeringskansliet (2020). *Cirkulär ekonomi – strategi för omställningen i Sverige*. https://www.regeringen.se/4a3baa/contentassets/619d1bb3588446deb6dac198f2fe4120/200814_ce_we_bb.pdf [2022-04-11]

Riksbyggen (uå). *Brf Fågelsången Norrgården, Kalmar*.

<https://www.riksbyggen.se/ny-bostad/aktuella-projekt/kalmar/brf-fagelsangen/> [2022-04-19]

Riksbyggen (2021). *Inflyttningen i Riksbyggens Brf NEO Davidshall är klar*. <https://www.riksbyggen.se/om-riksbyggen/press-och-opinion/pressrum/2021/3129957/> [2022-04-19]

Rydberg Krahl, P., Nilsson, L., Von Sydow, D., Arneborg Möller, S & Widén, M. (2021). *Klimatrapport 2021. Klimatkommitténs uppföljning av Borås klimatarbete 2020 och rekommendationer för det fortsatta arbetet*. Borås: Borås Stad

Rydh, C J., Lindahl, M & Tingström, J. (2002). *Livscykelanalys- en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*. Lund: Studentlitteratur.

Samhällsbyggnadsförvaltningen (2020) *Planbeskrivning. Detaljplan för Centrum, Viskaholm 2 m.fl. Samråd BN 2017-656*. Borås: Borås Stad

Sarah Norving (2022) *Styrgruppsmöte FK 20220221*. [internt material]. Borås: Science Park Borås

Science Park Borås (2022). *Framtidens kvarter- för en hållbar livsstil*. <https://scienceparkboras.se/2022/01/framtidens-kvarter-for-en-hallbar-livsstil/>. [2022-01-28]

Science park Borås (2021). *Ansökan om projektstöd Framtidens kvarter Slutversion*. [internt material]. Borås: Science Park Borås

SFS 2020:601. Miljöbalk (1998:808). Stockholm: Miljödepartementet

Strand Nyhlin, M. & Åfreds, J. (2022). *Återbruk av byggmaterial*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Stewart Claesson (2018). *Designguide till en hållbar livsstil*. <https://klimat2030.se/content/uploads/2018/10/designguide-till-en-hallbar-livsstil.pdf>

Sundahus (u.å). *SundaHus Miljödata*. <https://www.sundahus.se/tjanster/miljodata/> [2022-05-14]

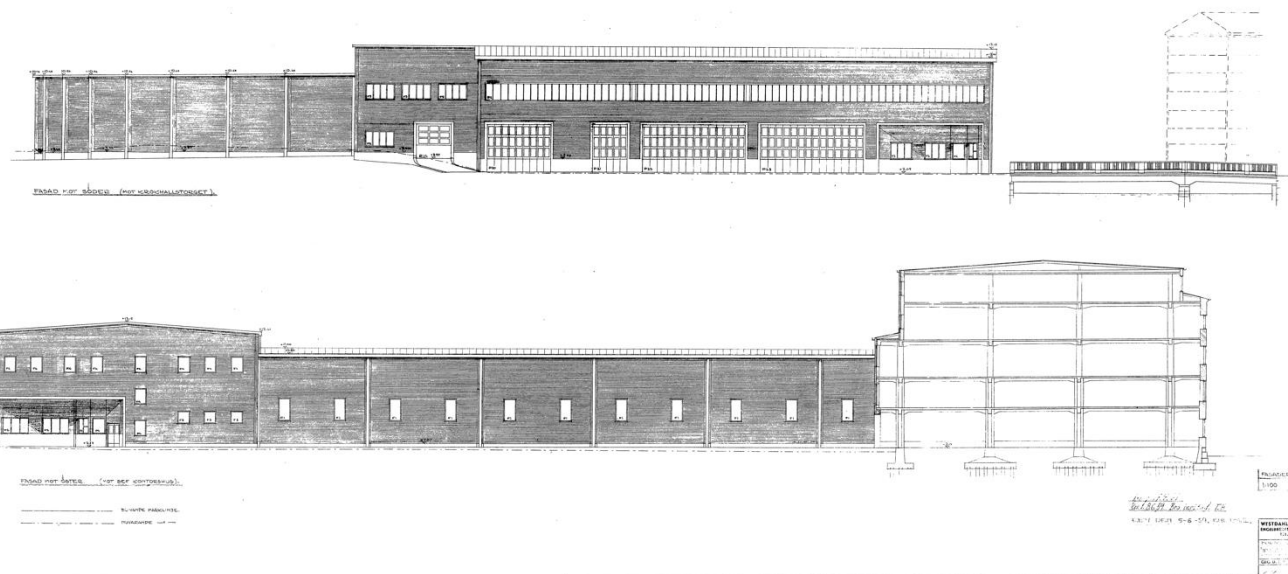
Sweden Green Building Council (u.å). *Certifiering*. <https://www.sgbc.se/certifiering/> [2022-04-12]

Van Praagh, M., Andersson J., Sandström, N & Wik, O. (2020). *Stöd för anmälan av återvinning av avfall i konstruktioner- material från bygg- och anläggningsverksamheter*. SBUF ID 13768, 2020

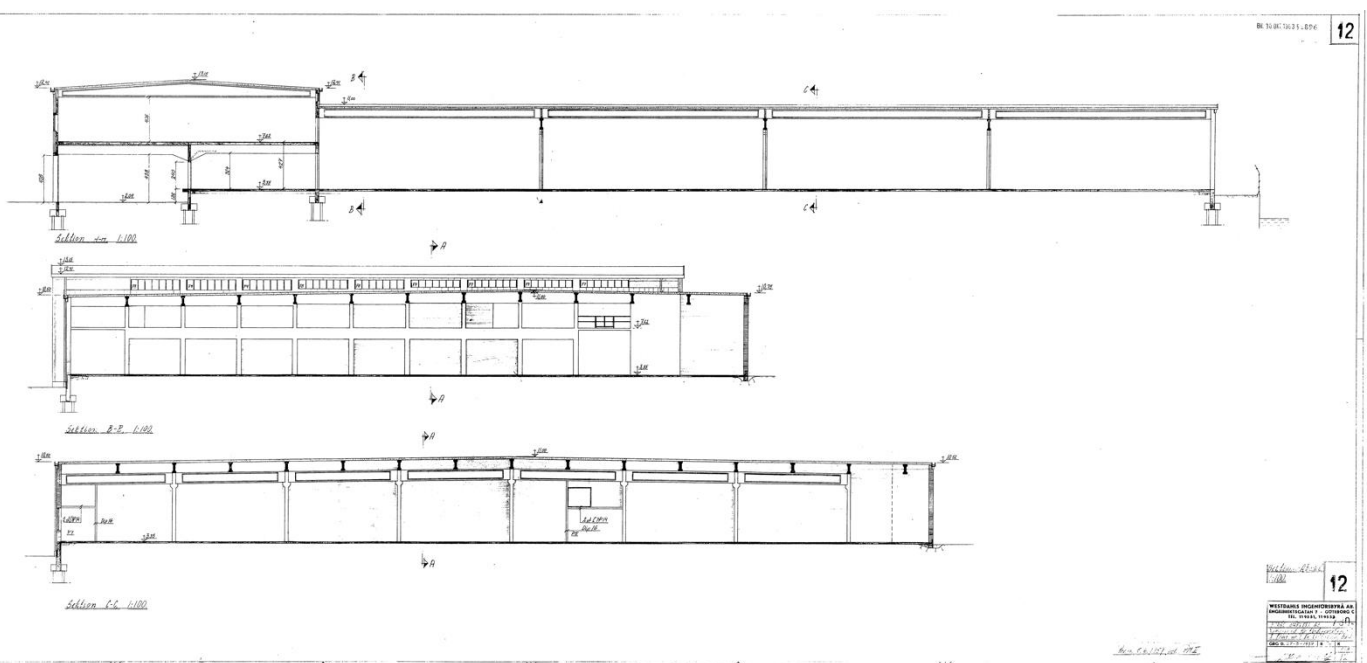
Västerbro (2022). *Vägen till Västerbro*. <https://www.vasterbro.com> [2022-02-28]

BILAGOR

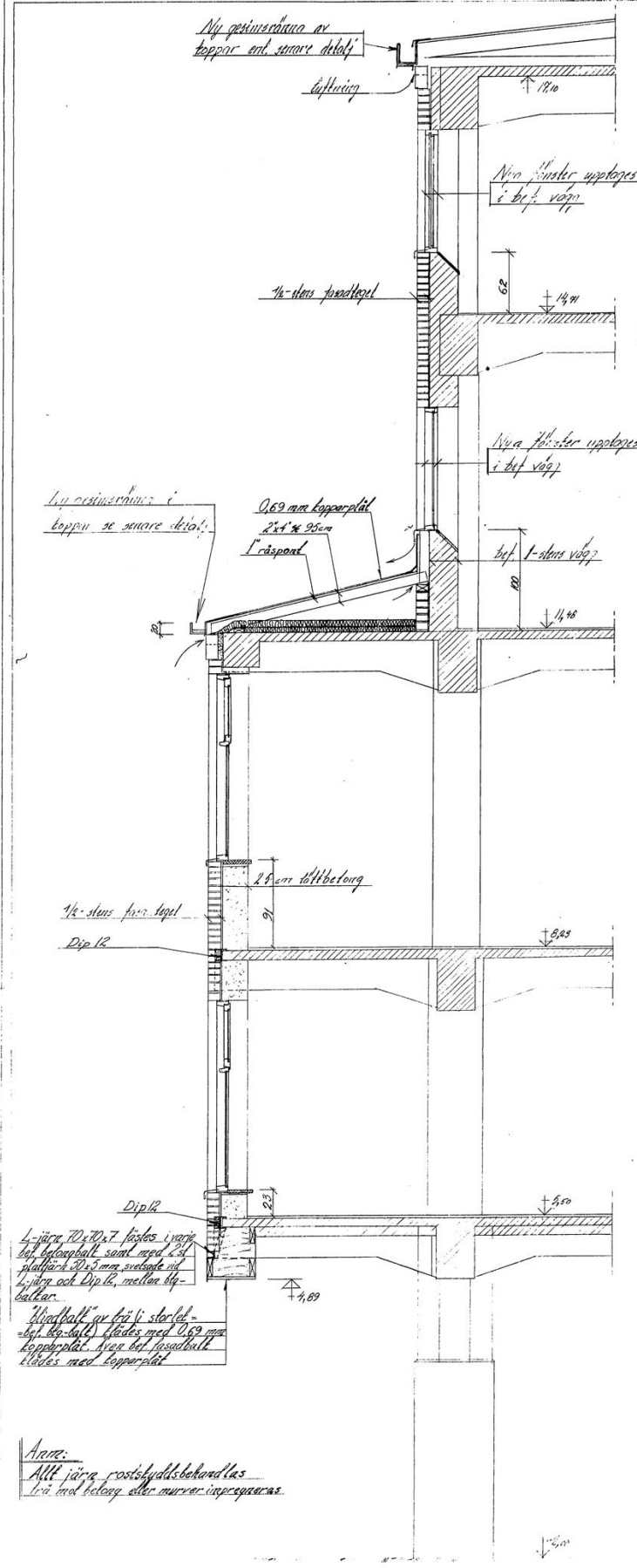
K1117



Bilaga 1. Fasadritningar av Borås Wäfveris färdigvarulager, Westdahls Ingenjörbyrå 1960.



Bilaga 2. Sektionsritningar av Borås Wäfveris färdigvarulager, Westdahls Ingenjörbyrå 1960.



Anmär.
 Allt järn rostskyddbehandlas
 med betong eller murarinspregering.

Sektion genom fasad mot söder, 1:20

1:20
 8
 940
 Sektion genom
 fasad mot söder
 1:20
4
 WESTDAHLS INGENJÖRSBYRÅ AB.
 ABREG. ASSAULTEN 18 BOKAS TEG. 18184
 HÄRVEDEN LINDH. 1:10 P. GULEQVIST
 KONAS TÄFTEN AB
 18184
 18184
 18184



HÖGSKOLAN I BORÅS

Besöksadress: Allégatan 1 · Postadress: 501 90 Borås · Tfn: 033-435 40 00 · E-post: registrator@hb.se · Webb: www.hb.se