



# CIRKULARITET FÖR BYGGMATERIAL I INNERVÄGGAR

Emma Ljungberg

Handledare: Gunnar Larsson, SLU

Handledare: Ulla Janson, LTH

Examinator: David Ljungberg, SLU

Självständigt arbete i miljövetenskap • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakultet för naturresurser och jordbruksvetenskap, institutionen för energi och teknik

Examensarbete 2024:16 • ISSN 1654-9392

Uppsala 2024



# Cirkularitet för byggmaterial i innerväggar

Emma Ljungberg

**Handledare: Gunnar Larsson, SLU, Institution för energi och teknik**

Bitr. handledare: Ulla Janson, LTH

Examinator: David Ljungberg, SLU, Institution för energi och teknik

<b>Omfattning:</b>	15 hp
<b>Nivå och fördjupning:</b>	Grundnivå, G2E
<b>Kurstitel:</b>	Självständigt arbete i miljövetenskap
<b>Kurskod:</b>	EX0896
<b>Program/utbildning:</b>	Biologi och miljövetenskap
<b>Kursansvarig inst.:</b>	Institutionen för vatten och miljö
<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Utgivningsår:</b>	2024
<b>Omslagsbild:</b>	Adobe Stock
<b>Upphovsrätt:</b>	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
<b>Serietitel:</b>	Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)
<b>Delnummer i serien:</b>	2024:16
<b>ISSN:</b>	1654-9392

**Nyckelord:** byggmaterial, byggprodukter, återbruk, återanvända, återvinning, cirkularitet, miljönytta, klimatpåverkan, avfallstrappan, byggskivor, isolering, reglar, gipsskivor, mineralullsisolering, stålreglar, avfall, spill, livscykelanalys, cirkulär ekonomi, EPD, klimatpåverkan

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakultet för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för energi och teknik

# Förord

Detta är ett självständigt arbete som möjliggör min kandidatexamen i miljövetenskap vid SLU Uppsala. Arbetet motsvarar 15 högskolepoäng och har gjorts under hösten 2023 till våren 2024.

Jag vill tacka mina två handledare, Ulla Janson på LTH i Lund och Gunnar Larsson på SLU i Uppsala. Tack underbara Ulla för givande möten som fört arbetet framåt, ovärderlig kunskap i ämnet, smarta kommentarer och härligt peppande. Tack Gunnar för konstruktiva kommentarer, tips på nyheter i ämnet, kontakter och stöd med upplägg.

Även all hjälp Joakim Green på Skanska har ställt upp med är jag otroligt tacksam för. Det blev en helt annan tyngd i rapporten när jag fick möjligheten att ta del av faktiska siffror från ditt bygge.

Februari 2024



---

Emma Ljungberg

# Sammanfattning

Syftet med det självständiga arbetet är att ge en bild av vilka möjligheter samt hinder för miljönyttan det finns när det gäller materialval till innerväggar. De vanligen förekommande materialen har studerats utifrån möjligheten att återbruka eller återvinna dessa produkter och material. Arbetet täcker också en jämförelse med alternativa material när det gäller klimatpåverkan och möjlighet till cirkularitet för att förenkla beslutstagandet vid inköp av miljömässigt hållbara material samt ge en bild av vilka åtgärder som kan medverka till ökad cirkularitet för valda material. För att avgöra i vilken grad materialen är cirkulära har avfallstrappan använts där minimera användandet av material är det bästa alternativet följt av återanvända, materialåtervinna, energiåtervinna och slutligen det sämsta alternativet deponera. För att göra en så rättvis jämförelse som möjligt har generella materialdata från Boverkets klimatdatabas använts och samt miljövarudeklarationer för specifika produkter.

Arbetet fokuserar på gipsskivor (byggskivor som används som ytskikt i väggar och tak), mineralullsisolering (isolerar från spridning av värme, kyla och ljud) och stålreglar (används som struktur för att fästa byggskivor och skapa utrymme för isolering). Dessa material har valts då de är material som ofta används till innerväggar vid uppförandet av ett nytt hus, samt att de beställs i stora mängder och därmed blir det stora mängder avfall av dessa material när ett hus rivs. Att gips och mineralull ofta deponeras när de blir till avfall och att stål har en stor klimatpåverkan vid framställning gjorde alla tre extra intressanta att studera. Fördjupade studier av materialen har visat att dessa traditionella material visserligen har en hög klimatpåverkan vid tillverkningsfasen men att de ur ett livscykelperspektiv har möjligheter att vara mer cirkulära än flera av de alternativa materialen som också studerats.

Både det gips och mineralull som blir till spill, rivs från gamla hus eller blir över vid produktionen, skulle kunna bli till nytt material utan försämrade egenskaper och därmed få ett lågt klimatavtryck och en 100 %-ig cirkulation. Stål återvinns visserligen redan nästan 100 %-igt men det finns inte tillräckliga volymer för att möta behovet och därför framställs mer stål från naturresurser. Återanvändning är svårare för samtliga material då de är anpassade efter den byggnad de först suttit i och därmed inte säkert passar på en ny plats, det är också ett bekymmer med att lagerhålla använt material i väntan på att det ska dyka upp ett lämpligt nytt hus att använda det i.

Flera av de studerade alternativa materialen är mycket intressanta. Flera har råmaterial som är ett avfall. Ur ett cirkulärt perspektiv är material som kommer från en annan kedjas restflöden positivt men om det sedan energiåtervinns i sitt slutskede blir det ett sämre cirkulärt alternativ än det som kan användas om och om igen.

I dagsläget är de bästa alternativen ur ett cirkulärt perspektiv byggskivor av förpackningsmaterial (med ett råmaterial som annars skulle ha förbränts) och pappersreglar. För isolering har inget av de studerade materialen hög grad av cirkularitet i dagsläget. Ur ett klimatpåverkansperspektiv är de bästa alternativen gipsskivor tillverkade med endast förnybar energi, mineralull i form av lösull från återvunnet material och pappersregel.

# Summary

The purpose of the independent work is to give a picture of what opportunities and obstacles for the environmental benefit there are when it comes to material selection for interior walls. The commonly occurring materials have been studied based on the possibility of reusing or recycling these products and materials. The work also covers a comparison with alternative materials in terms of climate impact and the possibility of circularity in order to simplify decision-making when purchasing sustainable materials as well as provide a picture of which measures can contribute to increased circularity for selected materials. To determine the degree of which the materials are circular, the waste hierarchy has been used, where minimizing the use of materials is the best option, followed by reuse, material recycling, energy recycling and finally the worst option is landfilling. In order to make as fair a comparison as possible, general material data from the climate database at Boverket have been used, as well as environmental product declarations for specific products.

The report focuses on plasterboard (used as surface layer in walls and ceilings), mineral wool insulation (insulates from the spread of heat, cold and sound) and steel studs (used as a structure to attach building boards and create space for insulation). These materials are chosen because they are commonly used for interior walls when a new house is built, they are ordered in large quantities and there are large amounts of waste from these materials when a house is demolished. The fact that gypsum and mineral wool are often sent to landfill when they become waste and that steel has a large climate impact during production made all three extra interesting to study. In-depth studies of the materials have shown that these traditional materials do indeed have a high climate impact during the manufacturing phase, but that from a life cycle perspective they have potential to be more circular than several of the alternative materials that were also studied.

Both the plaster and mineral wool that are wasted, demolished from old houses or left over during production, could be turned into new material without degradation of properties and then have a low climate footprint and a 100% circulation. Although steel is already almost 100% recycled, there are not sufficient volumes to meet the need and therefore more steel is produced from natural resources. Re-use is more difficult for all materials as they are adapted to the building they first were mounted in and not necessarily would fit in a new location. There is also a concern with storage for used materials while waiting for a suitable new house to appear to use it in.

Several of the studied alternative materials are very interesting. Several have a raw material that is a waste, from a circular perspective material that comes from another chain's waste flows is positive, but if it is then energy recovered in its final stage, it becomes a worse circular alternative than the alternative that can be used over and over again.

Currently, the best options from a circular perspective are building boards made of packaging material (with a raw material that would otherwise have been incinerated) and paper studs. For insulation, none of the studied materials has a high degree of circularity at present time. From a climate impact perspective, the best options are plasterboards made with only renewable energy, mineral wool in the form of loose wool from recycled material and paper studs.

# Innehållsförteckning

<b>Förord</b>	<b>2</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>3</b>
<b>Summary</b>	<b>4</b>
<b>Innehållsförteckning</b>	<b>5</b>
<b>Tabellförteckning</b>	<b>7</b>
<b>Figurförteckning</b>	<b>8</b>
<b>1. Begrepp</b>	<b>9</b>
<b>2. Inledning</b>	<b>10</b>
2.1 Bakgrund	11
2.2. Syfte	12
2.3 Frågeställning	12
2.4 Disposition	12
<b>3. Metod</b>	<b>13</b>
3.1 Tillvägagångssätt	13
3.2 Avgränsning	14
<b>4. Teori</b>	<b>14</b>
4.1 Miljölagstiftning	14
4.2 Cirkulär ekonomi	17
4.3 Hinder för återbruk/återvinning	20
4.4 Livscykelanalyser	20
4.5 Översikt utvalda material	22
<b>5. Resultat</b>	<b>23</b>
5.1 Gips	23
5.1.1 Om materialet gips	23
5.1.2 Ekonomi	25
5.1.3 Garantier och kvalitetssäkring	26
5.1.4 Tidsåtgång	27
5.1.5 Miljö- och klimatpåverkan	27
5.1.6 Transporter och lagring	29
5.1.7 Andra alternativ	30
5.1.8 Sammanfattning klimatpåverkan och pris för byggsivor	35
5.1.9 Sammanfattning cirkularitet för byggsivor	37
5.2 Mineralull	38
5.2.1 Om mineralullsisolering som material	38
5.2.2 Ekonomi	40
5.2.3 Garantier och kvalitetssäkring	41
5.2.4 Tidsåtgång	41
5.2.5 Miljö- och klimatpåverkan	41
5.2.6 Transporter	45
5.2.7 Andra alternativ	45
5.2.8 Sammanfattning klimatpåverkan och pris för isoleringsmaterial	53
5.2.9 Sammanfattning cirkularitet för isolering	56
5.3 Stål	57
5.3.1 Om stålreglar som material	57
5.3.2 Ekonomi	58
5.3.3 Garantier och kvalitetssäkring	58

5.3.4 Tidsåtgång	59
5.3.5 Miljö- och klimatpåverkan	59
5.3.6 Transporter	60
5.3.7 Andra alternativ	61
5.3.8 Sammanfattning klimatpåverkan och pris för regler	64
5.3.9 Sammanfattning cirkularitet för regler	66
5.4 Fallstudie	66
5.4.1 Byggskivor	66
5.4.2 Isoleringsmaterial	68
5.4.3 Regelmaterial för innerväggar	70
5.4.4 Sammanfattning jämförda material i fallstudie	73
<b>6. Analys</b>	<b>76</b>
6.1 Hinder och möjligheter för återbruk och återvinning	76
6.1.1 Gips	76
6.1.2 Mineralull	77
6.1.3 Stål	77
6.2 För och nackdelar med studerade material	78
6.2.1 Gipsskivor och andra byggskivor	78
6.2.2 Mineralull och andra isoleringsmaterial	79
6.2.3 Stålrugar och regler av andra material	80
<b>7. Diskussion</b>	<b>81</b>
7.1 Byggskivor	81
7.2 Isolering	83
7.3 Reglar för innerväggar	84
7.4 Fallstudie	85
7.5 Framtida studier	86
<b>8. Slutsats</b>	<b>87</b>
8.1 Hinder och möjligheter	87
8.2 Bästa alternativen för cirkulär ekonomi	88
8.2.1 Byggskivor	88
8.2.2 Isolering	88
8.2.3 Reglar till innerväggar	89
8.3 Åtgärder för att öka miljönyttan och cirkularitet	89
<b>9. Referenser</b>	<b>90</b>
<b>Bilagor</b>	<b>99</b>
Bilaga 1. Intervju med Joakim Green, produktionschef Skanska Sverige.	99
Bilaga 2a. Beräkning av mängder gips för hus byggt av Skanska	101
Bilaga 2b. Beräkning av mängder regler och isolering för hus byggt av Skanska	102
Bilaga 3. E-mailkonversation med Recoma	103
Bilaga 4. E-mailkonversation med Naturvårdsverket	105
Bilaga 5. Beräkning av klimatdata för brandskyddsfärg	106
Bilaga 6. Beräkning av storlek på miljöpåverkan i fallstudie	107

# Tabellförteckning

<i>Tabell 1. Sammanställning hinder för återbruk och återvinning för byggsektorn</i>	<i>s 20</i>
<i>Tabell 2. Material som tas upp i rapporten</i>	<i>s 22</i>
<i>Tabell 3. Inköpspris för gipsskivor</i>	<i>s 25</i>
<i>Tabell 4. Kostnadsjämförelse hantering av gipsavfall</i>	<i>s 26</i>
<i>Tabell 5. Klimatuppgifter per kvadratmeter gipsskiva</i>	<i>s 27</i>
<i>Tabell 6. Värden för Norgips gipsskivor från miljövarudeklaration</i>	<i>s 28</i>
<i>Tabell 7. Klimatpåverkan per kvadratmeter återbrukad gipsskiva</i>	<i>s 29</i>
<i>Tabell 8. Klimatpåverkan för vanliga skivmaterial</i>	<i>s 30</i>
<i>Tabell 9. Klimatuppgifter per kvadratmeter plywood</i>	<i>s 31</i>
<i>Tabell 10. Värden för WISA plywood från miljövarudeklaration</i>	<i>s 31</i>
<i>Tabell 11. Värden för Recoma Byggskivor från miljövarudeklaration</i>	<i>s 34</i>
<i>Tabell 12. Jämförelse av cirkularitet hos byggskivor</i>	<i>s 37</i>
<i>Tabell 13. Inköpspris för isoleringsskivor med tjocklek 95 mm</i>	<i>s 41</i>
<i>Tabell 14. Klimatuppgifter per kvadratmeter glasullsisolering med tjocklek 100 mm</i>	<i>s 42</i>
<i>Tabell 15. Värden för Isover glasullsisolering från miljövarudeklaration</i>	<i>s 42</i>
<i>Tabell 16. Klimatuppgifter per kvadratmeter stenullsisolering med tjocklek 100 mm</i>	<i>s 43</i>
<i>Tabell 17. Värden för Rockwool stålregelisolering från miljövarudeklaration</i>	<i>s 44</i>
<i>Tabell 18. Klimatpåverkan per kilo återbrukad glasull</i>	<i>s 44</i>
<i>Tabell 19. Värden för Isover kretsull från miljövarudeklaration</i>	<i>s 45</i>
<i>Tabell 20. Jämförelse klimatpåverkan per kilo mellan olika isoleringsmaterial</i>	<i>s 46</i>
<i>Tabell 21. Klimatuppgifter per kvadratmeter hampafiberisolering med tjocklek 100 mm</i>	<i>s 47</i>
<i>Tabell 22. Värden för Ekolutions Hampaisolering från miljövarudeklaration</i>	<i>s 48</i>
<i>Tabell 23. Klimatuppgifter per kvadratmeter träfiberisolering med tjocklek 100 mm</i>	<i>s 50</i>
<i>Tabell 24. Värden för Hunter Träfiberisolering från miljövarudeklaration</i>	<i>s 51</i>
<i>Tabell 25. Värden för textisolering från VRK från miljövarudeklaration</i>	<i>s 52</i>
<i>Tabell 26. Jämförelse av cirkularitet hos isoleringsmaterial</i>	<i>s 56</i>
<i>Tabell 27. Inköpspris för stålreglar, 1 meter</i>	<i>s 58</i>
<i>Tabell 28. Klimatuppgifter från Boverket för stålreglar</i>	<i>s 59</i>
<i>Tabell 29. Värden för Norgips stålregel dB+ från miljövarudeklaration</i>	<i>s 60</i>
<i>Tabell 30. Klimatpåverkan per meter återbrukad stålregel</i>	<i>s 60</i>
<i>Tabell 31. Klimatuppgifter per meter sågat trä</i>	<i>s 61</i>
<i>Tabell 32. Värden från Svenskt Trä från miljövarudeklaration</i>	<i>s 62</i>
<i>Tabell 33. Värden för Wood tube från miljövarudeklaration</i>	<i>s 63</i>
<i>Tabell 34. Jämförelse av cirkularitet hos reglar</i>	<i>s 66</i>
<i>Tabell 35. Pris och miljöpåverkan gipsskivor i hus från Skanska med 148 lägenheter</i>	<i>s 67</i>
<i>Tabell 36. Miljöpåverkan och pris om Skanska istället använt sig av gipsskivor som tillverkats med endast förnyelsebar energi</i>	<i>s 68</i>
<i>Tabell 37. Pris och miljöpåverkan för stenull i hus från Skanska med 148 lägenheter</i>	<i>s 69</i>
<i>Tabell 38. Miljöpåverkan om Skanska istället använt sig av lösull från återvunnen mineralull</i>	<i>s 70</i>
<i>Tabell 39. Pris och miljöpåverkan för reglar av stål i hus från Skanska med 148 lägenheter</i>	<i>s 71</i>
<i>Tabell 40. Miljöpåverkan och pris om Skanska istället använt sig av pappersreglar</i>	<i>s 72</i>
<i>Tabell 41. För och nackdelar med de olika materialen för byggskivor</i>	<i>s 78</i>
<i>Tabell 42. För och nackdelar med de olika materialen för isoleringsmaterial</i>	<i>s 79</i>
<i>Tabell 43. För och nackdelar med de olika materialen för reglar</i>	<i>s 80</i>



# Figurförteckning

<i>Figur 1. Procentuell fördelning av avfall i Sverige 2020 per bransch</i>	s 11
<i>Figur 2. Statistik för hantering av byggavfall i Sverige</i>	s 11
<i>Figur 3. Avfallstrappan</i>	s 15
<i>Figur 4. Linjär ekonomi och cirkulär ekonomi</i>	s 18
<i>Figur 5. Statistik för mängden byggavfall i Sverige</i>	s 19
<i>Figur 6. Uppbyggnad av innervägg</i>	s 22
<i>Figur 7. Gipsskivor</i>	s 23
<i>Figur 8. Plywood</i>	s 30
<i>Figur 9. Råmaterial till byggskivor</i>	s 32
<i>Figur 10. Byggskiva från Recoma</i>	s 32
<i>Figur 11. Inköpspris för byggskivor</i>	s 35
<i>Figur 12. Klimatavtryck för produktfasen för byggskivor</i>	s 35
<i>Figur 13a. Översikt av klimatpåverkan i hela livscykeln för byggskivor när materialet återvinns i slutskedet</i>	s 36
<i>Figur 13b. Översikt av klimatpåverkan i hela livscykeln för byggskivor när materialet förbränns eller deponeras i slutskedet</i>	s 37
<i>Figur 14. Indelning av isoleringsmaterial</i>	s 38
<i>Figur 15. Glasullsisolering</i>	s 38
<i>Figur 16. Hampadling</i>	s 46
<i>Figur 17. Träfiberisolering</i>	s 49
<i>Figur 18. Inköpspris för isoleringsskivor med tjocklek 100 mm</i>	s 53
<i>Figur 19. Förmåga att leda värme hos Isoleringsmaterial</i>	s 54
<i>Figur 20. Klimatavtryck isoleringsmaterial tjocklek 100 mm</i>	s 54
<i>Figur. 21. Översikt klimatpåverkan för isolering</i>	s 55
<i>Figur 22. Uppbyggnad av innerväggar av stålreglar</i>	s 57
<i>Figur 23. Staplade träreglar</i>	s 61
<i>Figur 24. Staplade stålreglar</i>	s 61
<i>Figur 25. Staplade pappersreglar</i>	s 63
<i>Figur 26. 8 staplade stålreglar</i>	s 63
<i>Figur 27. Inköpspris för stålreglar per meter i bredd 95 mm</i>	s 64
<i>Figur 28. Klimatavtryck för produktfasen för reglar</i>	s 64
<i>Figur 29. Översikt klimatpåverkan för reglar</i>	s 65
<i>Figur 30. Prisjämförelse materialval för byggskivor</i>	s 73
<i>Figur 31. Översikt klimatpåverkan för olika byggskivor i flerbostadshus med 148 lägenheter</i>	s 73
<i>Figur 32. Jämförelse klimatpåverkan mellan stensull och lösull med återvunnen mineralull i flerbostadshus med 148 lägenheter</i>	s 74
<i>Figur 33. Prisjämförelse materialval för regelmaterial</i>	s 74
<i>Figur 34. Jämförelse klimatpåverkan mellan stålregel och pappersregel i flerbostadshus med 148 lägenheter</i>	s 75
<i>Figur 35. Jämförelse klimatpåverkan mellan materialval för innerväggar i flerbostadshus med 148 lägenheter</i>	s 75
<i>Figur 36. Klimatpåverkan brandskyddsfärg</i>	s 106

# 1. Begrepp

<b>Biogena koldioxidutsläpp</b>	Uppstår vid nedbrytning, förbränning eller konsumtion av biologiskt material.
<b>Degradera</b>	Försämrade egenskaper
<b>Downcycling</b>	Återbruk/återvinning av produkter eller material på enklare sätt än ursprungliga användandet
<b>EPD</b>	Environmental Product Declaration (Miljövarudeklaration)
<b>Energiåtervinning</b>	Avfallshantering där avfallet blir till energikälla så som tex bränsle
<b>Jungfruligt material</b>	Råvaran är utvunnen genom uttag av nya naturresurser
<b>Lamda-värde (<math>\lambda</math>)</b>	Värde för värmekonduktivitet. Ju lägre värde desto större värmeisoleringsförmåga (NE u.å.)
<b>Materialåtervinning</b>	Avfallshantering där materialet bryts ner till råvara för nytillverkning av material
<b>Primärenergi</b>	Energikällor som inte har omvandlats till annan form av människor, tex sol, vind, råolja, kol osv. (Energin blir sekundär när människan omvandlat den, till tex elektricitet eller fjärrvärme) (Elfakta 2023)
<b>Restflöde</b>	Material som går till spillo under tillverkning eller uttjänta produkter under sitt slutskede (avfall)
<b>Upcycling</b>	Återbruk av produkter eller material där användningsområdet har högre kvalitet än det ursprungliga användningsområdet (McNamee et al 2022)
<b>Återbruk/Återanvändning</b>	Avfallshantering där produkter eller material kan användas på nytt med väldigt liten bearbetning
<b>Återvinning</b>	Avfallshantering där avfallet används för tillverkning av nya material/produkter efter omarbetning

## 2. Inledning

År 2050 beräknas jorden ha 10 miljarder människor. Redan idag med de 8 miljarder som varje dag använder jordens resurser räcker inte resurserna till. Skulle alla leva som vi gör i Sverige skulle 4 jordklot behövas. Med ytterligare befolkningsmängd ökar trycket på jordens ekosystem ännu mer och för att bättre ta till vara på de resurser vi redan plockat ut behöver vi bli mer cirkulära. Cirkulära som i att

1. Minska konsumtionen och därmed användningen av material
2. Återanvända produkter och material
3. Återvinna material till nya produkter
4. Energiåtervinna det som inte går att återvinna eller återanvända
5. I sista hand deponera det som inte går att energiåtervinna

Just den ordningen är den prioriterade ordningen och kallas för avfallstrappan (Naturskyddsföreningen 2021), ju högre upp på trappan desto bättre.

Dock är det inte så idag att allt sorterat avfall som lämnas in återvinns, dels på grund av att det inte är tekniskt möjligt men också på grund av de stora volymerna som kommer in. Därför är det viktigt att inte bara tänka att det är ok att slänga så länge det sorteras utan att istället fokusera på att få ner mängderna avfall. Vojtech Vosecky sammanfattar det på ett tydligt sätt:

*Sorting ≠ Recycling  
Recyclable ≠ Gets recycled  
Gets recycled ≠ Endless loop*

*Instead, keep this in mind:*

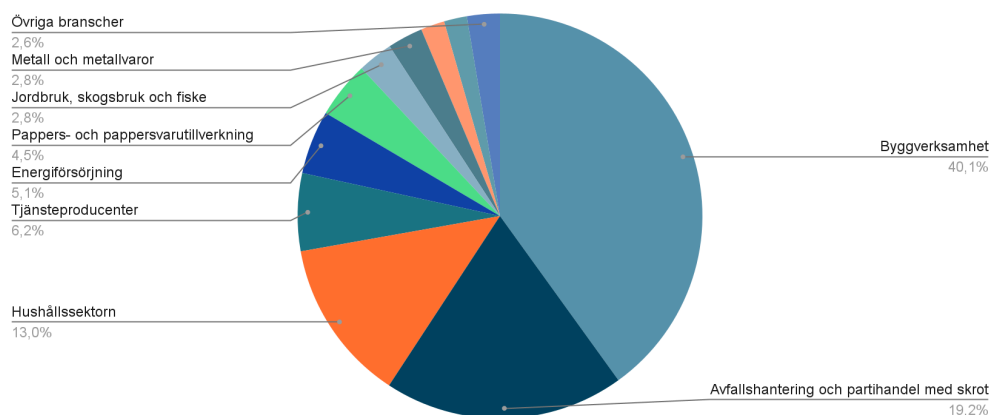
*Less = more  
Waste = resource  
Best waste = no waste*

*"If you change the way you look at things, the things you look at change."  
(Vosecky u.å.)*

Att minska konsumtionen och användningen av resurser gäller alla kategorier för att nå ett hållbart samhälle. Olika delar av samhället producerar olika mycket avfall och byggbranschen är ett område där stora mängder material används och stora mängder avfall produceras.

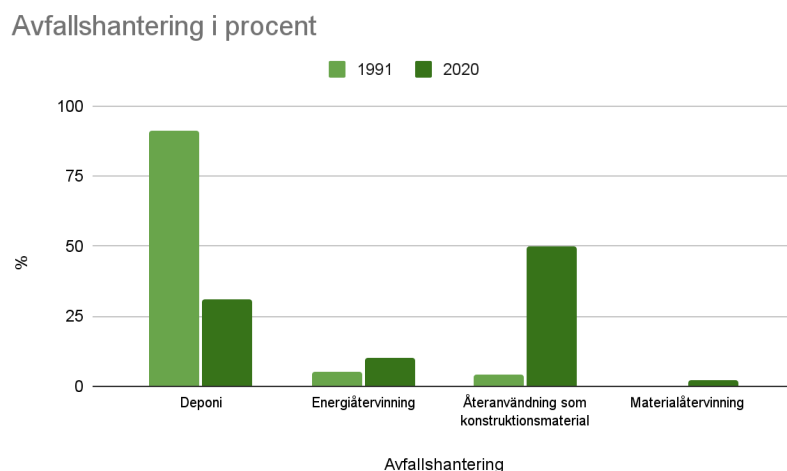
## 2.1 Bakgrund

Byggbranschen har en stor miljöpåverkan både när det gäller klimatutsläpp, där de står för 20 % av Sveriges totala utsläpp (Boverket 2023a), och när det gäller avfall. Under år 2020 producerade Sverige 152 miljoner ton avfall, räknas gruvavfall bort blir det 35,7 miljoner ton kvar och av dem står byggbranschen för 14,2 miljoner ton, se figur 1 (Naturvårdsverket 2022a). Gruvavfall är det som blir över när mineraler och metaller bryts från berggrunden och består i huvudsak av gråberg och anrikningssand (SGU u.å.).



Figur 1. Procentuell fördelning av avfall i Sverige 2020 per bransch (exklusive gruvavfall)

De största andelarna från byggavfallet består av jordmassor och blandat bygg- och rivningsavfall. 2020 återanvändes 50 % av avfallet som konstruktionsmaterial, 10 % energiåtervanns, 31 % deponerades och 2 % gick till materialåtervinning (Naturvårdsverket 2020a). Jämfört med 1991 då siffrorna var 5 % energiåtervinning, 91 % deponi och 4 % återanvändning så har det hänt en hel del (Öhrn & Isaksson 2014, s3), vilket tydliggörs i figur 2 där en förskjutning mot mer hållbara lösningar över tid syns. Men det är fortfarande en lång väg kvar tills allt avfall tas omhand på ett sätt som är bra för miljön.



Figur 2. Statistik för hantering av byggavfall i Sverige

I regeringsinitiativet Fossilfritt Sverige har en färdplan tagits fram av bygg- och anläggningssektorn med målet att bli klimatneutrala år 2045. (Fossilfritt Sverige 2018). Att ställa om till cirkulära flöden genom återbruk, återvinning och använda resurserna effektivare är ett av sätten de tagit fram för att nå målet (Fossilfritt Sverige 2018). Tillverkningen av material står för ca 80 % av klimatpåverkan när ett hus byggs och därför finns det mycket att vinna på att använda sig av återbrukade och återvunna material (Fossilfritt Sverige 2018).

## 2.2. Syfte

Syftet med arbetet är att se vilka möjligheter samt hinder för miljönyttan det finns när det gäller materialval till innerväggar vid nybyggnation, ombyggnation eller tillbyggnation av ett hus. Materialval i form av återbrukade material, nya material som går att återbruka, nya material som går att återvinna eller nya material som går att energiåtervinna. Rapporten ska resultera i en jämförelse av olika alternativ till samma material för att förenkla beslutstagandet vid inköp av hållbara material samt ge en bild av vilka åtgärder som kan medverka till ökad cirkularitet för valda material.

## 2.3 Frågeställning

- Vilka hinder och möjligheter medför ett återbrukat/återvunnet alternativ jämfört med de material som oftast används i byggbranschen idag, när det gäller miljöpåverkan, pris, garanti och kvalitetssäkring, tidsåtgång, transport och lager?
- Utifrån tre valda byggmaterial, vad finns för alternativa material och vilka är de bästa alternativen ur en cirkulärt hållbar vinkel?
- Vilka åtgärder kan öka återbruk och återvinning?

## 2.4 Disposition

Rapporten tar avstamp i information om de olika materialen, hur avfallssprocessen och återvinning/återbruk ser ut idag samt alternativa material eller lösningar för att sedan gå över på en jämförelse mellan jungfruligt material, återbrukat material och alternativa material. Även en jämförelse med använda material / alternativa material för ett befintligt flerbostadshus i Malmö görs. Hinder och möjligheter för återbruk tas upp och även goda råd till inköpare som vill göra miljövänliga/cirkulära val.

## 3. Metod

### 3.1 Tillvägagångssätt

För att utvärdera hinder och möjligheter för återbruk och återvinning delas frågeställningen för varje utvalt material upp i:

**Ekonomi** - Jämförelse av inköpspris för de olika alternativen samt andra kostnader kopplade till montering, planering osv, informationen kommer från litteraturstudier och information från tillverkare.

**Garantier och kvalitetsförsäkran** - litteraturstudier

**Tidsåtgång** - litteraturstudier och intervjuer

**Miljöpåverkan** - För beräkning av klimatpåverkan används både Boverkets klimatdatabas i och miljövarudeklarationer (EPD). För övriga miljöfaktorer används litteraturstudier.

**Transporter** - litteraturstudier och intervjuer

För information om de olika materialens egenskaper och möjlighet att återvinna eller återbruka används litteraturstudier. För att få nyansering och en verklighetsförankring används intervju med byggföretag som input i hinder och möjligheter. Sökmotorer som använts vid litteraturstudien är Google Scholar, Google, Nationalencyklopedin, LIBRIS, Primo, Wiley Online Library, DiVA portal.

#### Formler som används:

För att räkna ut vikt ( $v_2$ ) för en viss tjocklek per kvadratmeter när vikten är given för en annan tjocklek används formeln:

$$v_2 = (v_1 / t_1) * t_2 \quad (1)$$

där  $t_1$  är given tjocklek (m),  $v_1$  är given vikt (kg/m<sup>2</sup>),  $t_2$  är önskad tjocklek (m) och  $v_2$  är vikt för önskad tjocklek (kg/m<sup>2</sup>)

För att räkna ut klimatpåverkan per kvadratmeter i viss tjocklek när värde för klimatpåverkan finns per vikt (k/kg) används formeln:

$$k = v * c \quad (2)$$

där  $k$  är klimatpåverkan (kg CO<sub>2</sub>e),  $v$  är vikt per area (kg/m<sup>2</sup>) och  $c$  är klimatpåverkan per vikt (kg CO<sub>2</sub>e / kg)  $k/kg$  = klimatpåverkan per kilo

För att räkna ut klimatpåverkan för en viss vikt när klimatpåverkan finns för en annan vikt används formeln:

$$k = (c / v_1) * v_2 \quad (3)$$

där  $k$  är klimatpåverkan (kg CO<sub>2</sub>e),  $v_1$  är given vikt (kg),  $v_2$  är önskad vikt (kg) och  $c$  är klimatpåverkan per vikt (kg CO<sub>2</sub>e/ kg)

## 3.2 Avgränsning

Det ingår ett stort antal material vid byggandet av ett hus, i detta arbetet har tre material valts ut - gips, mineralull och stål. I rapporten Cirkularitet inom industriellt byggande tar författaren upp en studie där man tittat på fördelningen av avfall som uppstår vid nyproduktion av byggnader, där står gips och deponi för en betydande del av avfallet (Davidsson 2020). Därav är gips och deponerade material intressanta då de förekommer i stora mängder som spillavfall och det därmed finns ytterligare möjlighet att dra ner på miljöpåverkan genom att återbruka eller återvinna. I en studie om miljöpåverkan vid byggnation av ett hus skriven av Kjörling och Forsberg (2019) konstaterades att det avfall som hade störst miljöpåverkan var mineralull. Även i en studie av Palm et al framtagen för Naturvårdsverket (2015) visar att mineralull, betong, gips och asfalt har stor potential att förbättra sin materialåtervinning då mycket går till deponi idag. En tredjedel av Sveriges utsläpp av växthusgaser kommer från industrisektorn där järn- och stålindustri har den största påverkan (Naturvårdsverket 2023a). Med detta som grund valdes materialen gips, mineralull och stål ut. Att dessa material också beställs i stor omfattning vid bygge av ett nytt hus förstärkte valet (bilaga 1).

För att avgränsa ytterligare begränsas rapporten till material som används i innerväggar, vilka i sitt standardutförande består av byggskivor, isolering och reglar. Utgångsmaterialen begränsas därmed till gips i form av standardgipsskivor, isolering i form av mineralull och stål i form av stålreglar. Andra material förekommer som jämförelse för samma användningsområden.

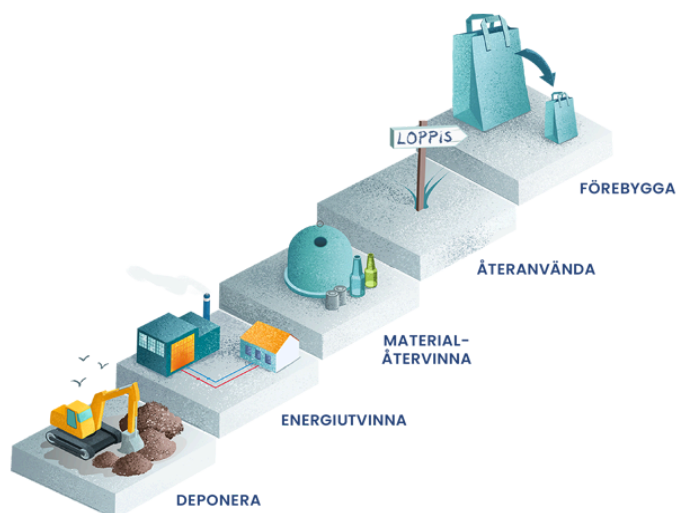
## 4. Teori

### 4.1 Miljölagstiftning

#### **Avfallstrappan**

Avfallstrappan är ett EU-direktiv som tydliggör hur avfall ska tas om hand, detta finns reglerat som avfallshierarki i Miljöbalken (Miljöbalken 1998, kap15§10), Avfallstrappan har fem steg (figur 3):

1. **Minimera:** producera så lite avfall som möjligt
2. **Återanvända:** använda produkter flera gånger
3. **Återvinna:** återvinna materialet i produkten till nya produkter
4. **Energiåtervinna:** Förbränna materialet och använda värmen som energi
5. **Deponi:** när inget annat är möjligt läggs materialet på soptipp, sämsta alternativet som ska undvikas så mycket det går (Naturskyddsföreningen 2021)



Figur 3. Avfallstrappan (Reproducerad med tillstånd av Hållbar Utveckling Skåne u.å.)

Att jämföra energiåtervinning (genom förbränning) med materialåtervinning i allmänhet, utan att räkna in samhällskostnader och miljöpåverkan, visar att förbränning blir oftast mer kostnadseffektivt eftersom insamlingen och återvinningsprocessen ökar på kostnaden för materialåtervinning (Davidsson 2020, s 18).

### Miljömål

I Sverige finns 16 miljömål som syftar till nationellt genomförande av de globala miljömålen. Ett av de svenska målen är "God bebyggd miljö". Bygg- och fastighetssektorn ansvarar för en stor del av miljöpåverkan i samhället och samtidigt finns ett stort behov av bostäder vilket gör att byggsektorn står inför stora utmaningar. För att lyckas med cirkulär ekonomi i byggsektorn är ökad återanvändning och återvinning ett måste (Sveriges Miljömål 2023a).

I Sveriges miljömål finns även etappmål och ett av dem är "Mer bygg- och rivningsavfall materialåtervinnas och förbereds för återanvändning", där framgår det att senast 2025 ska 70 % av allt icke-farligt bygg- och rivningsavfall (med undantag av jord och sten) återanvändas eller återvinnas (Sveriges Miljömål 2023b).

### Taxonomiförordningen

Taxomin används som ett verktyg för att nå EU:s klimatmål, genom ett klassificeringssystem för miljömässigt hållbara ekonomiska verksamheter. Detta för att investerare, företag och beslutsfattare ska kunna jämföra verksamheter utifrån gemensamma hållbarhetsdefinitioner. För att ett företag ska kunna klassas som miljömässigt hållbar ska den bidra väsentligt till ett eller flera av sex fastställda mål samt inte tillföra betydande skada för de övriga målen. Taxonomiförordningen antogs 2020 (Finansdepartementet 2023).

### Kvalitetsförsäkran återbrukade byggprodukter

Enligt PBL (Plan- och bygglagen) betyder byggprodukter: "en produkt som är avsedd att stadigvarande ingå i ett byggnadsverk". Nyttillverkade byggprodukter som omfattas av en harmoniserande standard har krav på att CE-märkas. CE-märkningen försäkrar att byggprodukters egenskaper bedömts enligt en ETA eller harmoniserad standard samt att



tillverkaren är ansvarig för att prestandan överensstämmer med vad som anges (Boverket 2023h). En harmoniserad standard är en kategori inom europeiska standarder som är kopplade till speciallagstiftning, byggprodukter är en sådan kategori (Konsumentverket 2023). Att en byggprodukt är CE-märkt innebär att det går att lita på de redovisade uppgifterna men inte att den är lämplig i ett visst sammanhang. Byggherren har ansvaret att välja lämplig prestanda på byggprodukterna för det hus de ska vara en del av (Boverket 2023h)

Begagnade produkter omfattas inte av en harmoniserad standard, istället kan till exempel en frivillig CE-märkning användas, då vänder man sig till ett tekniskt bedömningsorgan för att få en europeisk teknisk bedömning, ETA (Boverket 2023h)

I PBL finns inga krav på att kvaliteten är bedömd och dokumenterad för begagnade byggprodukter, enda kravet är att de ska vara lämpliga. Bedömning av kvalitet kan göras av t.ex. en extern konsult eller genom överenskommelser:

1. Leverantören och/eller entreprenören tar på sig risken
2. Kunden och/eller byggherren/beställaren avstår från garantikrav
3. Partnerskap och skriftliga överenskommelser (IVL 2021, s 31-35).

För att kunna använda återbrukade produkter i större skala krävs certifikat på produkterna så att byggherren inte ska behöva göra egna lämplighetstester på samtliga material (McNamee 2022).

### **Materialinventering**

Sedan 2020 finns ett lagkrav på materialinventering som i en kontrollplan vid rivningsanmälan ska kartlägga de material som kan återanvändas, återvinnas eller behandlas som farligt avfall (och därmed inte cirkuleras), samt redovisa hur det ska tas om hand för återanvändning och återvinning (Naturvårdsverket u.å.a). Även krav på sortering finns i avfallsförordningen, dessa avfallsmaterial ska sorteras där de uppkommer:

- Trä
- Mineral (betong, tegel, klinker, keramik eller sten)
- Metall
- Glas
- Plast
- Gips
- Farligt avfall
- Avfall som går under producentansvar
- Brännbart avfall (de material som går att energiåtervinna och som blir kvar efter att ovan material har sorterats ut) (Naturvårdsverket u.å.a)

### **Brandkrav**

Vid val av material i ett hus måste brandkraven beaktas beroende på vilket byggklass byggnaden har, vilket framgår i Boverkets byggregler:

- Br0 – Byggnader med mycket stort skyddsbehov
- Br1 – Byggnader med stort skyddsbehov
- Br2 – Byggnader med måttligt skyddsbehov
- Br3 – Byggnader med litet skyddsbehov

Om byggnaden har 3 eller fler våningar gäller byggnadsklass Br1. Hus med högst 3 våningar gäller Br2. I byggnader klassade med Br1 bör ytskikt i tak ha brandklass B, fäst på material av brandklass A, och väggar ha brandklass C. I byggnader klassade med Br2 bör ytskikt i tak ha brandklass C, fäst på material av brandklass A, och väggar ha lägst brandklass D (Boverket 2011). Det är tillåtet att använda brännbara material så länge det yttre materialet motsvarar ovan (Hållbarhus u.å.)

### **Produktpass**

I en ny lagstiftning från EU ingår digitala produktpass som ett led i att EU ska bli mer cirkulärt och leva upp till FN:s globala mål för hållbar utveckling. Varje produkt som produceras inom EU ska ha ett produktpass som ska innehålla information som är kopplad till produktens cirkularitet och hållbarhet. Detta görs för att alla längs hela värdekedjan ska få tillgång till information som gör det enklare att förbättra miljöprestandan, öka livslängden och öka användningen av återvunna råvaror. Produktpassen ger också slutkonsumenten en möjlighet att göra välgrundade miljömässiga val. Lagen väntas träda i kraft 2024 och rullas ut stegvis fram till 2030 (Europeiska Kommissionen 2022).

### **Global Trade Item Number**

Företaget GS1 har tagit fram en global standard GTIN (Global Trade Item Number) vilken går ut på att ge produkter en unik identitet och därmed spårbarhet. I GTIN framgår identifieringsnummer, land som utfärdat numret och företagets identitet. 2018 togs ett gemensamt beslut i byggbranschen om att alla tillverkare och leverantörer ska identifiera sina produkter med GTIN (GS1 u.å.). GTIN skulle kunna vara ett möjligt verktyg för att leva upp till EU-lagstiftningen om produktpass.

### **Klimatdeklarationer**

Sedan januari 2022 finns ett krav på Klimatdeklarationer för redovisning av klimatavtrycket för nya byggnader, med syfte att minska klimatpåverkan genom att minska utsläppen av växthusgaser och öka av kunskaperna om hur byggbranschen kan minska sin klimatpåverkan i byggskedet. En byggnad har tre skeden - byggskede, användningskede och slutskede. I klimatdeklarationer ingår endast byggskedet som inkluderar råvaror, tillverkning av byggprodukter, arbete på byggarbetsplatsen, transporter, byggnadens klimatskärm (gränsen mot omgivningen - golv, tak, ytterväggar, fönster och dörrar), bärande konstruktionsdelar och innerväggar. Klimatdeklaration måste göras för att få besked om bygglov från kommunen (Boverket 2023g)

## **4.2 Cirkulär ekonomi**

Regeringen beslutade den 9 juli 2020 en strategi för omställning till cirkulär ekonomi, med syfte att uppnå miljö- och klimatmål, trygga välfärden och näringslivets konkurrenskraft och uppnå de globala målen inom Agenda 2030. I strategin finns övergripande vision och mål:

*Vision: "Ett samhälle där resurser används effektivt i giffria cirkulära flöden och ersätter jungfruliga material"*

*Övergripande mål: "Omställningen till en cirkulär ekonomi ska bidra till att nå miljö- och klimatmålen, samt de globala målen i Agenda 2030" (Miljödepartementet u.å.).*

Strategin tar upp fyra fokusområden:

1. Cirkulär ekonomi genom produktion och produktdesign
2. Cirkulär ekonomi genom hållbara sätt att konsumera och använda material, produkter och tjänster.
3. Cirkulär ekonomi genom giffria cirkulära kretslopp
4. Cirkulär ekonomi som drivkraft för näringsliv och andra aktörer genom åtgärder som främjar innovation och cirkulära affärsmodeller (Miljödepartementet u.å.).

EU:s beskrivning av cirkulär ekonomi är: *“Ett ekonomiskt system som behåller värdet på produkter, material och resurser så länge som möjligt och minimerar avfallshanteringen”* (Delegationen för cirkulär ekonomi 2023).

Den tydligaste beskrivningen av cirkulär ekonomi fås kanske genom att jämföra med linjär ekonomi. I en linjär ekonomi utvinns en råvara från naturen, en produkt produceras och används och blir till sist till avfall - varianten slit och släng. Medan den cirkulära ekonomin handlar om ett slutet system där produkter och material återanvänds och återvinns tillbaka in i framställandet av en ny produkt istället för att slängas, se figur 4.



Figur 4. Linjär ekonomi och cirkulär ekonomi (Reproducerad med tillstånd av Naturskyddsföreningen 2023)

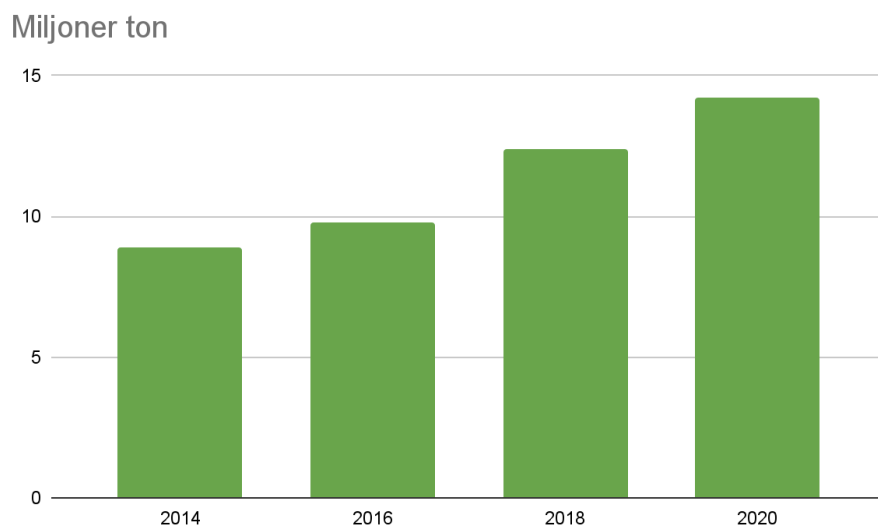
Enligt en rapport som gjorts av RISE inom innovationsprogrammet RE:Source är Sverige 3,5 % cirkulärt, vilket betyder att mer än 96 % av alla material vi använder i Sverige kommer från jungfruliga resurser. Dock går inte alla 96 % till spillo - 40 % lagras i infrastruktur och byggnader, 36 % är biomassa som skulle kunna cirkuleras och 20 % är fossila bränslen. Det globala genomsnittet för cirkularitet är 8,6 % och det finns länder som kommit en bra bit länge, till exempel Nederländerna med en cirkularitet på 24,5 % (RISE 2022).

Att återanvända material och öka materialåtervinningen innebär en minskning av behov att utvinna nya resurser, samtidigt som det generellt behövs mer energi för att utvinna jungfruliga material än att återvinna (Byggföretagen 2019).

Precis som i termodynamikens andra huvudsats - som säger att "det finns ingen process vars enda resultat är att värme överförs från en kallare kropp till en varmare kropp" (Nationalencyklopedin u.å.a) är det heller inte möjligt med en 100 % cirkulär ekonomi. En affärsmodell som inte producerar något avfall alls är svår att nå på grund av praktiska problem. Målet behöver inte vara att helt sluta loopen, affärsmodellen kan vara cirkulär ändå. Den kan också vara en del av ett större system där andra affärsmodeller använder avfallet som resurs och tillsammans blir man ett mer cirkulärt system (van Renswoude et al 2015, s2). Det viktiga är att följa cirkulära principer och jobba mot att affärsmodellen ska bli mer resurssnål och minska sitt avfall.

För byggbranschen skulle cirkulär ekonomi kunna innebära att sikta på lång livslängd för material och byggnader och att använda sig av befintliga produkter samt återbrukade och återvunna material. Att jungfruliga material blir ett undantag och minimering av avfall och giftiga material är centralt för ett cirkulärt byggande (Hållbar Utveckling Skåne 2021).

Byggavfallet ökar i hög hastighet enligt statistik från 2020, se figur 5. 2020 producerade Sverige 14,2 miljoner ton byggavfall, motsvarande 1,4 ton per capita, vilket innebär stora utmaningar för omhändertagande (Naturvårdsverket 2023b).



Figur 5. Statistik för mängden byggavfall i Sverige.

Avfall från byggsektorn uppstår som byggavfall vid nybyggnation eller som rivningsavfall vid ombyggnation eller rivning. Det är vanligare att byggavfall återvinns, jämfört med rivningsavfall, då byggavfallet kommer från nyligen tillverkade produkter och kännedomen kring materialinnehållet är större (Almasi et al 2018, s12). Kommunernas återvinningscentraler ansvarar inte för att ta hand om byggmaterial från företag, endast från privatpersoner. Byggföretag får istället vända sig till återvinningsföretag som hanterar bygg- och rivningsavfall (Göteborgs stad u.å.).

## 4.3 Hinder för återbruk/återvinning

Det finns många generella orsaker som skapar hinder för återbruk inom byggsektorn; både tekniska och ekonomiska hinder men också många organisatoriska, se tabell 1.

Tekniska hinder	<ul style="list-style-type: none"><li>• Riskerar att innehålla farliga ämnen</li><li>• Begränsad demonterbarhet till bibehållen funktion</li><li>• Begränsad möjlighet att transportera ut från lokalen</li><li>• Dåligt skick (+ saknade möjligheter att rekonditionera)</li><li>• Svårt att riva på ett säkert sätt</li><li>• Begränsad tillgång på återbrukat/återvunnet material/produkter</li></ul>
Ekonomiska hinder	<ul style="list-style-type: none"><li>• Billigare med nya produkter eller jungfruligt material i många fall</li><li>• Högt energibehov i drift jämfört med nya alternativ</li><li>• Dyrt att förvara och transportera</li><li>• Billigt att slänga</li></ul>
Organisatoriska hinder	<ul style="list-style-type: none"><li>• Begränsad möjlighet att lagerhålla</li><li>• Saknas efterfrågan på marknad</li><li>• Saknas produktokumentation</li><li>• Inställning/kunskap hos beställare och hantverkare</li><li>• Svårt att säkerhetsställa kvaliteten</li><li>• Tidsbegränsningar</li><li>• Tillförlitlighet när det gäller garantier och kvalitet</li><li>• För lite påtryckning från lagstiftning</li></ul>

Tabell 1. Sammanställning hinder för återbruk och återvinning för byggsektorn. (Brismark 2020, Hållbar Utveckling Skåne 2021)

## 4.4 Livscykelanalyser

Livscykeln för en byggnad eller produkt kan delas upp i olika delar som används för beräkningen av den totala miljöpåverkan för en byggnad. Analysen utgår från den hållbarhetsparameter som ska beräknas, där koldioxidekvivalenter är vanligt. I den här rapporten följs skedena som Standarden SS-EN 15978:2011, Hållbarhet hos byggnadsverk - Värdering av byggnaders miljöprestanda - Beräkningsmetod, har tagit fram (SIS 2011):

**A1 - A3 byggproduktskedet:** Produktion av produkter från råmaterial till färdig produkt. (A1 Råvaruförsörjning, A2 Transport, A3 Tillverkning)

**A4 - A5 byggproduktionsskedet:** Transporten av produkter till byggplatsen och slutförandet av byggnaden (A4 Transport, A5 bygg- och installationsprocess)

**B1 - B7 användningsskedet:** Påverkan under själva användandet av byggnaden (B1 Användning, B2 Underhåll, B3 Reparation, B4 Utbyte, B5 Ombyggnad, B6 Driftsenergi, B7 Driftens vattenanvändning)

<b>C1 - C4 slutskedet:</b>	Påverkan från rivning och bortfraktning av avfall (C1 Demontering, rivning, C2 Transport, C3 Restproduktionsbehandling, C4 Bortskaffning (SIS 2011))
<b>D:</b>	Fördelar och belastningar utanför systemgränsen

Data över klimatpåverkan från olika material anges i en EPD (Environmental Product Information). En EPD är en miljövarudeklaration som beskriver en specifik produkts miljöpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv.

I Sverige anger Boverket klimatpåverkan från material i en databas. Boverkets klimatdatabas visar data baserade på ett medelvärde från flera tillverkare och är konservativt satta vilket betyder att de är 25 % högre än medelvärdet för att stimulera byggprodukttillverkare att tillhandahålla specifika klimatdata för sina produkter, för att det inte ska vara fördelaktigt att använda generiska data. Boverket anger värden för A1 - A5. Medan i specifika EPDer finns mer täckande data för hela livscykeln (Boverket 2023d).

I EPDer delas ofta klimatpåverkan upp i olika kategorier:

GWP totalt = total global uppvärmningspotential

GWP fossil = global uppvärmningspotential från fossila bränslen

GWP biogen = global uppvärmningspotential från biogena bränslen

GWP luluc = global uppvärmningspotential från förändring av markanvändning (EPD-Norge 2023)

I denna rapport har värden för GWP totalt använts från de EPDer som granskats (vilken är summan av de andra tre kategorierna). I Boverkets data ingår endast GWP fossil. Vilket betyder att produkter som lagrar kol under sin livslängd får olika värden för klimatpåverkan beroende på om Boverkets databas eller specifika EPDer används.

I rapporten tas inte hänsyn till användningsskedet (B1-B7) då det är ingen eller obetydligt lite klimatpåverkan för samtliga granskade material när det gäller påverkan från själva materialen. Undantag görs för isolering där kompensation görs för hur väl materialen isolerar genom att öka mängden material (och därmed klimatpåverkan) för de material som isolerar sämre. Så att det på ett rättvist sätt går att jämföra de olika materialen, dvs de isolerar likvärdigt och därmed går samma mängd energi åt för att hålla ett hus varmt.

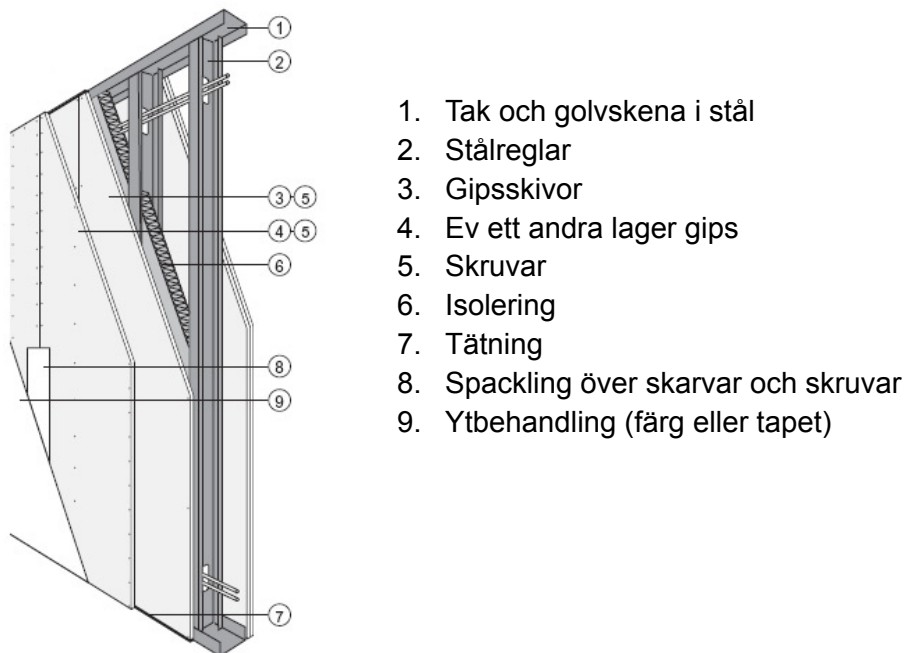
Skede D (fördelar och belastningar utanför systemgränsen) tas med där det finns ett värde. Produkter som använder sig av råmaterial i form av "avfall" (material som annars skulle ha förbränts) och därmed binder koldioxid har ett värde för D. D-värden tas med i dessa fall för total klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv.

Boverkets data tas med i rapporten för att belysa hur det blir om generella data används jämfört med de olika materialens EPDer.

## 4.5 Översikt utvalda material

Väggar som inte är en del av den bärande konstruktionen kallas icke bärande väggar. De kan vara insidan av en bärande yttervägg eller väggar som delar in huset i rum.

Uppbyggnaden av dessa väggar är oftast regler, byggskivor och isolering (Wahlström 2016), en beskrivning av de olika materialen finns i tabell 2 och en bild som förklarar uppbyggnaden av de olika materialen finns i figur 6.



1. Tak och golvskena i stål
2. Stålrugar
3. Gipsskivor
4. Ev ett andra lager gips
5. Skruvar
6. Isolering
7. Tätning
8. Spackling över skarvar och skruvar
9. Ytbehandling (färg eller tapet)

Figur 6. Uppbyggnad av innervägg (Norgips u.å.a)

Material	Användningsområde
Gipsskivor	<p>Gipsskivor är ett av många möjliga skivmaterial. Skivor kan ha flera funktioner i ett hus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ytskikt i tak och väggar</li> <li>● underlag för tapeter eller målarfärg</li> <li>● som bärande konstruktion</li> <li>● isolering av värme och kyla</li> <li>● fuktskydd</li> <li>● lufttätning</li> <li>● brandskydd</li> <li>● bullerskydd</li> </ul> <p>Gips är ett naturmaterial som kan brytas i naturen eller framställas kemiskt som en biprodukt vid förbränning.</p>
Mineralullisolering	<p>Isoleringens syfte i ett hus är att stänga ute kylan och att hindra att värme inne i huset släpps ut. Desto bättre värmeisolering desto lägre energibehov. Isolering kan bestå av olika material, det vanligaste är mineralull som finns både som stenull och glasull och används i form av skivor, mattor eller lösull. Mineralull har också god</p>

	Ljudabsorbsförmåga, tar inte upp fukt och brinner dåligt.
Ståltrekar	Reglar som används i innerväggar är inte bärande och är därför av tunnare material. Reglarnas syfte är att ge gipsskivorna något att fästa i och skapa ett utrymme för isoleringen. Stål kommer från järnmalm som bryts i gruvor och är en legering med till största delen järn och mindre del andra metaller. Stål kan ha olika egenskaper beroende på hur det framställs eller efterbehandlas.

Tabell 2. Material som tas upp i rapporten (Burström 2021)

## 5. Resultat

### 5.1 Gips

#### 5.1.1 Om materialet gips

##### Egenskaper

Gips är ett naturmaterial (kalciumsulfat) och råvaran kan komma från två olika källor. Dels kan gips brytas i naturen där det förekommer naturligt som en bergart eller så kan det framställas kemiskt (Riksantikvarieämbetet 2013). Kemiskt gips (eller industrigips som det också kallas) framställs som en biprodukt när svavel i rökgaser samlas in vid förbränning och kommer i kontakt med vatten och kalksten (Nationalencyklopedin u.å.b). För att tillverka gipsskivor är det vanligt att använda sig av bruten gips, kemisk gips eller återvunnen gips (Niklasson 2020). Gipsskivor används i stor omfattning som ytskikt i innertak och innerväggar vid byggnation av alla slags hus (se figur 7). Gipsskivor består oftast bara av gips, tillsatsmedel och kartong, men kan också innehålla glasfiber eller nermalt återvunnet papper (Burström 2021).



Figur 7. Gipsskivor (Norgips u.å.b)



En stor risk för byggbranschen är att naturresurserna tar slut, där gips är ett material som det kan bli brist på (Janson 2023). Därför forskas det på andra källor. Till exempel planerar LKAB att ta hand om gipset som bildas som en biprodukt tillsammans med fosfor, jordartsmetaller och fluor vid järnmalmsproduktionen. LKAB tror att de kan producera gips som motsvarar Sveriges befintliga behov på 650 000 ton med hjälp av vätgas och elektrifierade processer (LKAB 2022). Till skillnad från den traditionella processen vid industrigipsframställning behöver inte kalksten tillsättas. Saltsyra och kalcium som fås från lakvätska blandas med svavelsyra och bildar en gipsmassa som har en låg föroreningshalt pga tidigare separationssteg. Efter det tvättas och filtreras gipsmassan för att uppnå en kvalitet bra nog för att användas som byggmaterial. Svavelsyran som används kommer från processgas från en annan del av produktionen (Sweco 2021).

Gips är bra ur brandsäkerhetssynpunkt då det brinner dåligt. När värmen från en brand når gipsskivor avger de vattenånga vilket gör att temperaturen hålls nere och risken för att branden ska spridas minskar (Nationalencyklopedin u.å.c). För ytskikt i väggar och tak finns brandklassning från A-F, där byggprodukter som mycket lite bidrar till brandens utveckling klassas A eller B och med klass F klarar produkten inga brandkrav alls. Gipsskivor klassas A, B eller C (beroende på hur den är behandlad, tex målad eller tapetserad) (Boverket 2023b).

### **Gips som avfall**

Avfall från gipsskivor uppstår dels vid nybyggnation när skivorna kapas för att anpassas efter rummet eller om det beställts mer än vad som används men också vid rivning av hus. Avfallet från nybyggnation är rent medan det som kommer från rivning tar betydligt mycket mer tid och kräver mer av den som river och sorterar för att bli rent, då det ofta är ihopmonterat med reglar, golv, isolering och liknande. Det är betydligt enklare att slänga i stora sjok på deponi (Bok et al 2018). Gipsavfall kan ta tre olika vägar - malas ner för att återanvändas i nya gipsskivor, användas som jordförbättring eller läggas på deponi (Bok et al. 2018, s4). Det finns inte någon offentlig statistik för hur mycket gips som deponeras årligen (det inkluderas i kategorin icke-farligt mineraliskt bygg- och rivningsavfall i statistik från Statistiska Centralbyrån), men enligt en rapport om gipsavfall framtagen av RISE 2018 framgår att 2010 deponerades 100 000 - 300 000 ton gips från byggsektorn och 20-25 000 ton återvanns. Eftersom jordförbättring anses vara återvinning kan man tänka sig att en stor del av det återvunna gipset gått just dit (Bok et al 2018). Dock räknas detta som downcycling och är ett mindre värdefullt sätt att återanvända råvaran istället för att återvinna för tillverkning av samma produkt. I en rapport från IVL, där de 2017 samlat in statistik från Avfall Web, var det 163 av 269 kommuner och avfallsaktörer som angav att de separat samlat in gipsavfall (Almasi et al 2018), så förmodligen så läggs fortfarande en hel del på deponi.

**Återvinning** av gips är möjlig för de flesta gipsskivor som finns på marknaden. Kartong, tapet, skruvar och träbitar separeras bort i återvinningsprocessen, gipset mals sedan ner och kan återanvändas till nya gipsskivor. Det går även att återvinna gips som blivit fuktig eller har mögelpåväxt, men det får inte finnas några tungmetaller, PCB eller andra miljöfarliga ämnen i gipset (Bok et al. 2018). Gips har alltså utmärkta egenskaper och möjligheter för att återvinnas. Det viktiga är att få in gipset i återvinningsförloppet.

Det finns flera tillverkare av gipsskivor som återvinner gips, men vissa tar bara emot de gipsskivor som kommer från deras egna produktion men å andra sidan tar de då inget betalt för att ta emot avfallet (Sörensen & Higson 2015), vilket är fallet när det deponeras.

**Återanvändning** av gipsskivan som hel produkt är svårt. Hanteringen vid nedmonteringen är inte helt enkel, det är lätt att gipsskivan smulas sönder. Dessutom är ett stort antal gipsskivor i ett rum kapade för att anpassas till dörrar, fönster och vägguttag, vilket gör dem svåra att använda igen i befintligt skick (Bilaga 1). IVLs dotterbolag CCBuild har skapat en plattform för återbruk som består av tre delar: Produktbank, Marknadsplatsen och Inventeringsappen där företag kan inventera och mata in befintliga resurser från sina projekt och efterlysa, annonsera ut samt köpa begagnat byggmaterial (CC Build u.å.a). En sökning efter gipsskivor på Marknadsplatsen resulterade den 28 september 2023 i tre träffar vilket pekar på att än så länge är utbudet begränsat vilket inte gör det till ett tillförlitligt alternativ, men kanske en möjlighet inom det egna byggföretaget att återanvända gipsskivor från ett hus som samma företag river. Malmö Återbyggdepå köper och säljer begagnat byggmaterial, varje år får de in 200 ton hela gipsskivor (Almasi et al 2018), men eftersom de är hela är de förmodligen inte använda utan kommer förmodligen snarare från överinköp.

**Förebygga** står högst upp på avfallstrappan. Vid beställning av gipsskivor beställs ofta mer än vad ytan som ska gipsas kräver, för att slippa använda de spillbitar som blir efter att skivor kapas till för att passa in i rummet (Sörensen & Higson 2015). I en rapport gjord av IVL blir mellan 20 och 50 % av alla gipsskivor till spill som levererats till byggarbetsplatser (Almasi et al 2018). En hel del gipsspill skulle kunna förebyggas genom att istället beställa måttanpassade gipsskivor. Enligt en beräkning som gjorts av Sörensen och Higson kan 60 % spill sparas om måttanpassning väljs (Sörensen & Higson 2015).

### 5.1.2 Ekonomi

Inköpskostnad för material beror på var materialet köps in samt vilka rabatter inköpande företag har. För att ge en rättvis bild av förhållandet mellan de olika materialen snarare än exakta summor har priser från en större byggvarukedja använts (se tabell 3).

	Pris i byggvaruhandel per m <sup>2</sup> (inkl moms)
Gipsskiva med max 20 % återvunnet material, fossila och förnyelsebara energikällor	48,4 kr
Gipsskiva med 20 % återvunnet material, endast förnyelsebar energikälla	61,78 kr
	Pris på Marknadsplatsen
Återbrukad gipsskiva	11 kr
	Pris inom egna företaget
Återbrukad gipsskiva	0 kr

Tabell 3. Inköpspris för gipsskivor (Hornbach u.å.a, Hornbach u.å.b, CC Build u.å.b)

Kostnad för montering av gipsskivor som innehåller återvunnet material innebär ingen skillnad jämfört med gipsskivor med jungfruligt material. Då återbrukade skivor är anpassade efter tidigare användning kan måtten vara fel i förhållande till den nya platsen och gipsskivorna kan även ha hål för eluttag, fönster osv därmed blir det mer pusslande vid montering och det tar mer tid än hantering av nya gipsskivor och innebär därmed också en högre kostnad.

Hantering av gipsspill vid montering av skivor samt det gips som blir till avfall vid rivning kostar pengar. En studie från IVL från 2018 visar att det är dubbelt så dyrt att lämna gips på avfallsanläggningar jämfört med att lämna direkt till en materialåtervinnare, se tabell 4 (Almasi et al 2018).

Avfallsslag	Mottagningsavgift (kr/ton) medelpris	Hantering av avfallet
Gips (hos materialåtervinnare)	690	Materialåtervinning
Blandat avfall, ( avfallsanläggning)	1500	Deponi
Gipsfraktion, (på avfallsanläggningar)	1010	Materialåtervinning

Tabell 4. Kostnadsjämförelse hantering av gipsavfall

Gyproc som är en tillverkare av gipsskivor tar emot gipsspill gratis om spillet kommer från deras egen tillverkning. Vilket minskar kostnaderna för hantering av spill vid användning av nya gipsskivor. Det mottagna gipset återvinns och används i nya gipsskivor (Gyproc 2012). Om 20-50 % av allt inköpt material blir till spill på en byggplats (Almasi et al 2018) blir det mycket att skicka till återvinningscentralen eller deponi, en kostnad som sparas genom att skicka tillbaka spillet till tillverkaren.

I en jämförelse gjord av Sörenson och Higson där planering, transporter, hantering av material, montering, spillhantering och sophantering räknats in så minskar priset på totalen med måttanpassade gipsskivor med 15 %. Det är i kategorierna montering och hantering av spill som kostnaderna minskar mest (Sörensen & Higson 2015).

### 5.1.3 Garantier och kvalitetssäkring

Gips är 100 % återvinningsbart och det återvunna gipset har precis samma egenskaper som nytt gips, därför är det ingen skillnad i kvalitet och behövs inga specifika garantier för gipsskivor som innehåller återvunnet material (Pinheiro & Camarini 2015).

För kvalitetssäkring av återbrukade gipsskivor gäller de generella regler som tagits upp under 4.1.

#### 5.1.4 Tidsåtgång

Då återvunnet gipsmaterial har precis samma egenskaper som ny råvara är tidsåtgången för att montera gipsskivorna med återvunnet/ny råvara densamma.

Hantering av återbrukade gipsskivor kan ta betydligt mycket mer tid än nya skivor, då de inte alltid kommer i standardmått utan är anpassade efter huset där de suttit tidigare. Vid nedmontering av större lokaler så som lager eller långa korridorer där gipsskivorna sitter på rad i sin ursprungliga storlek blir det enklare att återanvända (Bilaga 1).

Med måttbeställda gipsskivor sparas tid vid montering då hantverkaren inte måste mäta och kapa skivorna utan kan montera direkt. (Sörensen & Higson 2015) Mer tid för mängdberäkning, beställning och planering av leveranser krävs, men på totalen är tidsåtgången lägre med måttbeställda gipsskivor (Sörensen & Higson 2015).

#### 5.1.5 Miljö- och klimatpåverkan

Gips är en naturprodukt och har därmed ingen direkt miljöpåverkan så länge det inte förbränns, då avges svavel som är brandfarligt, giftigt att andas in och skapar korrosion via lakvattnet (Naturvårdsverket 2022b). Däremot är det en ändlig resurs som kan ta slut. För att minska exploateringen av naturgips är återvinning ett bra alternativ (Davidsson 2020).

Produktskedet (dvs från utvinning av råvara till färdig produkt) har den överlägset största klimatpåverkan när det gäller gipsskivor. Det är torkningsprocessen och bränningen som står för den största delen av energianvändningen (Edkvist & Powell 2017). Därför är val av energikälla viktig för gipsskivans totala miljöpåverkan.

Boverkets uppgifter om klimatpåverkan för standardgipsskivor är beräknad till 0,344 kg CO<sub>2</sub>e per kilogram material, för produktskedet (A1-A5) (Boverket 2023c). Klimatpåverkan för 1 m<sup>2</sup> gipsskiva visas i tabell 5. Hur omräkning från antal kg CO<sub>2</sub>e per *kilogram material* till antal kg CO<sub>2</sub>e per *kvadratmeter för en viss tjocklek* av samma material är gjord, se formel under kapitel 3.1. Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi.

Klimatuppgifter gipsskiva (1 m <sup>2</sup> i tjocklek 12,5 mm), data från Boverket	
Material	Mix av återvunnen gips, industrigips och jungfruligt material
Livslängd	Mer än 50 år men beräknas också vara densamma som konstruktionen den är en del av
Densitet	710 kg/m <sup>3</sup>
Vikt	8,875 kg
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>3,053 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 5. Klimatuppgifter per kvadratmeter gipsskiva (Boverket 2023c)

I en utredning gjord av IVL framgår det att återvinna 1m<sup>2</sup> gipsskiva har en koldioxidkvivalentbesparing på 2,5 kg (Miliute-Plepiene et al 2019, s26). Besparing på 2,5 kg CO<sub>2</sub>e ger en klimatpåverkan på 3,053 - 2,5 = **0,553 kg CO<sub>2</sub>e** för 1m<sup>2</sup> gipsskiva i 100 % återvunnet material. Vilket betyder att bara använda återvunnet material i en gipsskiva sänker klimatavtrycket med 80 %.

För att göra en jämförelse med klimatdata från miljövarudeklarationer (EPD) har värden från Norgips Standard gipsskiva och Norgips Standard ECO gipsskiva tagits fram, se tabell 6. Miljövarudeklarationer innehåller fler skeden än de som Boverket redovisar. I en miljövarudeklaration inkluderas även användningsskede (B1-B7), slutskede (C1-C4) och ibland också påverkan utanför systemgränserna (D). För EPDer ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena).

Klimatuppgifter	Norgips Standard gipsskiva (1m <sup>2</sup> tjocklek 12,5 mm)	Norgips Standard ECO gipsskiva (1m <sup>2</sup> tjocklek 12,5 mm)
Material	ca 20 % återvunnen gips	ca 20 % återvunnen gips
Livslängd	60 år	60 år
Energikälla	Förnybara och fossila energikällor	100 % förnybara energikällor
Klimatpåverkan produktskede (A1 - A5)	<b>2,20 kg CO<sub>2</sub>e</b>	<b>0,966 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Avfall	materialåtervinning / deponi	materialåtervinning / deponi
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4) materialåtervinning	0,876 kg CO <sub>2</sub> e	0,902 kg CO <sub>2</sub> e
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4) deponi	1,113 kg CO <sub>2</sub> e	0,968 kg CO <sub>2</sub> e
Klimatpåverkan slutskede (D) materialåtervinning	-0,0311 kg CO <sub>2</sub> e	-0,0408 kg CO <sub>2</sub> e
Klimatpåverkan slutskede (D) deponi	0,0238 kg CO <sub>2</sub> e	0,0217 kg CO <sub>2</sub> e
Total klimatpåverkan hela livscykeln (materialåtervinning)	<b>3,045 kg CO<sub>2</sub>e</b>	<b>1,827 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Total klimatpåverkan hela livscykeln (deponi)	<b>3,337 kg CO<sub>2</sub>e</b>	<b>1,956 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 6. Värden för Norgips gipsskivor från miljövarudeklaration (EPD-Norge 2020a, EPD-Norway 2022)

Gyproc och Norgips är två stora tillverkare av gipsskivor i Sverige. På Norgips hemsida framgår det att de använder sig av 20 % återvunnet gips och 100 % återvunnen kartong i sina skivor (Norgips u.å.c). Gyproc använder sig av upp till 30 % återvunnet material i sina gipsskivor, de återvinner både gips och kartong själva (Gyproc 2022).

Återbruk av gipsskivor innebär att produktskedet försvinner, vilket är det skede som har överlägset störst klimatavtryck. Klimatpåverkan för en återanvänd byggprodukt med data från Boverket är 0,0045 kg CO<sub>2</sub>e per kilo. Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi. Hur omräkning från antal kg CO<sub>2</sub>e per *kilo material* till antal kg CO<sub>2</sub>e per *kvadratmeter för en viss tjocklek* av samma material är gjord, se formel under kapitel 3.1. I tabellen nedan (tabell 7) visas klimatpåverkan för 1 m<sup>2</sup> återbrukad gipsskiva.

Klimatuppgifter gipsskiva (1 m <sup>2</sup> i tjocklek 12,5 mm), data från Boverket	
Material	Återbrukad gipsskiva
Livslängd	ingen uppgift
Energikällor	Inga
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>0,040 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 7. Klimatpåverkan per kvadratmeter återbrukad gipsskiva (Boverket 2023c)

Att förebygga gipsspill genom tex måttbeställning av gipsskivor sänker den totala klimatpåverkan genom att mindre mängd material används.

### 5.1.6 Transporter och lagring

Då gips inte finns naturligt i Sverige importeras allt naturligt gips från Polen, Tyskland och Sydeuropa (Quintana & Yngstrand 2011, s 7) Även industrigips importeras då Sverige inte har kolkraft där gips utvinns. Vilket betyder att både gips som material och även hela gipsskivor transporteras till Sverige. Den tredje källan, återvunnet gips, går däremot att få tag på inom Sverige då flera återvinningscentraler tar emot gips.

För företag som ligger långt ifrån platser som återvinner gips kan det bli långa transporter för att frakta till återvinning. Alternativet skulle vara att själva lagra tills volymerna blir så stora att en hel lastbil fylls. Men ofta finns inte det förvaringsutrymmet, det blir därmed mer effektivt och billigare att lämna på deponi. RagnSells menar dock att "Nyttan med återvinning är större än utsläppen från transporten oavsett var i landet materialet körs ifrån". Vilket betyder att återvinning av gips belastar miljön väsentligt mycket mindre än användning av jungfruligt material (RagnSells u.å.).

Att använda sig av återbrukade gipsskivor kan innebära kortare transporter då hus där gipsskivor har använts rivs över hela landet.

Måttanpassade gipsskivor gör att kvantiteterna blir lägre jämfört med att beställa endast i standardstorlek vilket innebär mindre kvantiteter att frakta.

### 5.1.7 Andra alternativ

Det finns många alternativa material till gipsskivor - OSB (Oriented Straded Board), Plywood, HDF (High Density Board) och Spånskivor är några exempel. I denna studie har Plywood valts ut som alternativt material att jämföra med gips då trä är en förnybar resurs och har den lägsta klimatpåverkan av vanliga skivmaterial enligt Boverkets klimatdata (tabell 8).

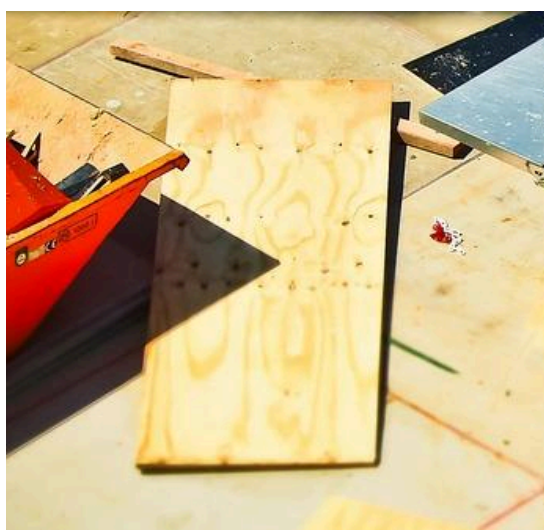
Skivmaterials klimatindikatorer A1-A3	klimatpåverkan GWP-GHG per kg
OSB	0,448 kg CO2e
Plywood	0,448 kg CO2e
Spånskiva	0,488 kg CO2e
Fibercementskiva	0,849 kg CO2e
HDF	0,638 kg CO2e

Tabell 8. Klimatpåverkan för vanliga skivmaterial (Boverket 2023c)

Ett relativt nytt material på marknaden är Recomas byggskivor med kasserade kompositförpackningar som råmaterial. Även dessa tas med i jämförelsen när det handlar om miljönytta. Bägge materialen har likvärdiga utseendemässiga egenskaper som gips. Klimatpåverkan från Recomas skivor per kg är 0,098 kg CO2e.

#### Plywood

Plywood är träfaner som limmats i lager med 90 graders rotation av fiberriktningen vid varje lager (se figur 8). Limmet är vanligen ett vattenfast lim. Plywood kan användas som skivmaterial för ytskikt men kan också användas som bärande konstruktion (Svenskt Trä 2015). Plywood kan materialåtervinnas eller energiåtervinnas (Svenskt Trä 2021).



Figur 8. Plywood (Reproducerad med tillstånd av Pixabay u.å.)

Boverkets uppgifter om klimatpåverkan för plywood är beräknad till 0,539 kg CO<sub>2</sub>e per kilo material för produktskedet (A1- A5) (Boverket 2023).

Plywood uppfyller brandklass D, men går att använda med kompletterande brandskyddslösningar som tex sprinklers för att uppnå högre brandklass (Svenskt Trä 2021). För hus med tre eller fler våningar har plywood för låg brandklass och förutom sprinklers är färg eller lack med brandskydd ett alternativ. För att kunna göra en rättvis jämförelse med gips läggs miljöpåverkan för brandskyddsfärg till i beräkningen för produktskedet. Brandskyddsfärgens klimatpåverkan för skede C och D är så pass liten att det bortses ifrån i denna rapport (Bilaga 5). Hur omräkning från antal kg CO<sub>2</sub>e per *kilogram material* till antal kg CO<sub>2</sub>e per *kvadratmeter för en viss tjocklek* av samma material är gjord, se formel under kapitel 3.1. Klimatpåverkan för 1 m<sup>2</sup> plywood visas i tabell 9. Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi.

Klimatuppgifter plywood (1 m <sup>2</sup> i tjocklek 12 mm), data från Boverket	
Material	Gran och lim (mindre än 10 %)
Livslängd	mer än 50 år men beräknas också vara densamma som konstruktionen den är en del av
Densitet	460 kg / m <sup>3</sup>
Vikt	5,52 kg
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	2,473 kg CO <sub>2</sub> e
Klimatpåverkan brandskyddsfärg (A1-A5)	0,9188 kg CO <sub>2</sub> e
<b>Total klimatpåverkan (A1-A5)</b>	<b>3,392 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 9. Klimatuppgifter per kvadratmeter plywood (Boverket 2023c)

För att göra en jämförelse med klimatdata från miljövarudeklarationer (EPD) har värden på plywood från WISA tagits fram, se tabell 10. För denna EPD ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena) samt skede A-D.

Klimatuppgifter WISA plywood (1m <sup>2</sup> tjocklek 12 mm)	
Material	obehandlad björk
Livslängd	minst 100 år och kan beräknas vara en permanent komponent i byggnaden som inte behöver bytas ut under byggnadens livslängd
Energikälla	Förnybara och fossila energikällor



Klimatpåverkan produktskede (A1 - A5)	-8,465 kg CO <sub>2</sub> e
Klimatpåverkan brandskyddsfärg (A1 - A5)	0,9188 kg CO <sub>2</sub> e
Total klimatpåverkan (A1 - A5)	<b>-7,546 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Avfall	energiåtervinning
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4)	13,66 kg CO <sub>2</sub> e
Klimatpåverkan återvunnet material (D)	-4,188 kg CO <sub>2</sub> e
Total klimatpåverkan hela livscykeln	<b>1,926 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 10. Värderna för WISA plywood från miljövarudeklaration (EPD 2023a)

Plywood, i tjockleken 12 mm, kostar hos en större byggvaruhandlare **133 kr/m<sup>2</sup>** inkl moms (Hornbach u.å.c).

Att återanvända plywood är möjligt (Svenskt Trä 2015). Ett exempel är projektet Gentræ där företagen Peab, Wihlborgs och Beijer samarbetar genom att ta tillvara överblivet eller utrivet trä. Peab samlar ihop materialet på byggarbetsplatsen och Beijer hämtar upp, städar, rensar, sorterar och hanterar träet så att det blir säljbart igen (Jansson 2021).

Trä utgör en stor del av Sveriges totala avfall: 1,845 miljoner ton år 2020 (Naturvårdsverket 2020b) och Boverket anger att byggbranschens totala icke-farliga avfall utgörs främst av jordmassor, mineralavfall, muddermassor, träavfall och metallavfall (Boverket 2023f). På återvinningscentralen tas plywood emot som målat eller limmat trä och går till förbränning (Sysav 2023a).

### Byggskivor av förpackningar

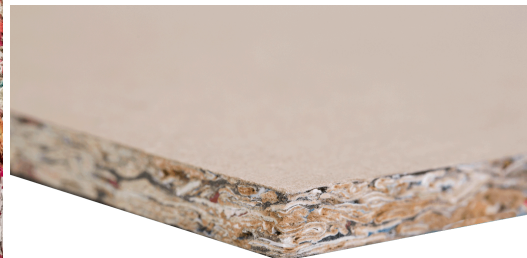
Recomas byggskivor är till 100 % tillverkade av återvunna förpackningar (se figur 9) som annars till största delen skulle gått till energiåtervinning och kommer från:

- Utsorterat ur restavfall (anses kontaminerat och förbränns därför)
- Blandat papper/plast-avfall från producenter (för svårt/dyrt för avfallsbolagen att hantera, skickas därför till förbränning)
- Spill/överblivet från producenter (ej varit på marknaden, ej bidragit till producentansvar, går till förbränning)
- Engångsmuggar osv från events och restauranger
- Strömmar av utsorterad vätskekartong när pappersbruk har kapacitetsbrist
- Spill från produktion av PE-laminerad kartong (Bilaga 3)



Figur 9. Råmaterial till byggskivor (Recoma u.å.a)

Figur 9 och 10 är reproducerade med tillstånd av Recoma



Figur 10. Byggskiva från Recoma (Recoma u.å.c)

Skivorna är 100 % återvinningsbara till nya skivor och tillverkningsprocessen innebär inget avfall och inga biprodukter. Skivorna tillverkas i Sverige vilket innebär kortare transporter än för produkter som importeras (Recoma u.å.a). Recomas byggskivor liknar gipsskivan när det kommer till ytskikt och kan i alla avseenden ersätta gipsskivan förutom när det gäller brandsäkerhet (se figur 10). För att uppnå samma brandsäkerhet behöver skivorna beläggas med brandbeständig lack eller färg, utan beläggning håller de brandklass D. Ett annat alternativ, vid byggen där flera gipsskivor monteras på varandra, skulle vara att använda sig av Recomas byggskivor innerst och gips på det yttersta lagret (Recoma u.å.b) eller installation av sprinklersystem för att uppnå högre brandklass. Recomas byggskivor behöver inte innebära något avfall om de rivs ner eller om spill uppstår då de går att återvinna till nya byggskivor genom ett retursystem som Recoma erbjuder.

Boverket har ingen klimatdata för byggskivor av förpackningsmaterial, därför används endast värden från miljövarudeklaration för Recomas skivor. Materialet som används i Recomas byggskivor skulle gått till förbränning om det inte använts i byggskivorna, därmed binds koldioxiden in i materialet på ett likartat sätt som trä binder koldioxid under sin livstid. I miljövarudeklarationer för trämaterial är produktskedet (A1-A5) ett negativt värde på grund av att koldioxid binds in och både biogena och fossila källor räknas med, om slutskedet (C1-C4) innebär förbränning visas på positiva koldioxidvärden (EPD-Norge 2020c, EPD 2021). Om samma resonemang förs för Recomas byggskivor av byggmaterial kan den mängd koldioxid som skulle ha släppts ut vid förbränning bindas in i materialet och därmed räknas bort. I EPDn för Recomas byggskivor framgår att när skivorna blir till avfall sorteras de efter vad som kan återanvändas, återvinnas eller energiåtervinnas. Eftersom det inte framgår hur stor del som går till förbränning används inte värdena för slutskede för att få fram hur mycket koldioxid som binds. Istället används ett generellt värde. I en studie om avfallshanterings miljöpåverkan (Ascue 2015) framgår det att 1 ton förbränt avfall släpper ut 0,3 ton koldioxid om man utgår från blandat avfall. Koldioxid som binds i byggskivorna av papper går då att räkna ut med ett ungefärligt resultat (eftersom exakt innehåll i skivorna inte är bestämt utan antas vara jämförbart med blandat avfall). Byggskivorna väger 9,36 kg per m<sup>2</sup>. Om 1 ton förbränt avfall släpper ut 0,3 ton CO<sub>2</sub> släpper 1 kg förbränt avfall ut 0,3 kg

CO<sub>2</sub>. En kvadratmeter material som väger 9,36 kg släpper därför ut  $0,3 \times 9,36 = 2,808 \text{ kg CO}_2\text{e}$  vid förbränning. Vilket är den mängden koldioxid som byggskivorna från Recoma binder med det här resonemanget. För att inkludera koldioxidutsläpp som undviks, på grund av att avfallet blir till byggskivor, läggs detta värde till i skede D.

Recomas byggskivor uppfyller brandklass D, men går att använda med kompletterande brandskyddslösningar som tex sprinklers för att uppnå högre brandklass eller brandskyddsfärg. För hus med tre eller fler våningar har byggskivorna av förpackningsmaterial för låg brandklass. För att kunna göra en rättvis jämförelse med gips läggs miljöpåverkan för brandskyddsfärg till i beräkningen för produktskedet. Brandskyddsfärgens klimatpåverkan för skede C och D är så pass liten att det bortses ifrån i denna rapport (Bilaga 5). Klimatpåverkan för 1 m<sup>2</sup> byggskiva från Recoma, baserat på resonemanget ovan, visas i tabell 11. För denna EPD ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena) samt skede A-D.

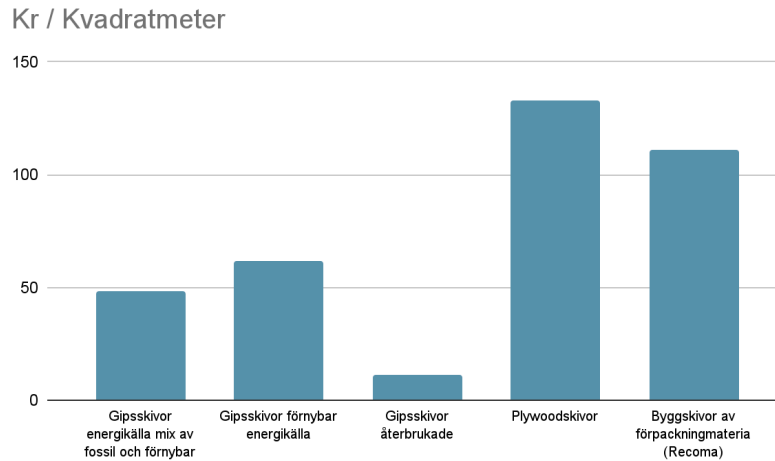
Klimatuppgifter	Recoma Byggskiva (1m <sup>2</sup> tjocklek 12 mm)
Material	100 % återvunna kompositförpackningar innehållande: 5 % metaller 29 % fossila material 66 % biobaserade material
Livslängd	uppgift saknas
Energikälla	både fossila och förnybara energikällor
Klimatpåverkan produktskede (A1 - A5)	0,914 kg CO <sub>2</sub> e
Klimatpåverkan brandskyddsmedel (A1 - A5)	0,9188 kg CO <sub>2</sub> e
Total klimatpåverkan (A1 - A5)	<b>1,833 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Avfall	Sorteras för återanvändning, materialåtervinning, energiåtervinning och deponi. Men Recoma erbjuder ett retursystem där 100% återvinns till nya skivor.
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4)	5,127 kg CO <sub>2</sub> e
Klimatpåverkan undvikande av förbränning (D)	-2,808 kg CO <sub>2</sub> e
Total klimatpåverkan hela livscykeln	<b>4,152 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 11. Värden för Recoma Byggskivor från miljövarudeklaration (EPD hub 2021)

En byggskiva från Recoma som är 1,2 x 2,5 m (tjocklek 12 mm) kostar 267 kr + 25 % moms. Pris inklusive moms: 333,75 kr. En skiva har ytan 3 m<sup>2</sup>. Pris per m<sup>2</sup> blir då **111,25 kr** (Recoma u.å.c).

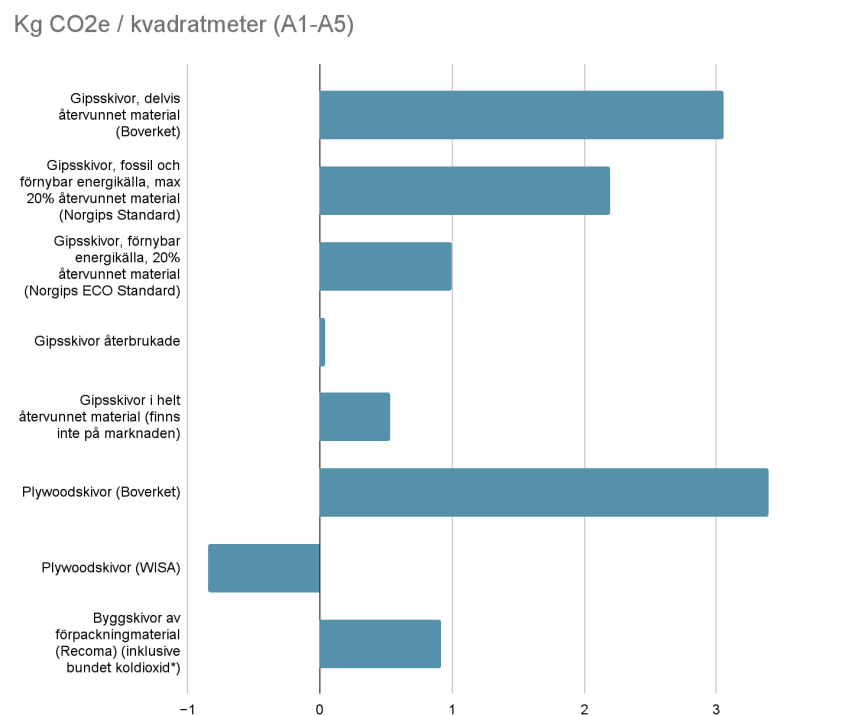
## 5.1.8 Sammanfattning klimatpåverkan och pris för byggskivor

Pris per kvadratmeter byggskiva i olika material jämförs i figur 11



Figur 11. Inköpspris för byggskivor (Hornbach u.å.a, Hornbach u.å.b, CC Build u.å.b, Hornbach u.å.c, Recoma u.å.c)

Klimatpåverkan för tillverkning av byggskivor i olika material jämförs i figur 12. I Boverkets data ingår endast fossila källor medan EPDer även innehåller biogena. I denna figur påvisas att plywood har negativ klimatpåverkan i EPDn medan den är positiv i Boverkets. Det beror förmodligen på att Boverket inte har räknat in lagring av koldioxid.



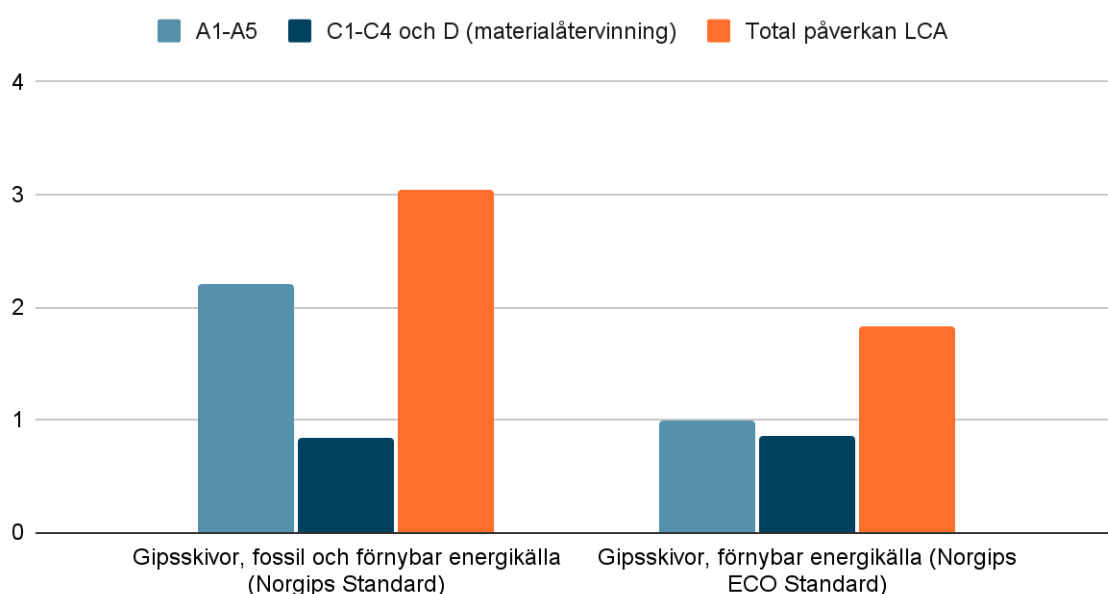
Figur 12. Klimatavtryck för produktfasen för byggskivor (Boverket 2023c, EPD-Norge 2020a, EPD-Norway 2022, EPD 2023a, EPD Hub 2021)

Uppgifterna om miljöpåverkan (som mäts i kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>) för skivmaterial tagna från Boverkets klimatdatabas är konservativt satta, vilket betyder 25 % högre än genomsnittet. Boverket anger att det är de konservativa värdena som ska användas i beräkning i klimatdeklaration om inte EPD för specifik byggprodukt finns (Boverket 2023d).

Klimatpåverkan för produktskede, slutskede och hela livscykeln (dvs produktskede + slutskede) för byggskivor i olika material visas i figur 13a (när slutskedet är materialåtervinning) och 13b (när slutskedet är energiåtervinning eller deponi). För plywood och byggskivor av förpackningsmaterial finns ingen data för materialåtervinning, även om det är möjligt för båda materialen.

I figur 13a påvisas att energikällan som används vid framställning av gipsskivor är av stor betydelse för den totala klimatpåverkan.

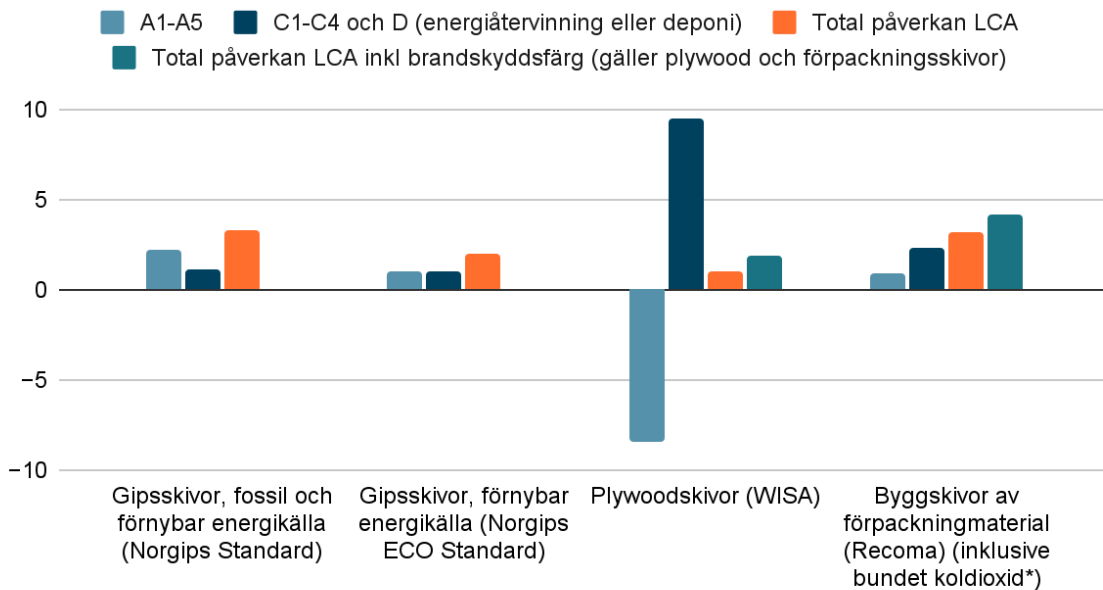
### Kg CO<sub>2</sub>e per kvadratmeter



Figur 13a. Översikt av klimatpåverkan i hela livscykeln för byggskivor när materialet återvinns i slutskedet. (EPD-Norge 2020a, EPD-Norway 2022, EPD 2023a, EPD Hub 2021)

I figur 13b syns att klimatpåverkan för plywood och förpackningsskivor är stor i slutskedet och val av metod för sluthantering är därför viktig för den totala klimatpåverkan, i det här exemplet energiåtervinns materialen. Att plywood och förpackningsskivorna får så höga värden i slutfasen beror på att koldioxid som lagrats i materialet under livstiden frigörs. Hade förpackningsskivorna istället returnerats till Recoma för att bli nya skivor hade värdena varit helt annorlunda. I figur 13b syns också att brandskyddsfärgen fördubblar klimatpåverkan för plywooden för att uppnå samma brandskydd vilket gör att den totala klimatpåverkan blir ungefär densamma som för gipsskivor med endast förnybar energikälla.

## Kg CO2e per kvadratmeter



Figur 13b. Översikt av klimatpåverkan i hela livscykeln för byggskivor när materialet förbränns eller deponeras i slutskedet. (EPD-Norge 2020a, EPD-Norway 2022, EPD 2023a, EPD Hub 2021)

### 5.1.9 Sammanfattning cirkularitet för byggskivor

I nedan tabell (tabell 12) visas en jämförelse av hur cirkulära de studerade materialen är och skulle kunna vara. Återbruk av samtliga material är ännu bättre än materialåtervinning som är det mest cirkulära alternativet i tabellerna. Återbruk har inte tagits med i jämförelsen eftersom det praktiskt är svårare på grund av tillgång och problemen det skapar vid montering.

**Grönt** innebär god cirkularitet (återanvändning eller avfall som råmaterial)

**Gult** en större del är cirkulärt (materialåtervinning)

**Orange** en liten del är cirkulärt (materialåtervinning till viss del eller energiåtervinning)

**Rött** ej cirkulärt (jungfruliga material / deponi)

Cirkularitet hos byggskivor		
Jungfruligt material + återvunnet material	Gipsskivor i dagsläget	Deponi + materialåtervinning
Återvunnet material	Gipsskivor möjligheter	Materialåtervinning
jungfrulig råvara	Plywood i dagsläget	Energiåtervinning
Avfall som råmaterial	Byggskivor av förpackningar	Materialåtervinning

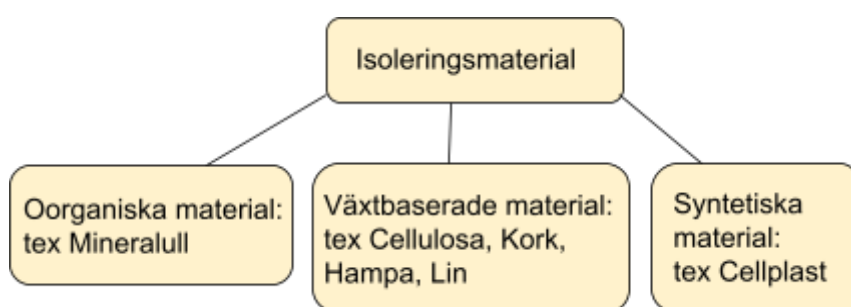
Tabell 12. Jämförelse av cirkularitet hos byggskivor (EPD-Norge 2020a, EPD-Norway 2022, EPD 2023a, EPD Hub 2021)

## 5.2 Mineralull

### 5.2.1 Om mineralullsisolering som material

#### Egenskaper

Isoleringens främsta uppgift är att skapa ett behagligt inomhusklimat, genom att stänga ute kyla och hindra inomhusvärmens från att sippra ut. Ju effektivare isoleringen är desto lägre blir energibehovet. Vakuüm är ett idealt värmeisoleringsmaterial då det inte ger någon värmetransport, men det är svårt att tillverka användbara byggmaterial med den principen. Vanligt är istället att använda olika former av cell- eller fiberstrukturer som till exempel mineral- eller cellulosa-fibrer eller cellplast. Isoleringmaterial går att dela in i tre olika grupper: Organiska material, Växtbaserade material och Syntetiska material (se figur 14), (Burström 2021, s 530-544).



Figur 14. Indelning av isoleringsmaterial

Det vanligaste isoleringsmaterialet i Sverige är mineralull, vilket finns som stenull och glasull. Stenull fås genom att diabas smälts ner med koks. Den flytande massan hälls ut över snurrande spinnhjul varpå fibrer bildas när den slungas ut. Sand användes ursprungligen vid tillverkning av glasull, men numera används oftast återvunnet glas. Glaset smälts och hälls ner i snurrande spinnare med hål i väggarna. Stenullen innehåller järnoxid vilket gör den gråbrun medan glasullen nästan är vit, men ofta tillsätts fenolharts som gör den gul (figur 15).



Figur 15. Glasullsisolering (Reproducerad med tillstånd av Pixabay u.å.)

Mineralull tas fram som lösull (används ofta i tex vindbjälklag), skivor (i väggar och golv) eller mattor. Det förekommer också att isolering kombineras med andra material som trä, stål och gips i färdiga väggelement. För att mineralullen ska vara vattenavvisande och damma mindre tillsätts paraffinolja i liten mängd. Mineralull har god förmåga att absorbera ljud och står emot fukt bra. Materialets förmåga att leda värme mäts i lambda ( $\lambda$ ) i enheten watt per meter och temperaturdifferens (W/mK), ju högre värde desto sämre förmåga att isolera. Storleken i meter är i det här fallet tjockleken på isoleringen (inte höjd och bredd). För mineralull är lambda-värdet 0,03 - 0,039 W/mK (Burström 2021, s 532-535). En studie av Bålant Palmgren (2019) visar att för samtliga isoleringsmaterial som testas försämras Lambda-värdet vid fukt. Behovet av tjocklek på isoleringen varierar beroende på vilken geografisk klimatzon huset befinner sig i. I Boverkets byggregler (2011, tabell 9:2a och tabell 9:2b) kan man utläsa vilken genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U-värde) huset ska ha för olika geografiska lägen och med hjälp av det värdet avgöra tjockleken på isoleringen.

Mineralull är klassad som obrännbart och har brandklassning A1 eller A2 beroende på sort (Boverket 2023b). Mineralull innehåller fenol som vid brand avger farliga gaser (Hållbara Hus u.å.).

När varm och kall luft möts bildas kondens, vilket betyder att vattenångan som finns i luften blir till vätska. Mineralull kan inte ta upp eller avge fukt, vilket betyder att om fukt kommer in i isoleringen rinner den ner och riskerar att orsaka mögelpåväxt. För att undvika att fukt uppstår i isoleringen används en diffusionsspärr (kallas även ångspärr) av plast (Åhman 2020).

### **Mineralull som avfall**

Mineralull som avfall uppstår både vid rivning av hus och som spill vid nyproduktion. Avfallet går oftast till deponi, i enstaka fall går det till förbränning (Almasi et al 2018, s30), men det kan också återvinnas och återanvändas.

Det finns inget lagkrav på sortering av mineralull. Dock kan en tillsynsmyndighet om det är skäligt bedöma att en viss typ av isolering ska sorteras ut separat, men det är inget som ingår i avfallsförordningen (nämnd i kapitel 4.1 i denna rapport) (Bilaga 4).

Mineralull kan **återvinnas** genom smältning till ny glasull, men måste vara torr och ren. Det finns inga återvinningsföretag som tar emot förorenat glasullsavfall från Kommunens avfallsanläggningar (Almasi et al 2018, s29). 2018 konstaterade Almasi et al (2018) att eftersom materialåtervinning bara finns för mycket rent isoleringsmaterial, och inte heller denna kategori har nått en stor skala, så är återvinningen för mineralull väldigt liten i dagsläget.

Men mycket tyder på att det hänt en hel del sedan dess, dels i intervjun med Joakim Green, Skanska, så framkom att spill som uppkommer vid nybyggnation sorteras separat och rivs sedan till lösull (bilaga 1).

Det finns också företag som erbjuder att ta tillbaka sina egna produkter antingen som spill eller vid rivning, under förutsättning att produkten är ren, som de sedan återvinner till nya produkter. Ett exempel är servicen SoundCircularity som görs av Ecophon, de erbjuder kunden särskilda säckar som sedan kan packas med glasullsprodukter som är torra och



rena och kommer från Ecophon. Det insamlade materialet kan komma från installationspill eller från rivning (Ecophon u.å.).

Även stenull kan återvinnas. Sedan 2019 har Paroc, en av de större tillverkarna av isoleringsmaterial, samlat in spill från produktion, skadade produkter och insamlat material från kunder för att sedan riva stenullen som de sedan fibriserar och skapar nya produkter med. Under 2019 återvanns 35 000 ton på det sättet. Samma år återvann de 26 000 ton till lösull och 69 000 ton till nya produkter med tekniken briketter som tillsätts den jungfruliga råvaran (Paroc 2021).

Företaget Isover (Saint-Gobain) erbjuder en tjänst de kallar Isover Zero Waste vilket går ut på att byggföretag kan hyra en mobil utrustning som river spillmaterial till lösull på plats så att det sedan kan användas direkt i samma projekt (Isover u.å.a).

Tydlig statistik på om det är en trend att isoleringsavfallet minskar är dock svår att få fram då isolering inte är en separat fraktion i offentlig statistik (hos Statistiska Centralbyrån) utan inkluderas i kategorin icke-farligt mineraliskt bygg- och rivningsavfall tillsammans med flera andra material.

**Återanvändning** av mineralull i en annan form kan ske genom att riva den och på så sätt skapa en lösullsprodukt eller att använda materialet som en komponent vid tillverkning av tegel eller takplattor. Att riva mineralull till lösull innebär energiåtgång i processen men då lösullsentreprenörer har system då de möjliggör rivning av spill på byggsplatsen undviks transporter då lösullet kan användas direkt i väggar eller på vindsbjälklag (Davidsson 2020).

Malmö Byggdepå är ett exempel på företag som tar emot och säljer använt byggmaterial. De tar varje år emot flera tusen kvadratmeter isolering som säljs tillbaka till byggföretag, oftast kommer materialet från överinköp eller från produktionspill i rena produkter i sin förpackning (Almasi et al 2018, s31, 48).

För att **förebygga** åtgången av isoleringsmaterial går det att använda lösull istället för skivor. Förut undvek man att använda lösull i väggar då man riskerade att den skulle sjunka ihop och därmed lämna tomma oisolerade utrymmen i väggarna. Lösullsmaterialet har utvecklats och är mer kompakt idag och fungerar även vertikalt utan att sjunka ihop. Vid användning av lösull används precis så mycket som behövs, medan med skivor blir det spill när isoleringen anpassas efter utrymmena den ska fylla (Bilaga 1). Lösullen är dessutom enklare att återanvända då den inte har specifika mått som skivorna av mineralull.

## 5.2.2 Ekonomi

Kostnad för inköp av material beror på från vilken leverantör materialet köps in, samt vilka rabatter inköpande företag har. För att ge en rättvis bild av förhållandet mellan de olika materialen snarare än exakta summor har priser från en större byggvarukedja använts (se tabell 13). För återbrukat alternativ varierar priset, i figuren nedan har pris på material som fanns på CC Builds marknadsplats för återbrukat byggmaterial den 20 oktober 2023 använts för att ge en uppfattning om prisbild.

	Pris i byggvaruhandel per m2 (inkl moms)
Skivor av glasull med 100 % jungfruligt material	80,46 kr
Skivor av stenull	88,38 kr
	Pris på Marknadsplatsen per m2 (CC Build)
Återbrukad glasull i skiva	38 kr
	Pris inom egna företaget
Återbrukat isoleringsmaterial	0 kr

Tabell 13. Inköpspris för isoleringsskivor med tjocklek 95 mm (K-Rauta u.å.a, K-Rauta u.å.b, CC Build u.å.b)

Hantering av mineralullspill vid montering samt den isolering som blir till avfall vid rivning kostar pengar. Hos Sysav i södra Skåne får företag betala 1280 kr/ton för att deponera mineralull (Sysav 2023b).

### 5.2.3 Garantier och kvalitetssäkring

Återvunnen mineralull har samma egenskaper som jungfruligt material och det är därför ingen skillnad i kvalitet och behövs inga specifika garantier för mineralull som innehåller återvunnet material.

För kvalitetssäkring på återbrukad mineralull gäller de generella regler som tagits upp under 4.1.

### 5.2.4 Tidsåtgång

Tidsåtgången för att använda återvunnen mineralull är densamma som för mineralull med jungfruligt material. Att använda återbrukad mineralull kan öka på tidsåtgången då den är anpassad efter huset där den tidigare satt, dock är det mycket ovanligt med återbrukad mineralull. Vanligare är lösull som är återvunnen från spill från jungfruligt material.

Det går snabbare att använda lösull än skivor av isolering eftersom montören slipper anpassa efter väggen genom att mäta och skära till. Lösullen fyller ut överallt och det blir inget spill. Det blir heller inga skarvar där glipor kan bildas som medför drag vilket kan bli fallet med skivor. En annan fördel med lösull är att arbetsmiljön blir bättre då det blir mindre damm som är farlig att andas in (Bilaga 1).

### 5.2.5 Miljö- och klimatpåverkan

Att framställa mineralull är mycket energikrävande och innebär stora koldioxidutsläpp eftersom koks ofta används som energikälla vid smältningen av glas och sten. Ett byte till elektrisk smältugn kan sänka koldioxidutsläppen med 80 % (Energimyndigheten 2022).

## Glasull

Boverkets uppgifter om klimatpåverkan för glasull som skiva eller rulle är beräknad till 1,2248 kg CO<sub>2</sub>e per kilogram material, för produktskedet (A1-A5). Hur omräkning från antal kg CO<sub>2</sub>e per *kilogram material* till antal kg CO<sub>2</sub>e per *kvadratmeter för en viss tjocklek* av samma material är gjord, se formel under kapitel 3.1. (Boverket 2023c). Klimatpåverkan för 1 m<sup>2</sup> glasull visas i tabell 14. Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi.

Klimatuppgifter glasull som skiva eller rulle (1 m <sup>2</sup> i tjocklek 100 mm), data från Boverket	
Material	40-80 % återvunnet glas, 5-10 % bindemedel
Livslängd	Mer än 50 år men beräknas också vara densamma som konstruktionen den är en del av
Energikälla	Elektrisk ugn, energikälla okänd
Densitet	18,7 kg / m <sup>3</sup>
Vikt	1,87 kg
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>2,29 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 14. Klimatuppgifter per kvadratmeter glasullsisolering med tjocklek 100 mm (Boverket 2023c)

För att göra en jämförelse med klimatdata från miljövarudeklarationer (EPD) har värden från Isover Stålrégelskiva tagits fram (tabell 15). För denna EPD ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena) samt skede A-C, för skede D finns ingen uppgift. Stålrégelskiva är en isoleringsskiva som används i byggnader med stålrégelverk.

Klimatuppgifter	Isover Stålrégelskiva (1m <sup>2</sup> tjocklek 100 mm)
Material	75 % av återvunnet glas, 20 % jungfruligt material och 5 % bindemedel
Livslängd	60 år
Energikälla	svensk energimix
Klimatpåverkan, produktskede (A1 - A5)	<b>1,6 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Avfall	deponi
Klimatpåverkan, slutskede (C1-C4)	<b>0,02 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Total klimatpåverkan livscykel	<b>1,62 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 15. Värden för Isover glasullsisolering från miljövarudeklaration (EPD Norge 2020b)

Glasull framställs antingen i en kokseldad ugn eller en elektrisk ugn. I exemplet ovan är engerikällan elektrisk och om den istället hade varit koks hade klimatpåverkan blivit betydligt högre. Att byta från en kokseldad ugn till en elektrisk ugn kan minska klimatpåverkan med 80 % (Energimyndigheten 2022). Dvs värdet för en elektrisk ugn är 20 % av värdet för kokseldad ugn. Klimatpåverkan för glasull per m<sup>2</sup> i en kokseldad ugn skulle kunna vara (1,6 / 0,2=) **8 kg CO<sub>2</sub>e**.

### Stenull

Boverkets uppgifter om klimatpåverkan för stenull som skiva eller rulle är beräknad till 1,7485 kg CO<sub>2</sub>e per kilo material. Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi (Boverket 2023c). Klimatpåverkan för 1 m<sup>2</sup> stenull visas i tabell 16.

Klimatuppgifter stenull som skiva eller rulle (1 m <sup>2</sup> i tjocklek 100 mm), data från Boverket	
Material	40-80 % återvunnet glas, 5-10 % bindemedel
Livslängd	Mer än 50 år men beräknas också vara densamma som konstruktionen den är en del av
Energikälla	Elektrisk ugn, energikälla okänd
Densitet	29 kg / m <sup>3</sup>
Vikt	2,9 kg
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>5,07 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 16. Klimatuppgifter per kvadratmeter stenullsisolering med tjocklek 100 mm (Boverket 2023c)

För att göra en jämförelse med klimatdata från miljövarudeklarationer (EPD) har värden från Rockwool Stålrégelskiva tagits fram (tabell 17). För denna EPD ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena) samt skede A-D.

Klimatuppgifter Rockwool Stålrégelskiva (1m <sup>2</sup> tjocklek 100 mm)	
Material	viss mängd återvunnen stenull i råmaterialet men det framgår inte hur mycket, cirka 5 % är bindemedel
Livslängd	Produkten beräknas hålla lika länge som byggnaden den är en del av och ändrar inte egenskaper eller utseende på 60 år.
Energikälla	fossila och förnybara energikällor
Klimatpåverkan produktskede (A1 - A5)	<b>1,83 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Avfall	deponi
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4)	<b>0,054 kg CO2e</b>
Klimatpåverkan, energiåtervinning av förpackningsmaterial (D)	<b>-0,103 kg CO2e</b>
Total klimatpåverkan livscykel	<b>1,78 kg CO2e</b>

Tabell 17. Värden för Rockwool stålregulisolering från miljövarudeklaration (EPD Norge 2023)

Användning av återvunnet material i framställning av stenull kräver samma energimängd och har därför ingen påverkan på klimatvärdet. Däremot medför ökad återvinning av material minskade mängder skickade till deponi.

Stenull framställs antingen i en kokseldad ugn eller en elektrisk ugn. I exemplet ovan är energikällan elektrisk och om den istället hade varit koks hade klimatpåverkan blivit betydligt högre. Att byta från en kokseldad ugn till en elektrisk ugn kan minska klimatpåverkan med 80 % (Energimyndigheten 2022). Dvs värdet för en elektrisk ugn är 20 % av värdet för kokseldad ugn. Klimatpåverkan för stenull per m<sup>2</sup> i en kokseldad ugn skulle kunna vara (1,78 / 0,2=) **9,15 kg CO2e**.

Återbruk av isoleringsmaterial innebär att produktskedet försvinner, vilket är det skede som har överlägset störst klimatavtryck. Klimatpåverkan för en återanvänd byggprodukt med data från Boverket är 0,0045 kg CO2e per kilo. Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi. Hur omräkning från antal kg CO2e per *kilogram material* till antal kg CO2e per *kvadratmeter för en viss tjocklek av samma material* är gjord, se formel under kapitel 3.1. I tabellen nedan (tabell 18) visas klimatpåverkan för 1 m<sup>2</sup> återbrukad glasull.

Klimatuppgifter glasull (1 m <sup>2</sup> i tjocklek 100 mm), data från Boverket	
Material	Återbrukad glasull
Livslängd	ingen uppgift
Vikt	1,87 kg
Energikällor	Inga
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>0,008 kg CO2e</b>

Tabell 18. Klimatpåverkan per kilo återbrukad glasull (Boverket 2023c)

Att använda lösull istället för skivor minskar spillet vid anpassning av utrymmet som ska isoleras, vilket medför sänkt klimatpåverkan. Att använda lösull som kommer från återvunnen glasull gör produkten mer cirkulär och minskar klimatpåverkan ytterligare. Även en sådan produkt tas med i jämförelsen, se tabell 19. För denna EPD ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena) samt skede A-D. I EDPn räknas med att lösullen går till deponi i sin slutfas men teoretiskt skulle den även kunna återanvändas.

Klimatuppgifter Isover Kretsull (lösullsisolering) (1m2 tjocklek 100 mm)	
Material	glasull från produktionsspill (25 %) och byggspill (75 %)
Livslängd	Produkten beräknas hålla lika länge som byggnaden den är en del, vilket i EPDn är satt till 60 år.
Energikälla	Förnybara energikällor
Klimatpåverkan produktskede (A1 - A5)	<b>0,788 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Avfall	deponi
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4)	<b>0,050 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Klimatpåverkan, energiåtervinning av förpackningsmaterial (D)	<b>0 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Total klimatpåverkan livscykel	<b>0,838 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 19. Värderna för Isover kretsull från miljövarudeklaration (EPD Norge 2021)

Lösull har samma lambda värde som glasull i skivor och kan användas i både väggar och tak. Prisuppgift för Isover Kretsull har inte hittats.

### 5.2.6 Transporter

Mineralullsproduktionen i Europa utförs till största delen av fem bolag - Isover (Saint-Gobain), Rockwool, Paroc, Knauf Insulation och URSA (Anneroth 2016, s 21). De tre första har produktion i Sverige (Isover u.å.b, Rockwool 2021, Götene kommun 2023) vilket betyder att transporterna inte blir så långa. Isover anger att deras glasullsprodukter komprimeras före transport så att volymen blir 5 gånger mindre än vid installation, de levererar med tåg och lastbil (Isover u.å.b).

### 5.2.7 Andra alternativ

Det finns många alternativa material till mineralull - Cellplast, Träfiber, Hampa, Textil eller Gräs är några exempel. Det finns flera olika sorters cellplaster och den vanligaste är EPS (expanderad polystyren). Den har dåliga brandegenskaper, är dyrare än mineralull och har hög miljöpåverkan då råvaran är fossil (Brandskyddsföreningen u.å.), därför är cellplast ett sämre alternativ än mineralull ur ett miljöperspektiv och tas inte med i jämförelsen. Både hampa och trä/cellulosa i olika varianter har lägre klimatpåverkan än mineralull och används som alternativa material att jämföra med, se tabell 20. Återvunnen textil är en relativt ny lösning som isoleringsmaterial och tas också med i jämförelsen.

Isoleringsmaterials klimatindikatorer A1-A3	klimatpåverkan GWP-GHG per kg material
Hampaisolering, skivor	0,805 kg CO2e
Träfiber, primär råvara, skivor	0,371 kg CO2e
Cellulosafiber, oanvänt papper, skivor	0,75 kg CO2e
XPS, extruderad polystyren (cellplast)	4,5 kg CO2e
EPS, expanderad polystyren (cellplast)	4,0 kg CO2e
Återvunnen textil	finns inte med i Boverkets data

Tabell 20. Jämförelse klimatpåverkan per kilo mellan olika isoleringsmaterial (Boverket 2023c)

### Hampafiber

Hampa kan odlas nästan var som helst i världen och efter cirka 100 dagar går det att skörda den vilket innebär att hampa är en mycket tidseffektiv växt jämfört med till exempel trä som behöver närmare 100 år på sig från plantering till avverkning (se figur 16). Nästan alla sorters hampa är naturligt resistent mot skadeinsekter vilket betyder att inga bekämpningsmedel behöver användas (EPD 2023). Det är inte tillåtet att odla hampa överallt då den kan bryta mot narkotikalagstiftning. I Sverige är det tillåtet att odla industrihampa och ansökan för odling måste skickas till Jordbruksverket (Jordbruksverket 2023).



Figur 16. Hampaadling (Reproducerad med tillstånd av Pixabay u.å.)

Hampa har flera användningsområden - till exempel i pappersmassa, som textilmaterial, som biobränsle, som olika byggmaterial och som isoleringsmaterial. Isolering av hampafiber innehåller förutom upp till 95 % hampafiber också syntetiska eller naturliga bindemedel och ämnen som ökar brandmotstånd, ibland också tillsatser som hämmar mögelspridning (Lekavicius 2015).

Isolering av hampafiber tillverkas genom att bearbeta hampastjälken till fiber som blandas med bindemedel och sedan formas till skivor genom en värmeprocess. Hampa binder stora mängder CO2 under odlingen och har hög värmetröghet, det betyder att hampafiber tar längre tid att värma upp och kyla ner vilket innebär mindre temperaturvariationer i materialet.

Hampafiber har bra ljuddämpningsförmåga, är möjlig att återvinna till 100 % till nya hampaprodukter och går också att energiåtervinna eller bryta ner som kompost, innehåller inga gifter, är antibakteriell och är enkel att installera då fibrerna inte irriterar huden som glas- och stenullsfibrer kan göra. Hampafiber kan användas som isolering i väggar, tak och golv eller som akustikskiva för att dämpa ljud. Hampaisolering har brandklass D (EPD 2023b).

Lambda för hampafiber är 0,038-0,043 W/mK. Det högre lambdavärdet medför att tjockare skivor måste användas för att uppnå samma värmeisolering som för mineralull (Lekavicius 2015). I en studie av Bálint Palmgren (2019) uppmättes att 26 % mer isolering av hampafiber behövdes jämfört med mineralull för att uppnå samma värmeisoleringsegenskaper.

Naturmaterial, såsom hampa, kan ta upp och avge fukt från luften. Därför är konstruktionen diffusionsöppen vilket innebär att den släpper in en mindre mängd fukt som sedan kan avdunsta. För att skydda mot vind och för mycket fukt används en ångbroms som består av en diffusionsöppen duk som är lufttät men tillåter viss fuktvandring. Det är viktigt att fukten kan vandra ut och därför ska det vara tätare mot insidan än mot utsidan (Ekobygg-guiden u.å.).

Hampa odlas på flera håll i Sverige och men hampaisolering tillverkas inte i någon större utsträckning i Sverige än, dock är en anläggning på gång i Skåne (SVT 2023), idag transporteras därmed de flesta isoleringsskivor av hampa in från utlandet (Boverket 2023c). Boverkets uppgifter om klimatpåverkan för hampafiberisolering som skiva är beräknad till 0,9856 kg CO<sub>2</sub>e per kilo material, Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi (Boverket 2023c). Hur omräkning från antal kg CO<sub>2</sub>e per *kilogram material* till antal kg CO<sub>2</sub>e per *kvadratmeter för en viss tjocklek* av samma material är gjord, se formel under kapitel 3.1. Klimatpåverkan för 1 m<sup>2</sup> hampafiberisolering visas i tabell 21.

Klimatuppgifter hampafiberisolering som skiva (1 m <sup>2</sup> i tjocklek 100 mm), data från Boverket	
Material	88 % hampafiber 8 % PLA 4 % natriumvätekarbonat (bikarbonat)
Livslängd	Mer än 50 år men beräknas också vara densamma som konstruktionen den är en del av
Energikälla	Ingen uppgift
Densitet	36 kg / m <sup>3</sup>
Vikt	3,6 kg
Tillägg vikt 26 % (pga 26 % högre	4,536 kg



värmeeledningsförmåga)	
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>4,4748 kg CO2e</b>

Tabell 21. Klimatuppgifter per kvadratmeter hampafiberisolering med tjocklek 100 mm (Boverket 2023c)

Hampa har en låg miljöpåverkan, men valet av bindemedlet påverkar mycket.

För att göra en jämförelse med klimatdata från miljövarudeklarationer (EPD) har värden från Ekolution tagits fram (tabell 22), vilka är samma skivor som använts i Bálint Palmgrens (2019) studie. Miljövarudeklarationen visar att koldioxiden som binds under växtens tillväxtfas överstiger utsläppen från tillverkningen och att det tillsatsämne som används står för 46 % av totala klimatpåverkan medan produktionen av hampafiber står bara för 27 %. För denna EPD ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena) samt skede A-D.

Klimatuppgifter	Ekolution Hampafiberisoleringsskiva (1m2 tjocklek 100 mm)
Material	87 % av hampafiber 10 % återvunnen textil (PLE och PP) 3 % ammoniumfosfat.
Livslängd	60 år
Energikälla	Dels solpaneler hos fabriken och delvis från den tjeckiska energinätmixen.
Klimatpåverkan produktskede (A1 - A5)	- 6,042 kg CO2e
Tillägg klimatpåverkan produktskede (A1-A5), 26 % (pga 26 % högre värmeeledningsförmåga)	<b>-7,613 kg CO2e</b>
Avfall	materialåtervinning eller energiåtervinning
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4)	7,260 kg CO2e
Tillägg klimatpåverkan slutskede (C1-C4), 26 % (pga 26 % högre värmeeledningsförmåga)	<b>9,148 kg CO2e</b>
Klimatpåverkan, återvinnings- och återanvändningspotetial (D)	2,57 kg CO2e
Tillägg klimatpåverkan skede D, 26 % (pga 26 % högre värmeeledningsförmåga)	<b>3,238 kg CO2e</b>
Total klimatpåverkan livscykel	<b>4,773 kg CO2e</b>

Tabell 22. Värden för Ekolutions Hampaisolering från miljövarudeklaration (EPD 2023b)

Marknaden för hampaisolering är relativt liten i dagsläget och av de större byggvaruhusen är det bara Optimera som säljer hampaisolering. Pris hos Optimera för tjockleken 95 mm är **222 kr/m<sup>2</sup>** (inkl moms) (Optimera u.å.).

### Träfiber

Träfiberisolering är ett organiskt material som lagrar kol under hela sin livstid och tillverkas av flis och/eller kutterspån från gran eller tall. Materialet finfördelas till fina fibrer och blandas sedan med flamskyddsmedel (ammoniumfosfat) och bindemedel (polyolefin-fiber). Den studerade träfiberisoleringen i denna rapport kommer från Hunton och råmaterialet träflis är en restprodukt från sågverk (Hunton u.å.), se figur 17. Framställningen av träfiber innebär låga klimatutsläpp och kol binds i materialet under hela dess livslängd. Träfiberisolering har goda fuktdämpande egenskaper då fukten transporteras i materialet vilket innebär en lägre jämnt fördelad fuktkvot. Energiåtgången är högre för tillverkning av träfiberisolering jämfört med mineralull (Olsson & Petrovic 2022, s 6-7).



Figur 17. Träfiberisolering (Reproducerad med tillstånd av Hunton u.å.)

Träfiberisolering är biologiskt nedbrytbar vilket innebär mindre föroreningar och att den kan komposteras eller användas som biobränsle när den tjänat ut sin roll, men den går också att återanvända (Grey 2013, s6). Träfiberisolering har brandklass E (motsvarar svårantändligt) (Boverket 2023b). Vid brand avges inga farliga gaser från träfiberisolering.

Ammoniumpolyfosfaten som är ett brandskyddsmedel i träfiberisolering gör att vatten bildas som kyler och kväver eld och ger ett skikt av kol på ytan som förbränts vilket skyddar konstruktionen genom att hindra elden till skillnad från ett material som smälter och släpper fram elden (Hållbara Hus u.å.).

Värmeisoleringsförmågan hos träfiber är sämre än mineralull (lambda-värde 0,038 W/mK) och väggarna behöver därför vara något tjockare, vilket påverkar både materialkostnaden och storlek på boendeyta. En studie av Bálint Palmgren (2019) visar att hos träfiberisolering är värmeisoleringsförmågan 10 % sämre än för mineralull och ännu större skillnad när isoleringen är fuktig.

Träfiber är precis som hampan ett naturmaterial och kan även det ta upp och avge fukt från luften. Samma princip gäller därför som för hampan med användning av ångbroms som tillåter viss fuktvandring och låter huset andas (Ekobygg-guiden u.å.).

Schulte et al (2021) visar i en jämförande studie på isolering, där stenull, cellplast, lin, hampa, träfiber och miskantus (en typ av gräs) ingick, att ur ett livscykelperspektiv presterade träfiberisolering och miskantus bäst avseende 18 olika miljöfaktorer.

Då det finns gott om trä i Sverige behöver materialet inte transporteras långt, det sker oftast med lastbil (Grey 2013, s4), både material och tillverkning är inhemska.

Boverkets uppgifter om klimatpåverkan för träfiberisolering som skiva är beräknad till 0,4339 kg CO<sub>2</sub>e per kilo material, för produktskedet. Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi (Boverket 2023c). Hur omräkning från antal kg CO<sub>2</sub>e per *kilogram material* till antal kg CO<sub>2</sub>e per *kvadratmeter för en viss tjocklek av samma material* är gjord, se formel under kapitel 3.1. Klimatpåverkan för 1 m<sup>2</sup> träfiberisolering visas i tabell 23.

Klimatuppgifter träfiberisolering som skiva (1 m <sup>2</sup> i tjocklek 100 mm), data från Boverket	
Material	Jungfruligt material ca 8 % brandskyddsmedel okänd andel bindemedel
Livslängd	Mer än 50 år men beräknas också vara densamma som konstruktionen den är en del av
Energikälla	Energikälla okänd
Densitet	50 kg / m <sup>3</sup>
Vikt	5,0 kg
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>2,170 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Tillägg klimatpåverkan, produktskede (A1-A5), 10 % (pga 10 % högre värmeledningsförmåga)	<b>2,386 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 23. Klimatuppgifter per kvadratmeter träfiberisolering med tjocklek 100 mm (Boverket 2023c)

Används returpapper istället för träfiber kan miljöpåverkan sänkas ytterligare (Grey 2013, s3).

För att göra en jämförelse med klimatdata från miljövarudeklarationer (EPD) har värden från träfiberisoleringskiva fram Hunton tagits fram (tabell 24). För denna EPD ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena) samt skede A-D.

Klimatuppgifter	Hunter Träfiberisoleringsskiva (1m2 tjocklek 100 mm)
Material	81,2 % träfiber 8 % vatten 8,1 % ammoniumfosfat 2,5 % polyolefin fiber (dvs plast)
Livslängd	60 år
Energikälla	norsk energimix och viss importerad energi
Klimatpåverkan produktskede (A1 - A5)	-5,045 kg CO <sub>2</sub> e
Tillägg klimatpåverkan, produktskede, 10 % (pga 10 % högre värmeledningsförmåga)	<b>-5,550 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Avfall	energiåtervinning
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4)	7,717 kg CO <sub>2</sub> e
Tillägg klimatpåverkan slutskede, 10 % (pga 10 % högre värmeledningsförmåga)	<b>8,488 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Klimatpåverkan, återvinning-återanvändningspotential (D)	-0,531 kg CO <sub>2</sub> e
Tillägg klimatpåverkan skede D, 10 % (pga 10 % högre värmeledningsförmåga)	<b>-0,585 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Total klimatpåverkan livscykel	<b>2,353 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 24. Värdet för Hunter Träfiberisolerings skiva från miljövarudeklaration (EPD-Norge 2020c)

Pris hos en större byggvaruhandel för träfiberisolerings skiva från Hunton ligger på ca **119 kr/m<sup>2</sup>** (inkl moms) för en skiva som är 95 mm tjock (Bauhaus u .å.a).

### Återvunnen textil

Ett alternativ som ännu inte finns i någon tillverkning av i Sverige är isolering av återvunnen textil. Det produceras stora mängder textilavfall i Sverige och idag är materialåtervinningen väldigt liten, bara 1 % (Naturvårdsverket u.å.b). Varje svensk förbrukar i genomsnitt 14 kg textil per år och 2017 var koldioxidutsläppen för den svenska textilkonsumtionen 4,2 miljoner ton CO<sub>2</sub>e (Naturvårdsverket u.å.c). Jämfört med byggbranschens inhemska utsläpp på 9,8 miljoner ton CO<sub>2</sub>e är textiliers miljöpåverkan relativt stor (Boverket 2033e). Textiliers största miljöpåverkan uppstår i produktionen och att använda återvunnen fiber kräver samma steg i produktionen med samma energiåtgång och kemikalier som nyproduktion. Med återvunnen fiber minskar miljöpåverkan endast 5-10 % (Naturvårdsverket u.å.d).

I ett förslag från EU finns krav på producentansvar för textilier och insamling av textilavfall för öka återanvändningen, återvinningen och minska deponering i afrikanska länder (Avfall

Sverige 2023). Det bästa vore att minska textilanvändningen men så länge det finns textilavfall och med de ökade krav på insamling ställs också större krav på omhändertagning och minskning av förbränning och deponering. Nederländska företaget VRK Insulation tar tillvara insamlad textil och tillverkar isoleringsmaterial.

Boverket har ingen klimatdata för textilisolering, därför tas endast uppgifter från miljövarudeklaration för VRK Insulations textilisolering med (tabell 25). Då textilierna som används i isoleringsmaterialet är ett avfall som annars skulle deponerats eller förbränts prövas samma resonemang som för byggskivorna av förpackningsmaterial och trä - eftersom avfallet undviker att förbrännas sparas ett koldioxidutsläpp, koldioxiden binds i materialet, därför läggs det värdet till i skede D. Samma generella värde används som för byggskivorna: 1 kg förbränt blandat avfall släpper ut 0,3 kg CO<sub>2</sub>. En kvadratmeter (tjocklek 100 mm) material som väger 2 kg släpper därför ut 0,3 x 2 = **0,6 kg CO<sub>2</sub>e** vid förbränning. Vilket är den mängden koldioxid som textilisoleringen skulle kunna binda.

Klimatuppgifter	VRK Insulation Textilisolering (1m2 tjocklek 100 mm)
Material	77 % återvunna textilfibrer 15 % polyesterfiber 9 % brandskyddsmedel Biocider
Livslängd	75 år
Energikälla	fossila och förnybara energikällor
Klimatpåverkan produktskede (A1 - A5)	2,92 kg CO <sub>2</sub> e
Tillägg klimatpåverkan produktskede, 17 % (pga högre värmeledningsförmåga)*	<b>3,428 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Avfall	I EPDen räknas med 95 % energiåtervinning 5 % deponering, men finns uppgift att materialet är återvinningsbart
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4)	-0,416 kg CO <sub>2</sub> e
Total klimatpåverkan slutskede, tillägg 17 % (pga högre värmeledningsförmåga)*	<b>-0,487 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Klimatpåvekan, undvikande av förbränning (D)	<b>-0,6 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Total klimatpåverkan livscykel	<b>2,341 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 25. Värden för textilisolering från VRK från miljövarudeklaration (VRK Insulation 2017)

\*Lambda-värde för textilisoleringen är 0,039 W / mK (VRK Insulation 2017). Eftersom textilisoleringens lambda-värde precis som för hampafiber och träfiber är högre än för mineralull görs en uppskattning av pålägg på 17 % (då värdet är mellan träfibers och hampans).

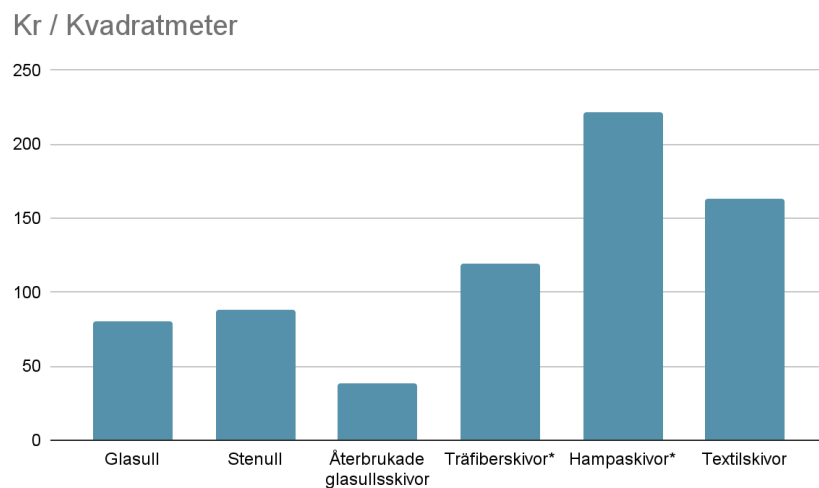
Sveriges miljömål tar upp användning av biocider med syfte att väsentligt minska på användningen av kemikalien då det finns miljö- och hälsoskadliga risker kopplade till biocider (Sveriges Miljömål 2023c).

Textilfiberisoleringsskivorna har brandklass B (VRK Insulation 2017).

Kostnad **163 kr/m<sup>2</sup>** inkl moms (Naturdepå u.å.) för skivor som är 100 mm tjocka.

## 5.2.8 Sammanfattning klimatpåverkan och pris för isoleringsmaterial

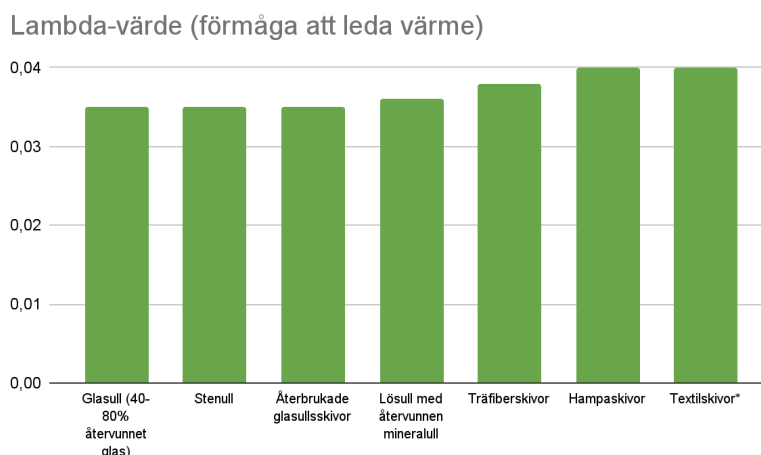
Pris per kvadratmeter isolering i olika material jämförs i figur 18. Pris för lösull med återvunnen mineralull saknas.



Figur 18. Inköpspris för isoleringsskivor med tjocklek 100 mm (K-Rauta u.å.a, K-Rauta u.å.b, CC Build u.å.b, Bauhaus u.å.a, Optimera u.å., Naturdepå u.å.)

\* För träfiberisolerings behövs en 10 % större tjocklek för att uppnå samma isoleringsgrad som för mineralull, för hampaisolering och textilisolering behövs en 26 % respektive 17 % större tjocklek.

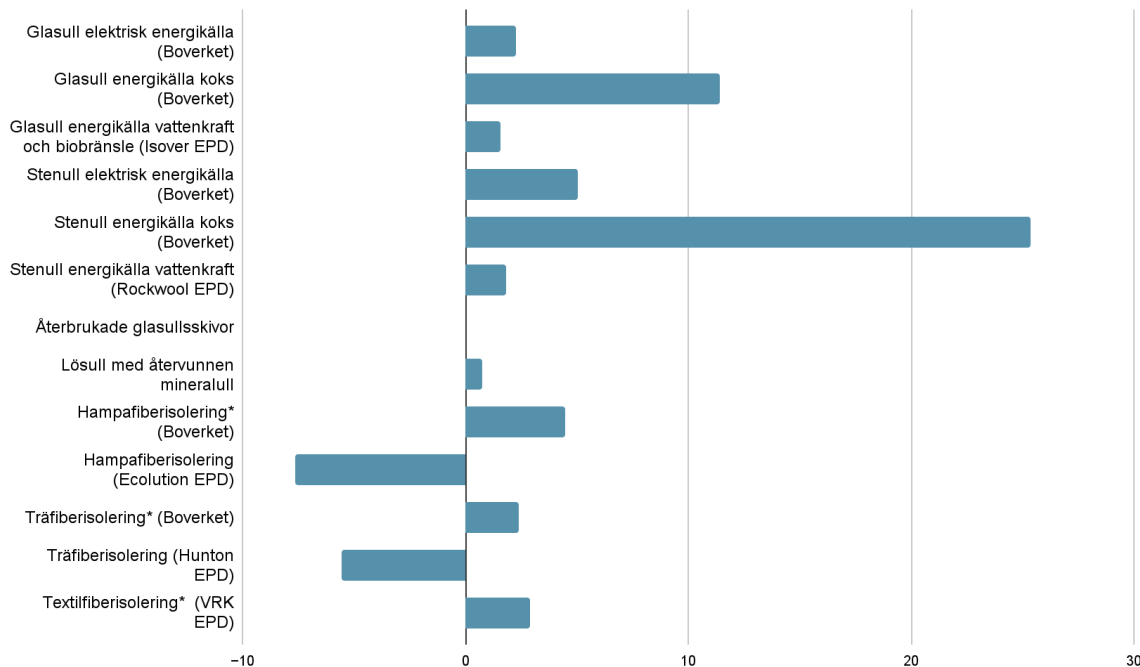
De olika isoleringsmaterialens förmåga att leda värme (lambda) visas i figur 19. Det går i denna figur att utläsa att de organiska materialen leder värme bättre vilket medför att de isolerar sämre och därför måste tjockleken vara större för dessa material för att motsvara mineralullens isoleringsförmåga.



Figur 19. Förmåga att leda värme hos Isoleringmaterial, ju högre värme desto sämre isoleringsegenskaper, värdena kommer från tillverkare av produkterna (Bálint Palmgren 2019, EPD Norge 2021)

Klimatpåverkan för isolering i olika material jämförs i figur 20. Boverkets data ingår endast fossila energikällor medan EPDer även innehåller biogena källor. I denna figur påvisas att energikällan för mineralull är av stor betydelse för klimatpåverkan vid tillverkning. Att hampafiberisolering och träfiberisolering har negativ klimatpåverkan i EPDerna medan positiv i Boverkets beror förmodligen på att Boverket inte har räknat in lagring av koldioxid.

#### Kg CO<sub>2</sub>e / kvadratmeter (A1-A5)



Figur 20. Klimatavtryck isoleringsmaterial tjocklek 100 mm (Boverket 2023c, EPD Norge 2020b, EPD Norge 2023, EPD 2023b, EPD-Norge 2020c, VRK Insulation 2017, EPD Norge 2021)

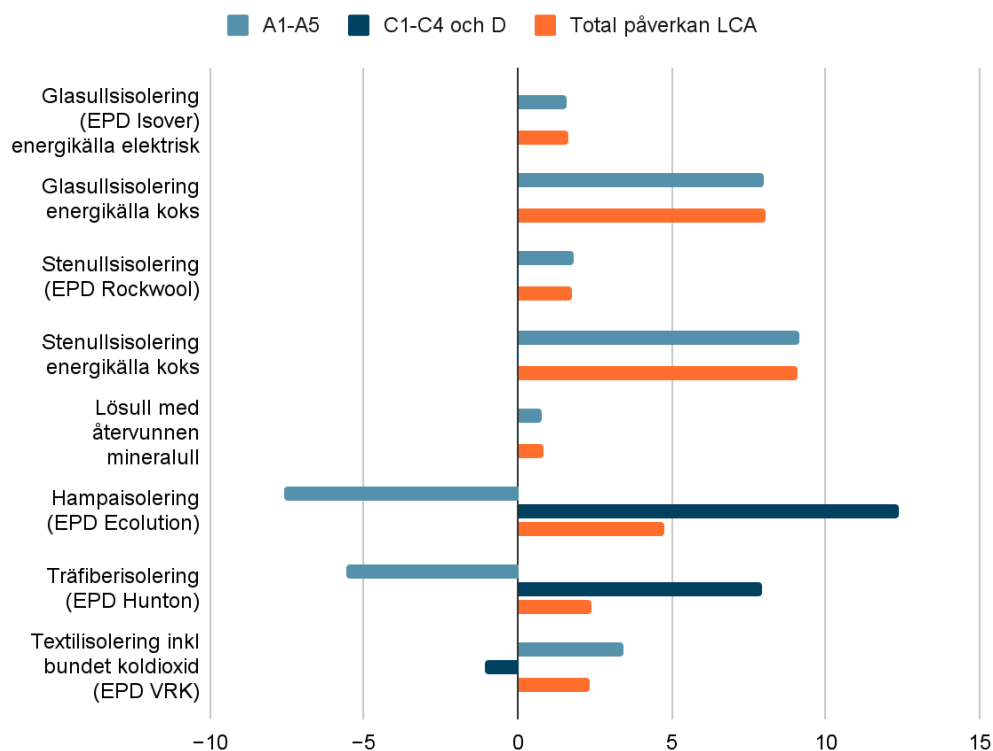
\* För träfiberisolering har 10 % lagts till på tjockleken för att kompensera för högre lambda-värde, så att en uppskattad likvärdig isoleringsgrad som för mineralull uppnås. För hampafiber och textilfiber har 26 % respektive 16 % lagts till på tjockleken av samma anledning.

Uppgifterna om miljöpåverkan (som mäts i kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>) för isoleringsmaterial tagna från Boverkets klimatdatabas är konservativt satta, vilket betyder 25 % högre än genomsnittet. Boverket anger att det är de konservativa värdena som ska användas i beräkning i klimatdeklaration om inte EPD för specifik byggprodukt finns (Boverket 2023d).

Då både träfiberisolering och hampaisolering lagrar koldioxid under användning har även värden för slutskedet (avfallsfasen, C1-C4) tagits med för samtliga material för att få en rättvisare jämförelse, se figur 21. Värdena kommer från respektive EPDer för isoleringstyperna. Användarfasen (B1-B7) har tagits hänsyn till genom att anpassa tjocklek på isolering för att få samma energiprestanda, i övrigt har användarfasen ingen påverkan och har därför inte tagits med i jämförelsen.

Klimatpåverkan för produktskede, slutskede och hela livscykeln (dvs produktskede + slutskede) för isolering i olika material visas i figur 21. Här syns utsläppen av det lagrade koldioxidet i hampafiber och träfiber tydligt i slutfasen. Att textilisoleringen får en negativ påverkan under slutfasen beror på att tillgodogörande för undvikande av avfall (från råmaterialet som är återvunnen textil som annars skulle förbränts) görs i skede D. Det blir i figuren tydligt att val av energikälla är viktigt för den totala klimatpåverkan. Mineralullsprodukterna går till deponi i slutskedet vilket inte har någon större klimatpåverkan enligt EPDerna medan de övriga energiåtervinns och har betydligt högre klimatpåverkan i slutskedet.

### Kg CO<sub>2</sub>e / kvadratmeter



Figur. 21. Översikt klimatpåverkan för isolering. (EPD Norge 2020b, EPD Norge 2023, EPD 2023b, EPD-Norge 2020c, VRK Insulation 2017)



## 5.2.9 Sammanfattning cirkularitet för isolering

I nedan tabell (tabell 26) visas en jämförelse av hur cirkulära de studerade materialen är och skulle kunna vara.

**Grönt** innebär god cirkularitet (återanvändning eller avfall som råmaterial)

**Gult** en större del är cirkulärt (materialåtervinning)

**Orange** en liten del är cirkulärt (materialåtervinning till viss del eller energiåtervinning)

**Rött** ej cirkulärt (jungfruliga material / deponi)

Cirkularitet hos <b>isoleringsmaterial</b>		
Tillverkning	Material	Avfallshantering
Jungfruligt material	Mineralull i skiva dagsläget	Deponi
Återvunnet material	Mineralull i skiva möjligheter	Materialåtervinning
Återanvänt material	Lösull av mineralull dagsläget	Deponi
Återanvänt material	Lösull av mineralull möjligheter	Återanvändning
Jungfruligt material	Hampafiber Isolering dagsläget	Energiåtervinning+återanvändning
Återanvänt material	Hampafiber Isolering möjligheter	Återanvändning
Avfall som råmaterial	Träfiberisolering dagsläget	Energiåtervinning+återanvändning
Återanvänt material / Avfall som råmaterial	Träfiberisolering möjligheter	Återanvändning
Avfall som råmaterial	Textilfiberisolering	Energiåtervinning+materialåtervinning
Återanvänt material / Avfall som råmaterial	Textilfiberisolering	Återanvändning

Tabell 26. Jämförelse av cirkularitet hos isoleringsmaterial (EPD Norge 2020b, EPD Norge 2023, EPD 2023b, EPD-Norge 2020c, VRK Insulation 2017)

## 5.3 Stål

### 5.3.1 Om stålreglar som material

#### Egenskaper

Materialet stål utgörs av grundämnet järn och legeringsämnen. Kol är ett viktigt legeringsämne, andelen kol brukar vanligtvis vara mindre än 2 %. Järn finns i 4,5 % av jordskorpan där största delen är bunden i kemiska föreningar. Malm kallas en kemisk förening som innehåller så pass mycket järn att det är lönsamt att utvinna. I konstruktionsstål ingår oftast (förutom järn) kol, mangan och kisel. Andelen legeringsämnen, särskilt när det handlar om kol, påverkar egenskaperna på stålet och varierar beroende på användningsområde (Burström 2021). För att skydda stålet mot rost galvaniseras ofta stål som ska användas till reglar. Det innebär att stålytan beläggs med zink genom att doppas i smält zink (Nationalencyklopedin u.å.d). Metallproduktionen är större än den någonsin varit beroende på ökade behov inom teknik, energi, transport och livsmedel. Stål är ett stabilt material som inte nämnvärt krymper eller växer i temperaturskillnaderna som kan uppstå i ett hus. Stål leder värme bra jämfört med till exempel trä. För att minska värmeledningen i reglar görs ibland profiler med hål och utstansningar (Burström 2021). Reglar i stål är vanligt förekommande vid uppbyggnad av innerväggar, se figur 22.



Figur 22. Uppbyggnad av innerväggar av stålreglar (Reproducerad med tillstånd av Norgips u.å.a)

#### Stål som avfall

Metall ingår i avfallslagstiftningen som material som ska sorteras ut. 2 % av allt byggmaterial som tas omhand som avfall materialåtervinns, bland dessa 2 % finns metall tillsammans med till exempel plast och glas (Naturvårdsverket 2020a).

Nedmonterade stålreglar från rivna hus har goda förutsättningar att **återanvändas**. Eftersom materialet är tåligt och inte påverkas av fukt är kraven på förvaring lägre. Det som kan ställa till det med återanvändning av stålreglar är att reglarna måste vara minst så långa som det nya huset kräver då det inte går att skarva på samt att reglarna blir perforerade när byggskivor monteras på dem och risken är stor att ny skruv hamnar i närheten av ett gammalt skruvhål och inte fäster vilket kan leda till att det tar längre tid att fästa byggskivor när nya platser att skruva på måste hittas (Bilaga 1). På CCBuilds marknadsplats finns flera annonser med stålreglar vilket visar på att viss återanvändning sker (CC Build u.å.b).

Stål är det mest **återvunna** materialet i världen. Det kan återvinnas i oändlighet utan att degraderas. Även om stålet är ytbehandlat med zink kan det återvinnas, när stålets smälts kommer zinken hamna i rökgasstoffet och tas där upp för återvinning i sin tur (Jernkontoret 2019). Att återvinna stål är ett energieffektivt sätt att producera råmaterial, koldioxidutsläppen är 87 % lägre vid produktion med återvunnet stål jämfört med jungfruligt material. Förutom att energiåtgången vid produktionen gör att koldioxidutsläppen är mycket högre vid användning av jungfruligt material bidrar det även brytningen av råmaterialet till stora deponimassor (Återvinningsindustrierna u.å.). Sveriges Geologiska undersökning (2022) räknar med att stålanvändningen kommer att öka i framtiden och även vid maximal återvinning så kommer gruvdriften vara minst samma volym som idag. Det finns en stor potential i outnyttjade tillgångar på metall, till exempel i gruvavfall, industrieponier och övergiven infrastruktur i städer, som skulle kunna återvinnas till nytt råmaterial. Men för att det ska bli aktuellt krävs mer kunskap, styrmedel och teknikutveckling.

### 5.3.2 Ekonomi

Inköp av material beror på från vilken leverantör materialet köps in samt vilka rabatter inköpande företag har. För att ge en rättvis bild av förhållandet mellan de olika materialen snarare än exakta summor har priser från en större byggvarukedja använts (se tabell 27). För återbrukat alternativ varierar priset, i figuren nedan har pris på material som fanns på CC Builds marknadsplats för återbrukat byggmaterial den 1 december 2023 använts för att ge en uppfattning om prisbild.

	Pris i byggvaruhandel per m (inkl moms)
Ståregel	28,57 kr
	Pris på Marknadsplatsen per m2 (CC Build)
Återbrukat ståregel	25 kr
	Pris inom egna företaget
Återbrukat ståregel	0 kr

Tabell 27. Inköpspris för ståreglar, 1 meter (K-Rauta u.å.c, CC Build u.å.b)

Hantering av stålsplill vid montering samt det stål som blir till avfall vid rivning kostar ingenting att lämna hos återvinningscentralen (Sysav 2023b).

### 5.3.3 Garantier och kvalitetssäkring

Återvunnen stål har precis samma egenskaper som jungfruligt material och det är därför ingen skillnad i kvalitet och behövs inga specifika garantier för stål som innehåller återvunnet material.

För kvalitetssäkring på återbrukade ståreglar gäller de generella regler som tagits upp under 4.1.

### 5.3.4 Tidsåtgång

Tidsåtgången för att använda återbrukade stålreglar är densamma. Det som kan ta längre tid är att få tag på återbrukade stålreglar i minst den längden byggnationen kräver samt att montera gipsskivor på dem då gamla skruvhål kan ställa till det.

### 5.3.5 Miljö- och klimatpåverkan

En tredjedel av alla Sveriges växthusgasutsläpp kommer från industrisektorn. Inom industrisektorn är järn- och stålindustrin den största utsläpparen med ca 37% (Naturvårdsverket u.å.e). 90 % av järn- och stålindustrins utsläpp kommer från kolet som används i masugnsprocessen vilken är en del i förädlingen av malmen (Jernkontoret 2022). För att minska koldioxidutsläppen utvecklas tekniker i Sverige där man ersätter fossilt kol med vätgas, användning av biokol för reduktion och elektrifiering av ugnar samt byta ut bränslet till vätgas eller biobaserad gas.

Boverkets uppgifter om klimatpåverkan för lättreglar av stål är beräknad till 3,0978 kg CO<sub>2</sub>e per kilo material, för produktskedet (A1-A5). Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi (Boverket 2023c). Hur omräkning från antal kg CO<sub>2</sub>e per *kilogram material* till antal kg CO<sub>2</sub>e per *längdmeter för en viss dimension* av samma material är gjord, se formel under kapitel 3.1. En standardregel från Norgips har måtten 40 x 95 och väger 0,68kg / längdmeter (Norgips u.å.d). I tabellen nedan visas klimatpåverkan uträknad med hjälp av Boverkets värden (tabell 28).

Klimatuppgifter Stålregel (40 x 95 mm, längd 1 meter), data från Boverket	
Material	Galvaniserat stål av både jungfruligt material och återvunnet material.
Livslängd	mer än 50 år, men också kunna likställas med livslängden på konstruktionen den finns i
Vikt	0,68 kg
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>2,107 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 28. Klimatuppgifter från Boverket för stålreglar, slutskede C1-C4 finns inte i Boverkets databas. (Boverket 2023c)

Nedan framgår klimatpåverkan uträknad i en miljövarudeklaration för Norgips stålregel i måtten 45 x 95 x 1000 (tabell 29). För denna EPD ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena) samt skede A-C, för skede D finns ingen uppgift.

Klimatuppgifter Ståregel (45 x 95 mm, längd 1 meter), data från EPD Norgips	
Material	94 % stål och 6 % zinkbeläggning
Livslängd	60 år
Energikällor	Förnybar energi, fossil energi
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>1,78 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Avfall	100 % av produkten materialåtervinns när materialet blir till avfall
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4)	<b>0,0125 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Total klimatpåverkan livscykel	<b>1,793 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 29. Värden för Norgips ståregel dB+ från miljövarudeklaration (EPD-Norge 2018)

Återbruk av stålmaterial innebär att produktskedet försvinner, vilket är det skede som har överlägset störst klimatavtryck. Klimatpåverkan för en återanvänd byggprodukt med data från Boverket är 0,0045 kg CO<sub>2</sub>e per kilogram. Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi. I tabellen nedan (tabell 30) visas klimatpåverkan för 1 meter återbrukad ståregel. Klimatpåverkan per meter för återbrukad ståregel blir  $0,68 \times 0,0045 = 0,0031 \text{ kg CO}_2\text{e}$ .

Klimatuppgifter ståregel (40 x 95 mm, längd 1 meter), data från Boverket	
Material	återbrukad ståregel
Livslängd	ingen uppgift
Energikällor	inga
Klimatpåverkan produktskede (A1 - A5)	<b>0,0031 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 30. Klimatpåverkan per meter återbrukad ståregel (Boverket 2023c)

### 5.3.6 Transporter

Järnmalm bryts i stora mängder i Sverige och Sverige har den största järnmalmproduktionen i EU. Däremot är Sverige långt ifrån en stor stålproducent jämfört med andra länder i Europa, vilket betyder att transporterna kan variera när det gäller nya ståreglar (Matthis 2018). Ståreglarna från Norgips som studerats i denna rapport är tillverkade i Sävsjö i Sverige och transporterna blir därför kortare än om reglarna importerats från utlandet beroende på vart i Sverige de ska.

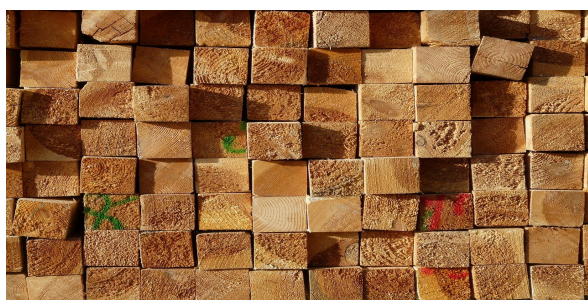
När det handlar om återbrukade ståreglar varierar transporterna beroende på var de tidigare använts.

### 5.3.7 Andra alternativ

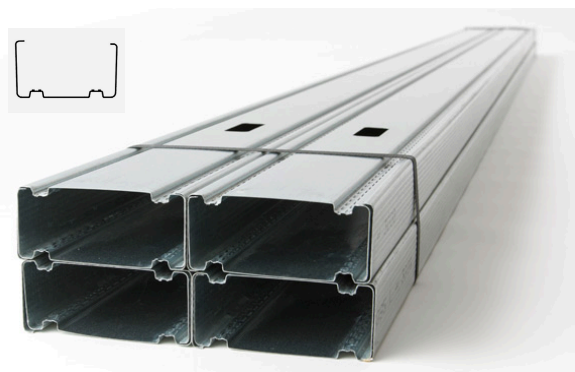
Det vanligaste alternativet till stålreglar är regler i trä och därför tas det alternativet med som en jämförelse. Ett relativt nytt alternativ är regler av papper som även det tas med i jämförelsen.

#### Träreglar

Trä är ett material som använts till att bygga hus med långt tillbaka i tiden och har en mycket god hållbarhet vid rätt användning. Reglar i trä består av konstruktionsvirke, lättreglar eller limträ med ett rektangulärt tvärsnitt, vanligast är konstruktionsvirke av gran eller furu (Agardh 2023). Träreglarna används på samma sätt som stålreglar - byggskivor skruvas på samma sätt. De är säkra att jobba med då den som sågar regeln inte riskerar att skära sig på den som man kan göra med en stålregel. Nackdelen jämfört med stålreglar är att regeln inte kan packas lika effektivt som en stålregel då den är solid, jämfört med stålregelns profil med tre sidor (lilla bilden i figur 24). Tre sidor gör att två regler kan läggas omlott så att dubbelt så många får plats jämfört med träregeln, se figur 23 och 24 för de olika sätten att packa reglarna. I figur 24 finns alltså 8 regler.



Figur 23. Staplade träreglar (Pixabay u.å.)



Figur 24. Staplade stålreglar (Norgips u.å.d)

Figur 23 och 24 är reproducerade med tillstånd av Pixabay u.å. och Norgips u.å.d

Boverkets uppgifter om klimatpåverkan för sågat virke av barrträ är beräknad till 0,10478 kg CO<sub>2</sub>e per kilo material, för produktskedet (A1-A5). Boverket har endast data för A1-A5 och inkluderar endast klimatpåverkan från fossil energi (Boverket 2023c). Hur omräkning från antal kg CO<sub>2</sub>e per *kilogram material* till antal kg CO<sub>2</sub>e per *längdmeter för en viss dimension* av samma material är gjord, se formel under kapitel 3.1. För att följa beräkningarna på isoleringen och reglarna i stål i tidigare kapitel väljs träreglar med så lik bredd som möjligt. Svenskt Trä har träreglar i sågat virke med måtten 45 x 95 mm (Svenskt Trä 2018). Klimatpåverkan för 1 meter regel i trä visas i tabell 31.

Klimatuppgifter sågat trä (45 x 95 mm, längd 1 meter), data från Boverket	
Material	svensk gran eller tall
Livslängd	Mer än 50 år men beräknas också vara densamma som konstruktionen den är en del av

Energikälla	energikälla okänd
Densitet	455 kg / m <sup>3</sup>
Vikt	1,945 kg
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>0,204 kg CO<sub>2</sub>e</b>

Tabell 31. Klimatuppgifter per meter sågat trä (Boverket 2023c)

För att göra en jämförelse med klimatdata från miljövarudeklarationer (EPD) har värden från Svenskt Trä tagits fram (tabell 32). För denna EPD ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena) samt skede A-D.

EPD Svenskt Trä (45 x 95 mm, längd 1 meter)	
Material	100 % gran eller tall
Energikällor	Förnybar energi, fossil energi
Densitet	489 kg / m <sup>3</sup>
Vikt	(489 x 0,0043) = 2,103 kg
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>-3,200 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Avfall	100 % av produkten energiåtervinns när materialet blir till avfall
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4)	<b>3,359 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Klimatpåverkan energiåtervinning (D)	<b>-0,500 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Total klimatpåverkan livscykel	<b>-0,341 kg CO<sub>2</sub>e</b>

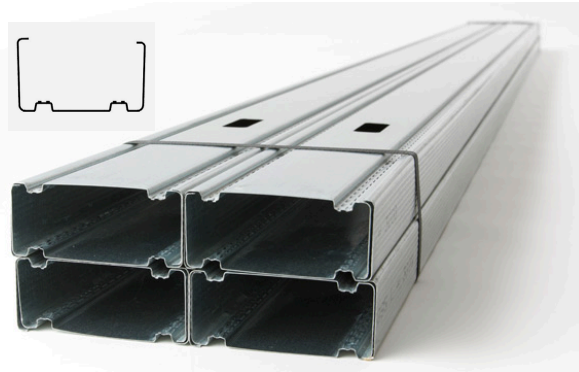
Tabell 32. Värden från Svenskt Trä från miljövarudeklaration (EPD 2021)

En regel i trä med måtten 45 x 95 kostar i en bygghandel **26,95 kr per meter** (Bauhaus u.å.b)

### Pappersreglar

Av spill som blir hos sågverken i form av till exempel flis tillverkas papper som sedan används till förpackningar och emballage. När dessa produkter har samlats in för återvinning återvinns de till nytt papper och det återvunna pappret använder sig Wood Tubes av när de tillverkar regler av trä. Även lim behövs för att ta fram pappersreglarna och det består av naturligt förekommande ämnen. Pappersregeln kan återvinnas och bli till nya pappersprodukter (Wood tube u.å.a). Pappersreglarna används på samma sätt som stålreglar - byggskivor skruvas på samma sätt. Den är säker att jobba med då den som sågar regeln inte riskerar att skära sig på den som man kan göra med en stålregel (Wood

tube u.å.b). Nackdelen jämfört med stålreglar är att pappersregeln inte kan packas lika effektivt som en stålregel då den har fyra sidor (figur 25), jämfört med stålregelns tre sidor (lilla bilden i figur 26). Tre sidor gör att två regler kan läggas omlott så att dubbelt så många får plats jämfört med pappregeln, se figur 25 och 26 för de olika sätten att packa reglarna.



Figur 25. Staplade pappersreglar (Woodtube u.å.b)    Figur 26 8 staplade stålreglar (Norgips u.å.d)  
 Figur 25 och 26 är reproducerade med tillstånd av Woodtube u.å. och Norgips u.å.d

Boverket har ingen klimatdata för pappersreglar, därför har endast uppgifter från miljövarudeklaration för Wood Tube tagit fram (tabell 33). För denna EPD ingår samtliga källor som bidrar till klimatpåverkan (både fossila och biogena) samt skede A-D.

EPD Wood tube (45 x 95 mm, längd 1 meter)	
Material	Nästan 100 % papper (mindre än 0,1 % lim)
Livslängd	50 år
Energikällor	Förnybar energi, fossil energi, kärnkraft
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	<b>-0,853 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Avfall	100 % av produkten materialåtervinns när materialet blir till avfall
Klimatpåverkan slutskede (C1-C4)	<b>1,115 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Klimatpåverkan, producering av återvunnet material (D)	<b>0,718 kg CO<sub>2</sub>e</b>
Total klimatpåverkan livscykel	<b>0,980 kg CO<sub>2</sub>e</b>

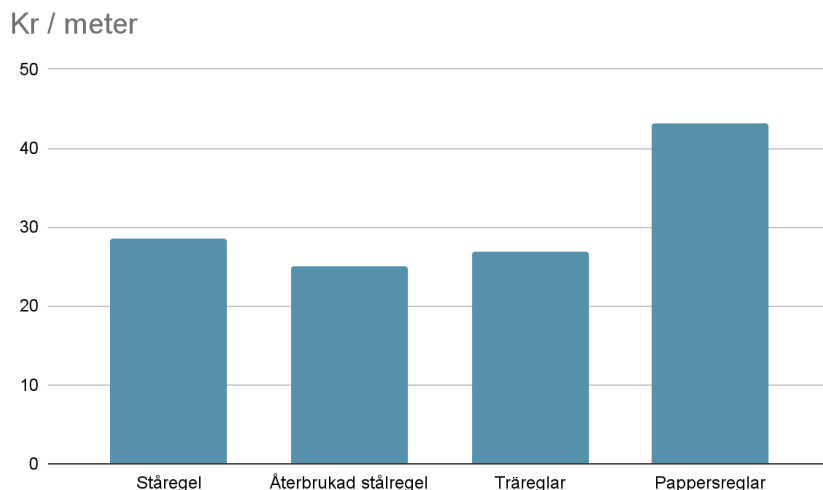
Tabell 33. Värderna för Wood tube från miljövarudeklaration (EPD 2023c)

För Wood Tubes pappersregel i storlek 45x95 har ingen prisuppgift hittats. Kostnaden för dimensionen 45x70 är **31,79 kr per meter**. Ett uppskattat pris för dimensionen 45x95 blir  $(31,79/70) \times 95 = 43,14$  **kr per meter** (Beijer Bygg u.å.).



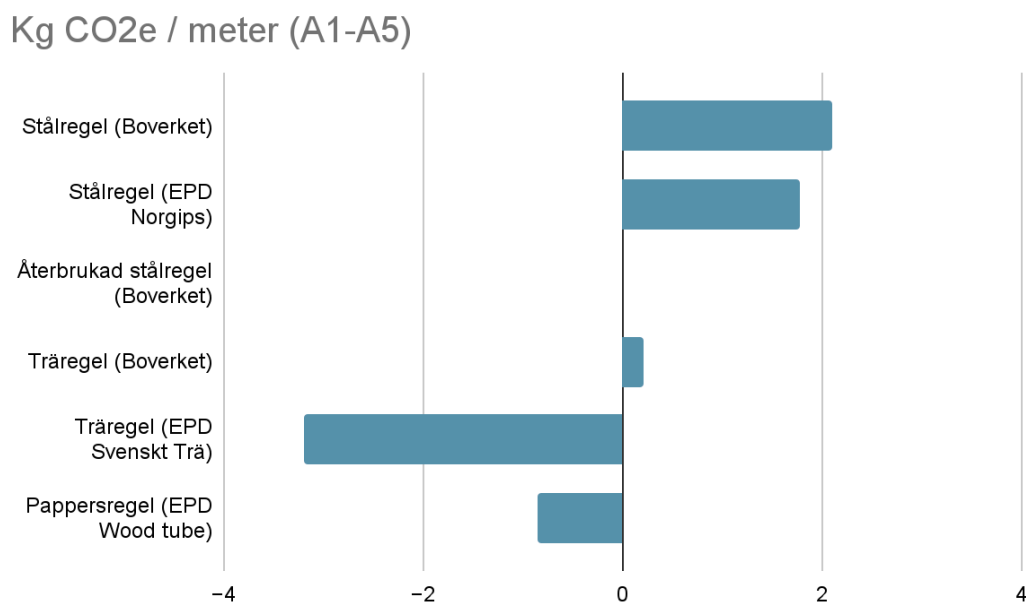
### 5.3.8 Sammanfattning klimatpåverkan och pris för reglar

Pris per meter regel i olika material jämförs i figur 27



Figur 27. Inköpspris för ståreglar per meter i bredd 95 mm (K-Rauta u.å.c, CC Build u.å.b, Bauhaus u.å.b, Beijer Bygg u.å)

Klimatpåverkan för reglar i olika material jämförs i figur 28. Boverkets data ingår endast fossila källor medan EPDer även innehåller biogena. Att träregel har negativ klimatpåverkan i EPDn medan den är positiv i Boverkets databas beror förmodligen på att Boverket inte har räknat in lagring av koldioxid. I figur 28 syns tydligt att stål har betydligt större miljöpåverkan vid tillverkning än trä och papper.



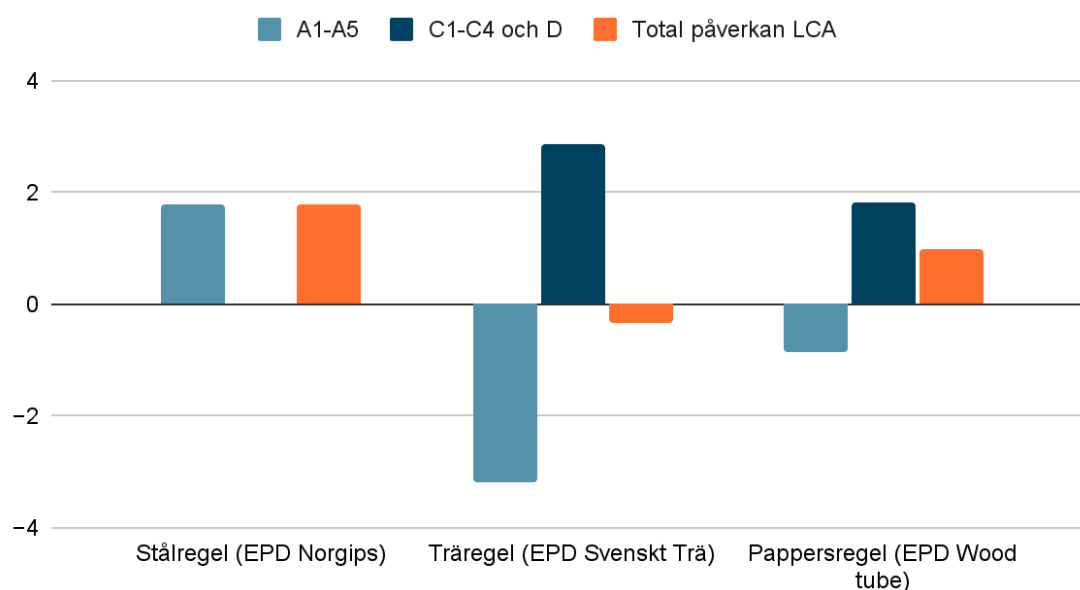
Figur 28. Klimatavtryck för produktfasen för reglar (Boverket 2023c, EPD-Norge 2018, EPD 2021, EDP 2023c)

Uppgifterna om miljöpåverkan (som mäts i kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>) för stål tagna från Boverkets klimatdatabas är konservativt satta, vilket betyder 25 % högre än genomsnittet. Boverket anger att det är de konservativa värdena som ska användas i beräkning i klimatdeklaration om inte EPD för specifik byggprodukt finns (Boverket 2023d).

Då både träreglar och pappersreglar lagrar koldioxid under användning har även värden för slutskedet (avfallsfasen, C1-C4) tagits med för att få en rättvisare jämförelse, se figur 29. Värdena kommer från respektive EPDer för regeltyperna. Användarfasen (B1-B7) har i samtliga fall i princip ingen påverkan alls och har därför inte tagits med i jämförelsen.

Klimatpåverkan för produktskede, slutskede och hela livscykeln (dvs produktskede + slutskede) för reglar i olika material visas i figur 29. Här syns utsläppen av det lagrade koldioxidet i trä och papper tydligt i slutfasen. Värdena för träregeln kan tolkas som att ju mer träreglar vi använder desto mer koldioxid binder vi in (även om vi eldar upp dem i slutändan) vilket inte är sant. Att värdet blir negativt beror på att man tillgodogör sig fördelar i D-skedet genom att värme produceras vid förbränningen.

## Kg CO<sub>2</sub>e / meter



Figur 29. Översikt klimatpåverkan för reglar. (EPD-Norge 2018, EPD 2021, EDP 2023c)

### 5.3.9 Sammanfattning cirkularitet för reglar

I nedan tabell (tabell 34) visas en jämförelse av hur cirkulära de studerade materialen är och skulle kunna vara. Återanvändning av samtliga material är ännu bättre än materialåtervinning som är det mest cirkulära alternativet i tabellerna, men det har inte tagits med i jämförelsen eftersom det praktiskt är svårare med återanvändning på grund av tillgång och problemen det skapar vid montering.

**Grönt** innebär god cirkularitet (återanvändning eller avfall som råmaterial)

**Gult** en större del är cirkulärt (materialåtervinning)

**Orange** en liten del är cirkulärt (materialåtervinning till viss del eller energiåtervinning)

**Rött** ej cirkulärt (jungfruliga material / deponi)

Cirkularitet hos reglar		
Jungfruligt material + återvunnet material	Stålreglar i dagsläget	Materialåtervinning
Återvunnet material	Stålreglar möjligheter	Materialåtervinning
Jungfrulig råvara	Träreglar i dagsläget	Energiåtervinning
Avfall som råmaterial	Pappersreglar	Materialåtervinning

Tabell 34. Jämförelse av cirkularitet hos reglar (EPD-Norge 2018, EPD 2021, EPD 2023c)

## 5.4 Fallstudie

För att göra jämförelse mellan olika materialval tydlig görs en fallstudie på ett flerbostadshus byggt av Skanska i Malmö med 148 lägenheter.

### 5.4.1 Byggskivor

I underlaget från Skanska finns fyra olika sorters gipsskivor redovisade. I denna jämförelse tas endast normal classic board (standardgipsskiva) med då rapporten inte täcker de andra skivorna som sitter i badrum och utomhus, miljöpåverkan för standardgipsskivorna visas i tabell 35.

För att få värde på klimatpåverkan för inköpt mängd har beställd mängd (per kvadratmeter) multiplicerats med klimatpåverkan (A1-A5) för 1 m<sup>2</sup> gipsskiva (från tabell 6).

För att få värde på total klimatpåverkan för avfall om materialet återvinns har spill (per kvadratmeter) multiplicerats med klimatpåverkan (C1-C4, materialåtervinning) för 1 m<sup>2</sup> gipsskiva (från tabell 6). Detta värde har sedan adderats med värdet för klimatpåverkan inköpt mängd.

Gipsskiva Norgips Standard	
dimension	12,5x900x2500
yta per gipsskiva	2,23 m <sup>2</sup>
vikt (12,5 mm gipsskivor väger 9 kg / m <sup>2</sup> )	20,25 kg
beställd mängd (antal)	9 500 st
beställd mängd (vikt)	192 375 kg
beställd mängd (m <sup>2</sup> )	21 185 m <sup>2</sup>
spill (antal)	20,8 % = 1 976 st
spill (vikt)	40 053,5 kg
spill (m <sup>2</sup> )	4406,5 m <sup>2</sup>
inköpspris per m <sup>2</sup>	48 kr*
inköpspris per skiva	107,04 kr*
inköpspris beställd mängd	<b>1 016 880 kr*</b>
kostnadsförlust spill	212 222,4 kr*
avfallsavgift gips (850 kr/ton)	34 450 kr
klimatpåverkan inköpt mängd (A1-A5)**	<b>46 607 kg CO<sub>2</sub>e**</b>
klimatpåverkan spill (C1-C4, återvinning)**	<b>3 860 kg CO<sub>2</sub>e**</b>
total klimatpåverkan	<b>50 467 kg CO<sub>2</sub>e**</b>

Tabell 35 Pris och miljöpåverkan för byggskivor av gips i hus från Skanska med 148 lägenheter (Bilaga 2, EPD-Norge 2020a ).

\* Priser i tabellen avser inte Skanskas inköspriser, utan är samma som använts tidigare i rapporten från ett byggvaruhus.

\*\* Beräknad med värden från EPD Norgips standard skiva med miljöpåverkan 2,2 kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> (A1-A5) och 0,876 kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> (C1-C4 återvinning)

En jämförelse utifrån pris och miljöpåverkan görs mellan det av Skanska valda materialet och ett av de granskade materialen i denna rapport. Val av material att jämföra skulle kunna vara gipsskivor som tillverkats med endast förnybar energi eftersom de har lägst klimatpåverkan sett till hela livscykeln eller byggskivor av förpackningsmaterial då de är det mer cirkulära alternativet i dagsläget. I den här jämförelsen har gipsskivor tillverkade endast

med förnybar energi använts, då de antas ligga närmare till hands att byta till, se tabell 36. Samma mängder som i Skanskas fall (tabell 35) har använts.

Beräkning av klimatpåverkan för inköpt mängd och klimatpåverkan för avfall har gjorts på samma sätt som beskrivits för tabell 35. Värden för klimatpåverkan från gipsskivor som tillverkats med endast förnybar energi har tagits från tabell 6.

Gipsskiva Norgips Standard ECO	
dimension	12x1000x1000
yta per gipsskiva	1 m <sup>2</sup>
beställd mängd (m <sup>2</sup> ) (från Skanskas fall)	21 185 m <sup>2</sup>
spill (m <sup>2</sup> ) (från Skanskas fall)	4406,5 m <sup>2</sup>
inköpspris per m <sup>2</sup>	61,78 kr*
inköpspris beställd mängd	<b>1 308 809 kr*</b>
kostnadsförlust spill	272 234 kr
avfallsavgift gips (850 kr/ton)	34 450 k
klimatpåverkan inköpt mängd (A1-A5)**	<b>20 465 CO<sub>2</sub>e**</b>
klimatpåverkan spill (C1-C4, återvinning)**	<b>3 974 kg CO<sub>2</sub>e**</b>
total klimatpåverkan	<b>24 439 kg CO<sub>2</sub>e**</b>

Tabell 36. Miljöpåverkan och pris om Skanska istället använt sig av gipsskivor som tillverkats med endast förnyelsebar energi (EPD-Norway 2022)

\* Priser i tabellen avser inte Skanskas inköpspriser, utan är samma som använts tidigare i rapporten från ett byggvaruhus.

\*\* Beräknad med värden från Norgips Standard ECO med miljöpåverkan 0,966 kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> (A1-A5) och 0,902 kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> (C1-C4 återvinning)

## 5.4.2 Isoleringsmaterial

I underlaget från Skanska finns dokumentation för åtgång av isolering för 55 av 148 lägenheter redovisade. För att få ett uppskattat värde för samtliga 148 lägenheter har ett genomsnitt räknats ut för de 55 som finns som sedan multiplicerats med antalet lägenheter. Klimatpåverkan för stenull i dessa lägenheter visas i tabell 37.

För att få värde på total klimatpåverkan har först klimatpåverkan för de olika tjocklekarna räknats ut. Från Rockwools EPD framkommer att tjockleken 37 mm har klimatpåverkan 0.677 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> (EPD-Norge 2023). För tjockleken 45 mm blir värdet istället (0,677/37 \*

45) 0,82 kg CO<sub>2</sub>e per kvadratmeter. För tjockleken 70 mm blir värdet istället (0,677/37 \* 70) 1,28 kg CO<sub>2</sub>e per kvadratmeter. Beräkning av total klimatpåverkan för inköpt mängd har gjorts genom att multiplicera total beställd mängd (per kvadratmeter) och klimatpåverkan per kvadratmeter, först för tjockleken 45 mm, sedan för tjockleken 70 mm. Dessa värden har sedan adderats. Då ingen uppgift på spill finns, tas inga värden för klimatpåverkan för slutskedet upp.

Stålrégelskiva stenull Rockwool	
dimension	1220 x 445 x 45 1220 x 445 x 70
yta per isoleringsskiva	0,543 m <sup>2</sup>
beställd mängd (m <sup>2</sup> ) per lägenhet	30,78 m <sup>2</sup> (tjocklek 45 mm) 5,96 m <sup>2</sup> (tjocklek 70 mm)
antal lägenheter	148
total beställd mängd (m <sup>2</sup> )	4555,44 m <sup>2</sup> (tjocklek 45 mm) 882,08 m <sup>2</sup> (tjocklek 70mm)
spill (m <sup>2</sup> )	uppgift saknas
inköpspris per m <sup>2</sup>	51,69 kr (tjocklek 45)* 71,92 kr (tjocklek 70)*
inköpspris beställd mängd per tjocklek	235 470,70 kr* (tjocklek 45 mm) 63 439,20 kr* (tjocklek 70 mm)
total kostnad inköp	<b>298 910 kr*</b>
kostnadsförlust spill	uppgift saknas
avfallsavgift isolering (1280 kr/ton)	uppgift saknas
klimatpåverkan EPD per m <sup>2</sup> , produktskede (A1-A5)	0,82 kg CO <sub>2</sub> e** (tjocklek 45 mm) 1,28 kg CO <sub>2</sub> e** (tjocklek 70 mm)
klimatpåverkan inköpt mängd (tjocklek 45 mm)	3 735,46 kg CO <sub>2</sub> e** (tjocklek 45 mm) 1 129,06 kg CO <sub>2</sub> e** (tjocklek 70 mm)
total klimatpåverkan	<b>4 864 kg CO<sub>2</sub>e**</b>

Tabell 37. Pris och miljöpåverkan för isoleringsmaterial av stenull i hus från Skanska med 148 lägenheter (Bilaga 2, Bergqvist Järn och Bygg u.å.a, Bergqvist Järn och Bygg u.å.b, EPD-Norge 2023)

\* Priser i tabellen avser inte Skanskas inköpspriser, utan är samma som använts tidigare i rapporten från ett byggvaruhus.

\*\* Beräknad med värden från EPD Rockwool stenullsisolering med miljöpåverkan 0,677 kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> (A1-A5) för 37 mm

En jämförelse utifrån pris och miljöpåverkan görs mellan det av Skanska valda materialet och ett av de granskade materialen i denna rapport. Val av material att jämföra skulle kunna

vara lösull av återvunnen mineralull eftersom det har lägst klimatpåverkan sett till hela livscykeln eller träfiberisolering då de är det mest cirkulära alternativet i dagsläget. I den här jämförelsen har lösull från återvunnen mineralull valts då det har uppfattats ligga närmare till hands att byta till, se tabell 38. Samma mängder som i Skanskas fall (tabell 37) har använts.

Beräkning av klimatpåverkan för inköpt mängd och klimatpåverkan för avfall har gjorts på samma sätt som beskrivits för tabell 34. Värdet för klimatpåverkan från lösullen har tagits från Isovers EPD för Kretsull (EPD-Norge 2021). Eftersom inget pris för Isover Kretsull har hittats jämförs inte pris för isolering.

Lösull från återvunnen mineralull Isover	
dimension	1000x1000x45 1000x1000x70
beställd mängd (från Skanskas fall)	4555,44 m <sup>2</sup> (tjocklek 45 mm) 882,08 m <sup>2</sup> (tjocklek 70mm)
spill (från Skanskas fall)	uppgift saknas
avfallsavgift trä (0 kr/ton)	0 kr
klimatpåverkan EPD per m <sup>2</sup> , produktskede (A1-A5)	0,355 kg CO <sub>2</sub> e ** (tjocklek 45 mm) 0,552 kg CO <sub>2</sub> e ** (tjocklek 70 mm)
klimatpåverkan inköpt mängd (A1-A5)	1615 kg CO <sub>2</sub> e ** (tjocklek 45 mm) 487 kg CO <sub>2</sub> e ** (tjocklek 70 mm)
total klimatpåverkan inköpt mängd	<b>2 102 kg CO<sub>2</sub>e**</b>

Tabell 38. Miljöpåverkan om Skanska istället använt sig av lösull från återvunnen mineralull (EPD-Norge 2021)

\*\* Beräknad med värden från EPD Isover kretsull med miljöpåverkan -0,788 kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> (A1-A5) med tjocklek 100 mm

### 5.4.3 Regelmateriel för innerväggar

I underlaget från Skanska finns dokumentation för åtgång av regler för 55 av 148 lägenheter redovisade. För att få ett uppskattat värde för samtliga 148 lägenheter har ett genomsnitt räknats ut för de 55 som finns som sedan multiplicerats med antalet lägenheter. Flera olika dimensioner av regler finns med i underlaget, men eftersom Wood Tubes pappersreglar endast finns i dimensionerna 45x70 och 45x95 räknas bara på dessa från Skanskas dokument, miljöpåverkan för dessa visas i tabell 39.

För att få värde på total klimatpåverkan har först klimatpåverkan för de olika bredderna hämtats från Norgips EPD för stålreglar, där framkommer att bredden 70 mm har klimatpåverkan 1,48 kg CO<sub>2</sub>e per meter och för bredden 95 mm är värdet 1,78 kg CO<sub>2</sub>e per meter (EPD-Norge 2018). Beräkning av total klimatpåverkan för inköpt mängd har gjorts

genom att multiplicera total beställd mängd (per meter) och klimatpåverkan per meter, först för bredden 70 mm, sedan för bredden 95 mm. Dessa värden har sedan adderats.

Då inget spill förekommer blir det ingen klimatpåverkan för slutskede.

Ståregel Norgips	
dimension	2480 x 45 x 70 2480 x 45 x 95
beställd mängd per lägenhet	73 st (bredd 70 mm) 6 st (bredd 95 mm)
antal lägenheter	148
total beställd mängd	10 804 st (bredd 70 mm) 888 st (bredd 95 mm)
total beställd antal meter	26 794 m (bredd 70 mm) 2 202 m (bredd 95 mm)
spill	inget spill
inköpspris per st	71 kr (bredd 70 mm)* 82 kr (bredd 95 mm)*
inköpspris beställd mängd	767 084 kr* (bredd 70 mm) 72 816 kr* (bredd 95 mm)
total kostnad inköp	<b>839 900 kr*</b>
kostnadsförlust spill	0 kr
avfallsavgift metall (0 kr)	0 kr
klimatpåverkan EPD per m, produktskede (A1-A5)	1,48 kg CO <sub>2</sub> e** (bredd 70 mm) 1,78 kg CO <sub>2</sub> e** (bredd 95 mm)
klimatpåverkan EPD, produktskede (A1-A5)	39 655 kg CO <sub>2</sub> e** (bredd 70 mm) 3 920 kg CO <sub>2</sub> e** (bredd 95 mm)
total klimatpåverkan inköpt mängd	<b>43 575 kg CO<sub>2</sub>e**</b>

Tabell 39. Pris och miljöpåverkan för regler av stål i hus från Skanska med 148 lägenheter (Bilaga 2, K-rauta u.å.c, K-rauta u.å.d, EPD-Norge 2018 )

\* Priser i tabellen avser inte Skanskas inköspriser, utan är samma som använts tidigare i rapporten från ett byggvaruhus.

\*\* Beräknad med värden från EPD Norgips ståregel med miljöpåverkan 1,48 kg CO<sub>2</sub>e per meter (A1-A5) för bredd 70 mm och 1,78 kg CO<sub>2</sub>e per m (A1-A5) för bredd 95 mm

En jämförelse utifrån pris och miljöpåverkan görs mellan det av Skanska valda materialet och ett av de granskade materialen i denna rapport. Pappersregeln valdes då den har bäst



cirkulära egenskaper och låg miljöpåverkan jämfört med de övriga granskade materialen, se tabell 40. Samma mängder som i Skanskas fall (tabell 39) har använts.

Beräkning av klimatpåverkan för inköpt mängd och klimatpåverkan för avfall har gjorts på samma sätt som beskrivits för tabell 39. Värden för klimatpåverkan från pappersregel har tagits från Wood Tube EPD (EPD 2023c).

Pappersregel Wood Tube	
dimension	2480 x 45 x 70 2480 x 45 x 95
beställd mängd per lägenhet	73 st (bredd 70 mm) 6 st (bredd 95 mm)
antal lägenheter	148
total beställd mängd	10 804 st (bredd 70 mm) 888 st (bredd 95 mm)
total beställd antal meter	26 794 m (bredd 70 mm) 2 202 m (bredd 95 mm)
spill	inget spill
inköpspris per meter	31,79 kr (bredd 70)* 43,14 kr (bredd 95)*
inköpspris beställd mängd	851 781 kr* (bredd 70 mm) 94 994 kr* (bredd 95 mm)
total kostnad inköp	<b>946 775 kr*</b>
kostnadsförlust spill	0 kr
klimatpåverkan EPD per m, produktskede (A1-A5)	- 0,853 kg CO <sub>2</sub> e** (bredd 70 mm) - 0,853 kg CO <sub>2</sub> e** (bredd 95 mm)
klimatpåverkan EPD per m, produktskede (A1-A5)	- 22 855 kg CO <sub>2</sub> e** (bredd 70 mm) - 1 873 kg CO <sub>2</sub> e** (bredd 95 mm)
total klimatpåverkan inköpt mängd	<b>- 24 733 kg CO<sub>2</sub>e**</b>

Tabell 40. Miljöpåverkan och pris om Skanska istället använt sig av pappersreglar (Bilaga 2, Beijer Bygg u.å., EPD 2023c)

\* Priser i tabellen avser inte Skanskas inköspriser, utan är samma som använts tidigare i rapporten från ett byggvaruhus.

\*\* Beräknad med värden från EPD Wood Tube pappersregel med miljöpåverkan -0,853 kg CO<sub>2</sub>e per meter (A1-A5)

Eftersom uträkningen endast tar hänsyn till produktskedet och pappersmaterialet lagrar koldioxid under användningen fås ett negativt värde.

## 5.4.4 Sammanfattning jämförda material i fallstudie

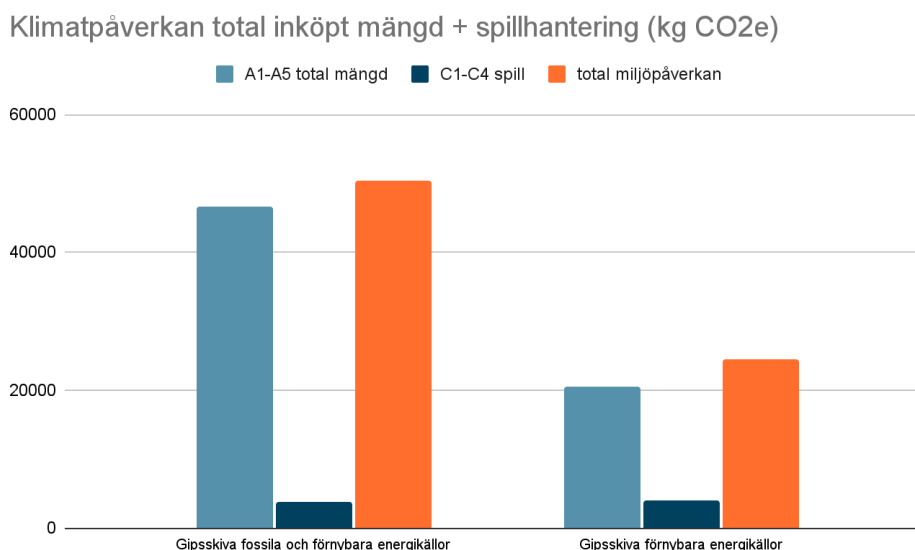
### Byggskivor

Standardgipsskivor har använts som byggskiva i Skanskas hus, nedan visas en jämförelse i pris om standardgipsskiva ECO (tillverkad endast med förnybar energi) skulle använts istället (figur 30). Kostnaden för för dessa ca 30 % dyrare.



Figur 30. Prisjämförelse materialval för byggskivor

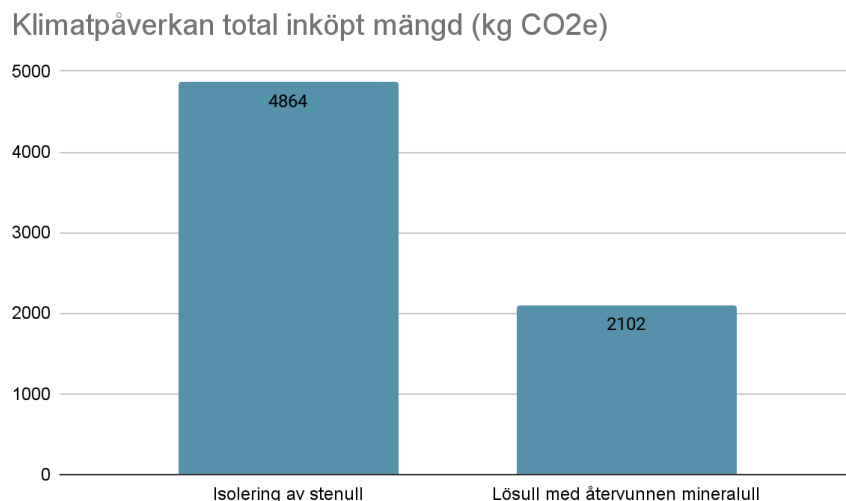
Nedan visas en jämförelse av klimatpåverkan i fallstudien mellan de olika materialen (figur 31). Klimatpåvekan C1-C4 kommer från avfallshanteringen av det material som blir över på byggarbetsplatsen i form av spill (från tillsågade bitar).



Figur 31. Översikt klimatpåverkan för olika byggskivor i flerbostadshus med 148 lägenheter. (EPD-Norge 2020a, EPD-Norway 2022, EPD 2023a, EPD Hub 2021, Bilaga 2)

## Isoleringsmaterial

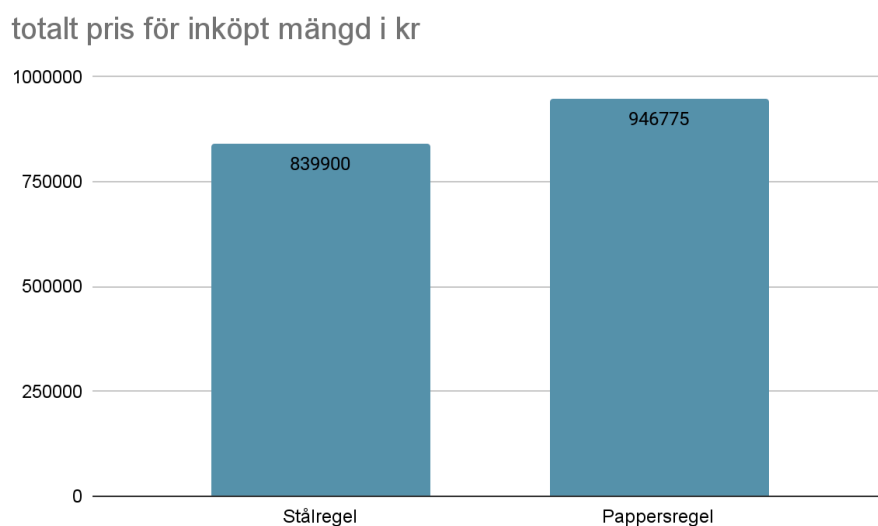
Stenull har använts som isoleringsmaterial i Skanskas hus, nedan visas en jämförelse i klimatpåverkan om lösull med återvunnen mineralull skulle använts istället (figur 32), klimatpåverkan för lösull med återvunnen mineralull är mindre än hälften så stor.



Figur 32. Jämförelse klimatpåverkan mellan stenull och lösull med återvunnen mineralull i flerbostadshus med 148 lägenheter. (EPD-Norge 2020c, Bilaga 2)

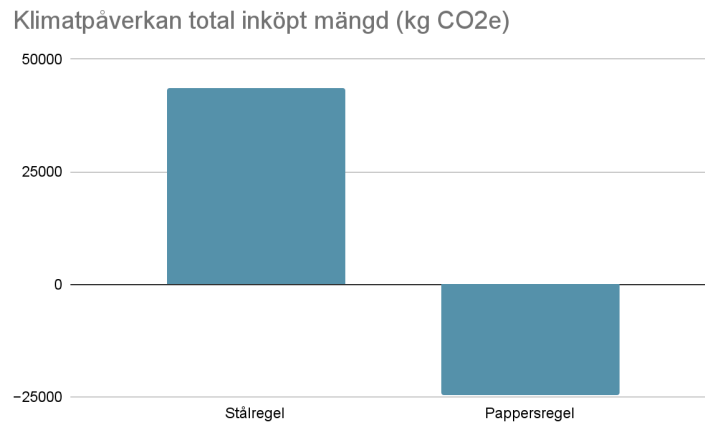
## Reglar för innerväggar

Ståreglar har använts som regler för innerväggar i Skanskas hus, nedan visas en jämförelse i pris om pappersreglar skulle använts istället (figur 33), till följd av resultatet av jämförelsen mellan olika material där de visar på lägre miljöpåverkan än övriga material.



Figur 33. Prisjämförelse materialval för regelmateriäl (Bilaga 2, K-rauta u.å.c, K-rauta u.å.d, Beijer Bygg u.å.)

Nedan visas en jämförelse för klimatpåverkan i fallstudien mellan de olika materialen (figur 34). Klimatpåverkan från pappersregeln är väsentligt lägre än för stålregeln för produktionsskedet. Granskas hela livscykeln har fortfarande pappersregeln en betydligt lägre klimatpåverkan (syns i figur 29).

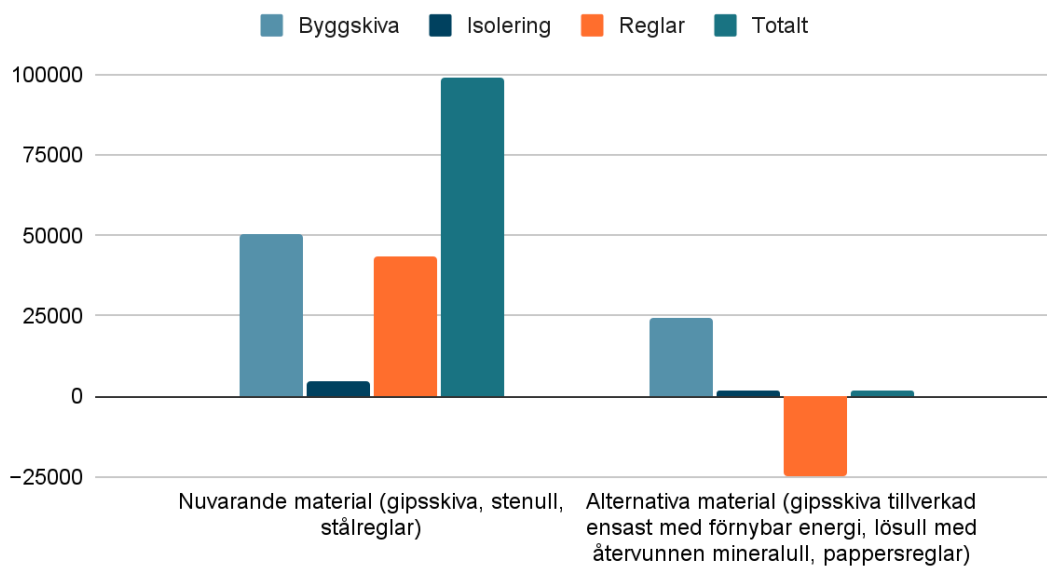


Figur 34. Jämförelse klimatpåverkan mellan stålregel och pappersregel i flerbostadshus med 148 lägenheter. (EPD-Norge 2020c, Bilaga 2)

### Jämförelse total klimatpåverkan

Jämförelse av materialen som används i innerväggar i Skanskas hus med 148 lägenheter med alternativa material visas i figur 36. Den totala klimatpåverkan om alla tre materialen byts ut är betydligt lägre än vid befintliga val, dock ses inte hela livscykeln här men även inräknat slutstadiet har de alternativa materialen mindre miljöpåverkan än de traditionella.

### klimatpåverkan alla material i kg CO2e



Figur 35. Jämförelse klimatpåverkan mellan materialval för innerväggar i flerbostadshus med 148 lägenheter. (Bilaga 2, EPD-Norge 2020a, EPD-Norway 2022, EPD 2023a, EPD Hub 2021, EPD-Norge 2020c)

## 6. Analys

### 6.1 Hinder och möjligheter för återbruk och återvinning

Analysen baseras på informationen i resultatdelen som kommer från studier av miljövarudeklarationer, intervju med byggbolag, data från Boverket och vetenskapliga rapporter. De valda materialen analyseras utifrån återbruksmöjligheter/hinder, miljö- och klimatpåverkan. Resultatet visar att alla tre materialen (gips, mineralull och stål) har mycket goda återvinningsegenskaper men är svårare att återbruka.

#### 6.1.1 Gips

##### Hinder

- Svårt att montera ner gipsskivor för återbruk utan att de skadas
- Återbrukade gipsskivor kan ha kapats eller finnas hål i som inte passar i det nya utrymmet.
- Begränsat utbud/marknadsplatser för återbruk av gipsskivor
- Avståndet till återvinningscentral som återvinner gips kan vara ett hinder då det inte finns som en alternativ fraktion på alla återvinningscentraler i Sverige.
- Det tar mer tid att rensa och sortera material vid rivning än att slänga allt på deponi vilket innebär en högre kostnad.
- Kunskapsbrist - många vet inte att det går att återvinna gipsskivor som är fuktiga, mögliga eller innehåller rester från bygget som tapet, träbitar eller skruv (Bok et al 2018, s 18)
- Det finns avfallsanläggningar som sprutar vatten på gipsen när den krossas för att minska damm, svårare att återvinna blött material (Altmasi et al 2018).
- Inget utbud av gipsskivor med endast återvunnet material

##### Möjligheter

- Möjlighet att köpa återbrukat byggmaterial från marknadsplatser.
- Miljönyttan med återbrukade gipsskivor är mycket stor och skulle sänka det nybyggda husets klimatavtryck avsevärt
- Återbruk av gipsskivor är enklare från större byggnader där fler gipsskivor är intakta, dvs inte har kapats för att anpassas efter lokalen.
- Återvinningscentraler som inte själva återvinner gips skulle kunna samordna insamling av gipsavfall för större transport till annan ort där återvinning är möjlig.
- Tydlig kommunikation från företag eller återvinningscentraler som återvinner gips om vilken status de kan ta emot gipsavfall i (Bok et al 2018, s 19).
- Premiera resurshållning (istället för tid) på arbetsplatserna för att minska åtgången av material (Bok et al 2018, s 19).
- För att minska spill kan gipsskivor måttbeställas, det blir dyrare och mer tidskrävande vid planeringen av vad som ska beställas men snabbare vid montering då all specialanpassning för dörrar, vägguttag, fönster osv redan är gjord. På totalen blir det billigare och går fortare.
- Gips är 100 % återvinningsbart utan att förlora några egenskaper, vilket gör det till ett utmärkt cirkulärt material.

## 6.1.2 Mineralull

### Hinder

- Begränsat utbud/marknadsplatser av återbrukat isoleringsmaterial
- Begränsat utbud av återvunnet mineralullsmaterial
- Återbrukat isoleringsmaterial i skivformat kan ha fel storlek för att passa nya utrymmet och det blir då merarbete med att pussla ihop delar.
- Inget lagkrav på att sortera ut mineralull
- Återvinningscentraler erbjuder inte mineralull som egen fraktion.
- Kunskapsbrist - många vet inte att det går att återvinna mineralull.

### Möjligheter

- Möjlighet att köpa återbrukat byggmaterial från marknadsplatser.
- Miljönyttan med återbrukat mineralull är mycket stor och skulle sänka det nybyggda husets klimatavtryck avsevärt
- Återbruk av mineralull är enklare från större byggnader där fler mineralullsskivor är intakta, dvs inte har kapats för att anpassas efter lokalen.
- Använda lösull bestående av återbrukat mineralull
- Återvinningscentraler skulle kunna erbjuda insamling av mineralull som egen fraktion och samarbeta med mineralullstillverkare för användning av återvunnet material i nya produkter.
- Premiera resurshållning (istället för tid) på arbetsplatserna för att minska åtgången av material (Bok et al 2018, s 19).
- För att minska spill kan lösull användas istället för skivor som kapas och genererar spill.
- Mineralull är 100 % återvinningsbart utan att förlora några egenskaper, vilket gör det till ett utmärkt cirkulärt material.

## 6.1.3 Stål

### Hinder

- Begränsat utbud/marknadsplatser av återbrukat byggmaterial
- Återbrukade stålreglar kan ha fel längd för att passa nya utrymmet
- Finns stora mängder outnyttjad metall i gruvavfall och industrideponier men inte tillräcklig kunskap och teknik för att ta hand om det

### Möjligheter

- Möjlighet att köpa återbrukat byggmaterial från marknadsplatser.
- Miljönyttan med återbrukat stål är mycket stor
- Miljönyttan med återvunnet stål är också stor jämfört med jungfruligt material
- Metaller finns med i avfallsförordningen med krav på sortering
- Stål kan återvinnas i oändlighet utan att egenskaperna degraderas, vilket gör det till ett utmärkt cirkulärt material.
- Nya tekniker utvecklas för att minska utsläppen av växthusgaser

## 6.2 För och nackdelar med studerade material

### 6.2.1 Gipsskivor och andra byggskivor

I nedan tabell (tabell 41) jämförs fördelar och nackdelar med de olika materialen för byggskivor.

	Fördelar	Nackdelar
Gipsskivor med jungfruligt + viss del återvunnet material	Högt brandmotstånd (klass A) Möjligt att återvinna till 100 %	Högt klimatavtryck Alla kommuner har inte möjlighet att återvinna gips. Allt gipsmaterial hamnar inte i rätt fraktion. Långa transporter då allt råmaterial importerats alternativt importerats som färdig produkt.
Återbrukade gipsskivor	Ingen klimatpåverkan förutom transporter. Transporterna är oftast kortare än för nya gipsskivor. Högt brandmotstånd (klass A) Möjligt att återvinna till 100 % Resurs som annars skulle blivit avfall	Svåra att demontera utan att de blir skadade. Svåra att få tag på Svårare att montera då de kan vara anpassade efter den förra byggnaden. Alla kommuner har inte möjlighet att återvinna gips. Allt gipsmaterial hamnar inte i rätt fraktion
Alternativ 1 Plywood	Går att återanvända. Lågt klimatavtryck vid tillverkning och användning.	Lägre brandmotstånd (klass D). Dyrare alternativ. Väldigt lite återanvänds, därför går en stor del till förbränning vilket ökar på klimatavtrycket. Användning av trä bidrar till skövling av skog vilket påverkar biologisk mångfald
Alternativ 2 Skivmaterial från Recoma	Återvinningsbart till nya skivor. Råmaterialet är återvunna förpackningar som annars skulle gått till förbränning. Tillverkning i Sverige ger korta transporter. Kräver inga naturresurser, råmaterialet är ett avfall. Flexibel, går att böja med värme	Lägre brandmotstånd (klass D). Dyrare alternativ. Hela skivan återvinns inte, viss del går till energiåtervinning och deponi.

Tabell 41.

## 6.2.2 Mineralull och andra isoleringsmaterial

I nedan tabell (tabell 42) jämförs fördelar och nackdelar med de olika materialen för isoleringsmaterial.

	Fördelar	Nackdelar
Glasullsskivor	Högt brandmotstånd (klass A) Möjligt att återvinna om rent och torrt. Går att återanvända som lösull. Ofta korta transporter då mycket glasull produceras i Sverige. Lågt lambda-värde - god isoleringsförmåga	Högt klimatavtryck Väldigt lite återvinns idag, deponeras oftast Samlas inte in som en egen fraktion på återvinningscentralerna. Avger farliga gaser vid brand.
Stenullsskivor	Högt brandmotstånd (klass A) Möjligt att återvinna om rena och torra. Går att återanvända som lösull. Ofta korta transporter då mycket stenull produceras i Sverige Lågt lambda-värde - god isoleringsförmåga	Högt klimatavtryck Väldigt lite återvinns idag, deponeras oftast Samlas inte in som en egen fraktion på återvinningscentralerna. Avger farliga gaser vid brand.
Återbrukade glasullsskivor	Ingen klimatpåverkan förutom transporter. Högt brandmotstånd (klass A) Möjligt att återvinna om torra och rena. Lågt lambda-värde - god isoleringsförmåga Går att återanvända som lösull. Resurs som annars skulle blivit deponiavfall	Svåra att få tag på Svårare att montera då de kan vara anpassade efter den förra byggnaden. Avger farliga gaser vid brand. Samlas inte in som en egen fraktion på återvinningscentralerna.
Lösull med återvunnen mineralull	Resurs som annars skulle blivit deponiavfall. Högt brandmotstånd (klass A) Lågt lambda-värde - god isoleringsförmåga Blir inget spill Korta transporter då det produktion i Sverige	Bara spill från produktion och byggplatser används, inget från rivning. Samlas inte in som en egen fraktion på återvinningscentralerna. Avger farliga gaser vid brand. Antas inte återanvändas utan går till deponi vid slutskedet.
Träfiberskivor	Bästa alternativet ur ett livscykelperspektiv avseende 18 miljöfaktorer (inte bara CO2e utsläpp). Biologiskt nedbrytbar - kan återvinnas till nytt isoleringsmaterial. Korta transporter då tillverkning av materialet sker i Sverige. Montering går snabbare än för mineralull. Inga farliga gaser vid brand Resurs som annars skulle blivit avfall (energiåtervinning).	Lägre brandmotstånd (klass E). Dyrare alternativ. 10 % sämre värmeisoleringsförmåga än mineralull gör att tjockare skivor måste användas för att uppnå samma isoleringsgrad. Antas till största delen gå till energiåtervinning vid slutskedet.
Hampaskivor	Låg miljöpåverkan i tillverkning Tidseffektivt material, går att odla fram på 100 dagar.	Lägre brandmotstånd (klass D). Dyrare alternativ. 26 % sämre värmeisoleringsförmåga



	Binder koldioxid vid odlingen. Inga bekämpningsmedel behövs vid odling. 100 % återvinningsbar och återanvändningsbar.	än mineralull gör att tjockare skivor måste användas för att uppnå samma isoleringsgrad. Största delen importeras in till landet vilket betyder längre transporter. Ofta används syntetiska fibrer som bindemedel vilket påverkar klimatpåverkan negativt. Antas till största delen gå till energiåtervinning vid slutskedet.
Textilskivor	Låg miljöpåverkan i tillverkning Råmaterial av uttjänt textil som annars skulle blivit avfall. Möjligt att återanvända eller återvinna till nytt isoleringsmaterial.	Längre transporter då ingen tillverkning finns i Sverige. Användning av syntetiska fibrer som bindemedel och biocider, vilka bidrar till högre miljöpåverkan. Dyrare alternativ. Något lägre brandmotstånd än mineralull (klass B) Avger förmodligen farliga gaser vid brand då de innehåller plastmaterial Sämre värmeisoleringsförmåga än mineralull gör att tjockare skivor måste användas för att uppnå samma isoleringsgrad. Antas till största delen gå till energiåtervinning vid slutskedet

Tabell 42.

### 6.2.3 Ståreglar och regler av andra material

I nedan tabell (tabell 43) jämförs fördelar och nackdelar med de olika materialen för regler.

	Fördelar	Nackdelar
Ståreglar	Möjligt att återvinna till 100 % Transporterna kan vara korta om tillverkningen är i Sverige.	Högt klimatavtryck. Finns för lite återvunnet material att få tag på för att möta behovet.
Återbrukade ståreglar	Ingen klimatpåverkan förutom transporter. Möjligt att återvinna till 100 %	Svåra att få tag på Svårare att montera då de kan vara anpassade efter den förra byggnaden.
Alternativ 1 Träreglar	Går att materialåtervinna och energiåtervinna. Binder koldioxid under sin livstid. Lågt klimatavtryck.	Väldigt lite återanvänds, därför går en stor del till förbränning vilket ökar på klimatavtrycket och gör att det inte är ett cirkulärt alternativ.
Alternativ 2 Pappersreglar	Helt cirkulärt alternativ 100 % återvinningsbart till nya regler, råmaterialet är återvunnet papper. Tillverkning i Sverige ger korta transporter. Kräver inga naturresurser, råmaterialet är ett avfall.	Dyrare alternativ.

Tabell 43.

## 7. Diskussion

Denna studie syftar till att analysera de material som vanligen förekommer i innerväggar såsom gipsskivor, mineralullsisolering och stålreglar. Studier har gjorts på möjligheten att återbruka eller återvinna dessa produkter och material samt en jämförelse med alternativa material när det gäller klimatpåverkan och möjlighet till cirkularitet.

Om bara produktskedet (tillverkningsfasen) för de olika materialen granskas fås en helt annan bild än om hela livscykel studeras, detta syns tydligt i jämförelsen mellan de olika materialen (se figur 13a, 13b, 21 och 29). De växtbaserade materialen som binder in koldioxid under sin livstid får ett mycket lågt eller till och med negativt värde på klimatpåverkan för tillverkningen. Därför kan en klimatdeklaration bli missvisande eftersom den visar den tänkta byggnadens klimatpåverkan endast för byggskedet. Man får då bara med påverkan från tillverkningen av de produkter som ska ingå i byggnaden och inte hur de tas om hand när byggnaden rivs. När fokus bara är på byggskedet kan det vara lätt att glömma det cirkulära perspektivet. Om syftet är att återanvända materialet när byggnaden rivs är det inte lika viktigt att titta på alla skeden eftersom materialet inte har någon mer klimatpåverkan förrän det materialåtervinns, energiåtervinns eller deponeras. Eftersom hus har en mycket längre livscykel än de flesta andra produkter är det svårt att veta för hus som byggs nu hur materialen kommer tas om hand vid rivning, om uppskattningsvis 80-100 år. Kanske har tekniker och system för återvinning och återanvändning utvecklats så pass bra att det går att helt återvinna eller återanvända de traditionella materialen på ett effektivt sätt med minimal miljöpåverkan.

För att minska påverkan av ändliga resurser krävs att ett material inte bara har låg klimatpåverkan utan även att det går att cirkulera om och om igen. Det är tydligt att möjligheterna för de vanliga materialen gips, mineralull och stål har goda möjligheter att cirkuleras upprepade gånger utan att egenskaperna försämras, men att detta inte görs fullt ut i dagsläget. Att använda andra kedjors restflöden för att ersätta produkter kan vara en bra lösning om det inte finns tillräckligt stor omfattning återvunnet material av det ursprungliga materialet för att räcka till, men viktigt är då att det ersättande materialet går att cirkulera.

Det är intressant att de vanligare materialen visserligen överlag har en hög klimatpåverkan vid tillverkningsfasen men att de ur ett livscykelperspektiv i flera fall har större möjligheter att vara mer cirkulära än de alternativa materialen. De växtbaserade materialen har visserligen också möjlighet att återanvändas och återvinnas men de kan degraderas med tiden.

### 7.1 Byggskivor

Gips har utmärkta förutsättningar att vara ett material som fungerar fint i ett cirkulärt kretslopp. Om spill och förbrukade gipsskivor kommer till en återvinningscentral eller annan aktör som återvinner gips kan det **återvinnas** i all evighet utan att materialets egenskaper försämras. För att få ner klimatpåverkan ytterligare kan förnybara energilösningar användas och spillvärme från bränning- och torkningsprocessen utnyttjas av andra aktörer. Idag innehåller gipsskivor maximalt 30 % återvunnet gips. Med ökad insamling av gips för återvinning skulle den procentsatsen kunna öka. Vilket bara medför miljö fördelar - minskad deponi, minskat behov av brytning/framställning av råmaterial och minskat klimatavtryck. För

att gips ska bli ett riktigt bra cirkulärt material med låg klimatpåverkan krävs alltså bättre insamlingsgrad och högre andel återvunnet material i nya gipsskivor. Eftersom det är fullt möjligt att återvinna gips tycker jag det borde vara självklart att alla återvinningscentraler har en gipsfraktion. Det borde också vara självklart att producenter som tar emot gipsspill tar inte bara tar emot från sitt eget märke och att både de och återvinningscentralerna tar emot rivningsavfall.

**Återanvända** ligger högre upp på avfallstrappan än återvinning, men om att återanvända gips innebär jordförbättring är i det här fallet återvinning av material ett bättre och hållbarare alternativ för gips ur ett resursperspektiv eftersom det då behålls i det cirkulära flödet istället för att gips i naturen utarmas. Men om det handlar om att återanvända gipsskivorna i sin helhet är återbruk det absolut överlägsna alternativet när det gäller klimatavtryck, miljöpåverkan, pris och cirkularitet. Tyvärr är marknaden kring återbrukade gipsskivor idag inte särskilt utbredd, man ser många bekymmer med att använda sig av återbrukade skivor som redan är anpassade för ett annat rum och dessutom är svåra att montera ner utan att ta skada.

Att använda industrigips genom att fånga upp svavel vid förbränning av till exempel olja, biomassa eller avfall är såklart smart, men samtidigt behöver kalksten tillsättas och även det är en ändlig resurs. LKABs satsning på en cirkulär industripark där gips blir en biprodukt i brytningen av järnmalm, som medför att mängden avfall, deponi och föroreningar minskar är verkligen intressant ur ett cirkulärt perspektiv och ett fint exempel på **industriell symbios**. Får de sin process att fungera finns goda möjligheter att helt sluta importera bruten gips och bara använda sig av LKABs avfall/resurs i tillverkningen av svenska gipsskivor kanske tillsammans med återvinning av gips, då sänks miljöpåverkan både hos LKAB och hos gipstillverkarna, vilket är win-win för alla.

**Förebygga** avfall genom måttanpassade gipsskivor betyder mindre spill, mindre tidsåtgång, minskade kostnader samt lägre klimatavtryck eftersom mindre kvantiteter beställs jämfört med standardstorlek. Men än så länge verkar hantverkare och beställare inte vara helt bekväma med måttanpassade gipsskivor då de anses bökiga att jobba med, samt att de är betydligt dyrare.

Recomas skivmaterial är ett intressant **alternativ** med sin låga miljöpåverkan vid produktionen och möjlighet till att återanvändas och återvinnas, dock måste brandsäkerheten lösas för större byggnader med hårdare krav på brandklass. En möjlighet är att använda sig av sprinklersystem och en annan är att vid byggen där flera gipsskivor monteras på varandra, använda sig av Recomas byggskivor innerst och gips på det yttersta lagret för att få ner miljöpåverkan och få ett säkert brandskydd och ett tredje att använda brandskyddsfärg. Dock är Recomas skivor ganska mycket dyrare och dessutom måste kostnaden och miljöpåverkan för sprinklersystem / brandskyddsfärg läggas till. Det går att diskutera om det är bättre att hålla slutna cirkulära system både när det gäller förpackningar (råmaterialet i Recomas skivor) och gips, då båda råvarorna har möjlighet att helt återanvändas till förpackningar respektive gipsskivor. Förpackningarna som Recoma använder är utsorterade för att gå till förbränning, men en framtida utveckling skulle kunna vara att återvinningprocesserna utvecklas och att det därmed kommer finnas mindre mängd resurser att tillverka skivor av. Dock är vi långt ifrån en tillvaro där allt förpackningsmaterial återvinns till nya förpackningar och då är Recomas byggskivor ett utmärkt exempel på

industriell symbios där ett företags avfall, som annars hade blivit till koldioxidutsläpp, blir till ett annat företags resurs. Att skivorna dessutom är närproducerade och går att återvinna till nya skivor gör dem till ett mycket bra val. Att det dessutom går att använda till annat än ytskikt i hus, som tex att ersätta MDF för att bygga möbler, gör dem ännu mer intressanta.

Plywood är ett naturligt och återanvändbart material. Enligt studerad miljövarudeklaration innebär tillverkningsfasen för plywood en negativ klimatpåverkan, men det är inte hela sanningen för även om plywood kommer från en förnybar resurs och kol binds i materialet under hela livstiden så är flödet oftast linjärt eftersom mycket av materialet när det blir till avfall går till förbränning och i förbränningen syns en stor klimatpåverkan i miljövarudeklarationen. Plywood anses därför inte som ett bra cirkulärt material på det sättet det används idag. En annan diskussion som inte hanteras djupare här är hur skogsbruket sköts med tanke på skövlingar, odling av endast en sorts träd och effekten det har på biologisk mångfald och om trä därmed är ett klimatsmart alternativ eller inte.

## 7.2 Isolering

Precis som med gips är det absolut överlägsna alternativet till isolering ur ett miljö- och cirkulärt perspektiv den återbrukade isoleringen. Idag är den marknaden i princip obefintlig när det handlar om isolering i skivor och därför svår att välja för byggföretag.

Om mineralull börjar samlas in i större omfattning för återvinning till ny isolering är mineralull ett bra cirkulärt material. Tyvärr ser det inte riktigt ut så idag. Exakta siffror på hur mycket som deponeras / återvinns har inte hittats och det är därför svårt att avgöra hur cirkulärt materialet är i dagsläget. Men flera producenter av mineralull har börjat ta tillbaka spillmaterial och river det till lösull, vilket är mycket positivt och ett bra alternativ att använda istället för skivor av isolering. Men eftersom producenterna inte alltid tar emot mineralull från rivning och insamling av mineralull inte görs av återvinningscentralerna finns inte återvunnen lösull i så stor omfattning till försäljning som det skulle kunna göra. Börjar efterfrågan finnas från de stora byggbolagen skulle kanske en omställning till mer cirkulär hantering av mineralull påskyndas. Processen att riva mineralull till lösull är energisnål och har därmed låg klimatpåverkan jämfört med att använda jungfruligt material. Eftersom mineralull går att återvinna om och om igen utan försämrade egenskaper tycker jag det borde vara självklart att alla återvinningscentraler ska samla in mineralull som en egen fraktion. Mineralull borde även finnas med i lagkravet på materialinventering och därmed vara tvingande att sortera vid rivning. Det är märkligt att det inte redan görs, också är det märkligt att de producenter som tar emot spill oftast bara tar emot från sitt egna märke och även att de inte tar emot rivningsavfall. Mineralull som sitter inne i en vägg borde inte ha blivit särskilt påverkad av yttre faktorer utan det skulle därmed inte vara några bekymmer att återvinna / återanvända.

Vad händer när Sverige måste börja samla in textilavfall? Vad kommer göras med de enorma mängder textil som samlats in? Skulle uttjänta textilier kunna bli till isolering, likt det företag i Nederländerna som tagits upp? Miljövinster med återvunnen textil jämfört med jungfruligt material är bara 5-10 %. Så även om det innebär downcycling av materialet, skulle då problemet lösas med vart all textil ska ta vägen när man vill undvika förbränning och textilierna är svåra att recirkulera? Eller är det ändå bättre att hålla textilierna inom ett slutet cirkulärt system för att minska trycket på råvarorna? Då det finns enorma mängder textilier att ta hand om i dagsläget och tekniken för att ta hand om dem på ett effektivt sätt

ännu inte är fullt utvecklad, samt att återvinna textilfiber till ny textil har en mycket hög miljöpåverkan, gör användningen av uttjänta textilier till isolering till ett mycket intressant alternativ till traditionell isolering ur ett miljö- och cirkulärt perspektiv. Dock innehåller det nederländska exemplet lite för stor del tillsatta syntetiska fibrer och biocider för att det ska vara ett fullt utmärkt alternativ. Dessutom är det en negativ aspekt att erbjuda en lösning på överkonsumtionen av textil, genom att downcycla istället för fokusera på att minska på konsumtionen av kläder och andra textilier.

Hampa har ett negativt klimatpåverkansvärde i den granskade miljövarudeklarationen för produktskedet på grund av att det binder koldioxid. Återanvänds isoleringsmaterialet så fortsätter koldioxiden att vara bunden. Men så snart isoleringen blir till avfall blir koldioxidutsläppen större än det som bundits in om det energiåtervinns. Ur ett cirkulärt perspektiv där det är viktigare att återanvända och behålla material som redan tagits fram jämfört med att producera nytt, är att använda avfall som resurs ett bättre alternativ. Som till exempel återvunnen textil eller biprodukten träspån som annars skulle gått till deponering, kompostering eller förbränning. Att de materialen dessutom går att återigen återanvända till ny isolering efter första rundan som isolering gör dem till utmärkta cirkulära alternativ om de faktiskt återanvänds. Men om vi kommer till den punkten att vi inte producerar så mycket trä att det blir träspån över eller att konsumtionen och därmed avfallet av textil markant minskar eller om återvunnen mineralull inte finns i tillräckligt stora mängder för att möta behovet, då är hampafiberisolering absolut ett intressant alternativ med sin effektiva växtfas och låga påverkan under produktionsskedet. Anmärkningsvärt angående hampa är att det finns otroligt många användningsområden, har högt näringsvärde, snabb växtfas, att inga bekämpningsmedel behövs och att den är tålig både för torka och översvämning.

Att råmaterialet till träfiberisolering är en restprodukt och att materialet lagrar kol under hela sin livstid gör att klimatpåverkan under tillverkningen blir negativ. När materialet blir till avfall ökar klimatpåverkan om det energiåtervinns. En studie av Shulte et al (2021) där stenull, cellplast, lin, hampa, träfiber och miskantus ingick, visar att träfiber är det bästa valet när 18 olika miljöfaktorer vägts in.

Att mineralullsprodukterna går till deponi i slutskedet har inte har någon större klimatpåverkan enligt EPDerna, medan hampafiber, träfiber och textil energiåtervinns och har betydligt högre klimatpåverkan i slutskedet (syns i figur 21). Vilket gör att det ur ett klimatpåverkansperspektiv ser mer positivt ut att deponera än att energiåtervinna vilket går helt emot avfallstrappan.

### 7.3 Reglar för innerväggar

Detsamma som gäller för byggskivor och isolering gäller också regler när det kommer till vad som har minst klimatpåverkan, nämligen återbrukat material. Dock är avigsidan att återbrukade stålreglar inte finns att få tag på i större omfattning och att de inte säkert har samma längd som den nya byggnaden kräver.

Stål går att återvinna i oändlighet utan att egenskaperna förändras och är därför ett utmärkt cirkulärt material. Det är insamlingskrav på metall och i princip all metall materialåtervinns redan, vilket är positivt. Det finns en stor potential i att använda metaller som finns övergivna i den urbana miljön, så som nedlagd infrastruktur, då användning av återvunnen metall

minskar klimatpåverkan med närmare 90 % och dessutom tas då inga nya resurser ut ur ekosystemen. Dock är det svårt att gräva upp den nedlagda infrastrukturen i ett område där inget grävarbete pågår. Vid byggnad av ett nytt hus tas metaller och annat i marken omhand innan bygget påbörjas.

I jämförelsen mellan stål, trä och papper som material i reglar är papper det intressantaste alternativet när det gäller cirkularitet och klimatpåverkan. Råmaterialet till pappersreglarna kommer från avfall (återvunna förpackningar) och går att cirkulera. Ur ett cirkulärt perspektiv där vi vill återanvända material som redan finns är återvunnet stål eller förpackningar omgjorda till pappersmaterial bättre lösningar än att använda sig av trä som visserligen är en naturlig råvara, men som kommer med problem som skövling och möjlig förlust av biologisk mångfald och dessutom oftast går till förbränning efter användning. I dagsläget återvinns visserligen nästan all metall, men det bryts också stora mängder ny metall som både medför klimatutsläpp, deponi av biprodukter och uttag av jordens resurser. Om man i framtiden gör en satsning på att utvinna metaller ur gruvavfall och industrideponier och använda dem i ståltillverkningen är stålreglar ett intressant alternativ, men tills det händer har pappersregeln det överlägset lägsta klimatavtrycket och har även ett cirkulärt flöde. Pappersregeln är den produkt i rapporten som sticker ut som det tydligaste exemplet på att vara miljövänlig och cirkulär.

## 7.4 Fallstudie

### Byggskivor

Minst klimatpåverkan av de jämförda byggskivorna har gipsskivor som har tillverkats med endast förnybar energi. Att byta till dessa byggskivor i det analyserade fallet skulle minska miljöpåverkan med 50 %. Ett sådant byte skulle dessutom inte innebära några förändringar när det gäller hanteringen av gipsskivorna då de har precis samma egenskaper som gipsskivor av standardmodell. Besparingen i klimatpåverkan skulle bli 26 028 kg CO<sub>2</sub>e vilket motsvarar en bilresa (med bensinbil) gott och väl 3 varv runt jorden (Bilaga 6). Det har inte blivit några hela gipsskivor över i detta fallet, men 20 % av de beställda gipsskivorna kastades i form av spill som uppstod när de sågats till. De här 20 % innebär en kostnadsförlust på närmare 250 000 kr (med priser från större byggvaruhandel) samt en klimatpåverkan på 3 860 kg CO<sub>2</sub>e (motsvarande ett halvt varv runt jorden med en bensinbil). Det finns alltså stora mängder klimatutsläpp att spara genom att byta material och beställa måttanpassade gipsskivor istället för att kapa till på plats. Dessa siffror baserar sig på standardgipsskivor som använts i ett flerbostadshus med 148 lägenheter (utöver standardgipsskivorna användes gipsskivor anpassade för badrum och utemiljöer). När man tänker sig antalet hus Sveriges byggföretag bygger varje år i förhållande till hur mycket gipsmaterial de beställer och hur mycket gipsspill de kan tänkas producera blir det svindlande siffror och därmed också stora möjliga besparingar av klimatutsläpp. Både genom att välja klimatsmartare material och att ändra till måttanpassade gipsskivor. Hade byggskivor med förpackningsmaterial istället använts hade en likvärdig klimatpåverkan som standardgipsskivan kunnat påvisas (se jämförelse per m<sup>2</sup> i figur 13b), men det hade varit ett mer cirkulärt alternativ i dagsläget.

### Isoleringsmaterial

Klimatpåverkan för stennull är för fallstudien 4 864 kg CO<sub>2</sub>e medan klimatpåverkan för lösull från återvunnen mineralull har ett värde på 2 102 kg CO<sub>2</sub>e, vilket betyder att ett byte av

isoleringsmaterial skulle, precis som för byggskivorna, minska klimatavtrycket med 50 %. Stenull är i dagsläget inte ett cirkulärt material, det varken återanvänds eller återvinns i någon större grad. Lösullen kommer visserligen från återvunnen mineralull men det är i dagsläget i små volymer och det kommer bara från byggavfall, inte från rivningsavfall. Att välja en sådan produkt skulle kunna öka trycket på att börja återvinna mineralull.

### **Reglar för innerväggar**

Klimatpåverkan för stålreglar är för fallstudien 43 575 kg CO<sub>2</sub>e medan klimatpåverkan för pappersreglarna har ett negativt värde på -24 733 kg CO<sub>2</sub>e vilket innebär att koldioxid binds. Båda materialen går att återvinna till nya regler; men pappersregeln har fördelen att råmaterialet kommer från 100 % återvunnet material. Det finns inte tillräckliga mängder med återvunnet stål för att kunna använda bara återvunnet stål i reglarna, skulle papper ersätta stål i dessa produkter och kanske även andra byggprodukter av metall skulle behovet av stål potentiellt kunna minska.

### **Den mest klimatsmarta innerväggen**

Den totala klimatpåverkan med materialen som använts i fallstudien är 98 906 kg CO<sub>2</sub>e. Med alternativa material blir klimatpåverkan istället 1 808 kg CO<sub>2</sub>e för tillverkningsfasen för de material som använts och även avfallsfasen för det som var spill. De alternativa materialen gipsskiva tillverkad endast med förnybar energi, lösull från återvunnen mineralull och pappersreglar är ur både ett cirkulärt perspektiv och avseende klimatpåverkan bättre i dagsläget. Om återvinningen och/eller återanvändningen av gips, mineralull och stål ökar kan skillnaden minska drastiskt. Självklart finns det nackdelar med de alternativa materialen jämfört med de faktiska materialen (utom för gipsskivorna), så ett byte skulle kunna innebära vissa svårigheter, men i syfte att minska sin klimatpåverkan skulle stor effekt uppnås genom att byta ut materialen under de förutsättningar som gäller för de olika materialen idag. Förutsättningar som att pappersregeln kommer från ett material som annars skulle ha förbränts, att lösullen kommer från återbrukat material och att gipsskivorna tillverkas med förnyelsebar energi och återvinns. Dock är det något missvisande att pappersregeln har ett negativt värde, det skulle innebära att ju fler pappersreglar vi producerar desto mindre koldioxid skulle det finnas i atmosfären vilket inte är sant. Lösningen kan inte vara att producera mer för att minska koldioxidutsläppen, däremot att använda avfall som material för att minska utsläpp och uttag av naturens resurser eller cirkulera samma material om och om igen för produkter som verkligen behövs måste vara bättre än det linjära system som ofta ses idag. Att också titta på produktens slutskede när klimatpåverkan beräknas är viktigt för att se hur mycket utsläppet blir när den inbundna koldioxiden frigörs om materialet förbränns. Men högst upp på avfallstrappan står minimera, så den allra bästa innerväggen är den som redan finns eller den som inte byggs alls. Allra viktigast att tänka på är om huset verkligen behövs, finns det andra lösningar som delade kontorsytor eller renovering av ett befintligt hus?

## **7.5 Framtida studier**

LKABs nya produktion där gips blir en biprodukt är mycket intressant, en framtida studie skulle kunna titta på miljöpåverkan för gips från LKAB jämfört med återvunnet gips och jungfruligt gips.

För att få fördjupad förståelse i effekten av måttanpassade gipsskivor skulle kostnader, miljöbesparing, tidsåtgång kunna studeras.

I denna rapport tas brandskyddsfärg upp som lösning för att uppfylla brandkrav för byggskivor med lägre brandklass. Att titta på miljöpåverkan och pris på sprinklersystem (som också skulle kunna vara en möjlig lösning) skulle kunna studeras.

## 8. Slutsats

När arbetet påbörjades trodde jag att tydliga slutsatser som visade på vilka material i de tre kategorierna som var miljövänligast skulle kunna dras - både ur ett cirkulärt perspektiv men också ur klimatpåverkansperspektiv. Det har visat sig att det inte är så enkelt, det är väldigt många om och men och det är svårt att peka ut det bästa valet eftersom det beror på flera olika aspekter såsom vilken energikälla som använts, hur materialet tas om hand i slutfasen, hur stor andel återvunnet material som finns i produkten och så vidare. Vilket också gör att jag får en förståelse för att det inte blir helt tydligt för byggbranschen att ta beslut om vilka material de ska välja ur miljösynpunkt - ska de gå på klimatpåverkan i tillverkningsfasen, på cirkularitet eller är det viktigt att en naturresurs sparas på? Det är många olika faktorer att ta ställning till. Även kvaliteten på EPDer varierar tydligt bland de jag tittat på, vilket också försvårar för den som ska ta beslut om att använda en produkt eller inte.

### 8.1 Hinder och möjligheter

Litteratur och intervju har visat att vissa hinder för återbruk finns, praktiska hinder som att det är svårt att demontera produkterna så att de behåller sin funktion, att det är svårt att lagerhålla produkter som ska användas igen och att storleken inte matchar det nya huset. Men även organisatoriska och ekonomiska bekymmer så som att det är svårare att säkerhetsställa kvaliteten, att det ofta är billigare med nya produkter, att det inte finns någon efterfrågan, att produktdokumentation saknas och att inställning/kunskap hos beställare och hantverkare inte är till fördel för återbruk.

Lösning på dessa hinder skulle kunna vara att öka materialinventeringen, synliggöra effekter och resurser, samarbete mellan fler aktörer, utbyte av erfarenheter och kunskaper mellan olika byggbolag, styrmedel och lagkrav.

När det gäller materialåtervinning är hindren inte lika många men det finns hinder som att gips inte samlas in på alla återvinningscentraler / av alla återvinningsföretag, att mineralull inte är en egen fraktion utan allt går till deponi, att det kan vara svårt att hålla materialen helt torra (problem kan uppstå om de kommer i kontakt med fukt) och att det används större volymer än det finns tillgång på återvunnet material.

Men även när det gäller materialåtervinning finns det möjliga lösningar såsom att införa krav på återvinning av mineralull och gips (även från rivning), återvinna övergiven metall i stadens infrastruktur, använda avfall eller biprodukter från andra sektorer att tillverka byggmaterial av, så som textilavfall som blir isolering, uttjänt förpackningsmaterial som blir byggskivor och pappersreglar eller gips som en biprodukt från stålindustrin.



## 8.2 Bästa alternativen för cirkulär ekonomi

### 8.2.1 Byggskivor

1. **Återbrukade gipsskivor.** Den största miljönyttan fås genom att använda återbrukade gipsskivor, men det är i många fall inte möjligt i dagsläget.
2. **Recomas byggskivor av förpackningsmaterial** - koldioxidavtrycket är lågt för tillverkning, bara avfall används som resurs och de går att återvinna och återanvända.
3. **Gipsskivor med återvunnet material.** Ökar återvinningen av gips och andelen återvunnet material i gipsskivorna finns stora vinster att göra för klimatpåverkan. Om gipsskivorna dessutom tillverkas med förnybar energi och måttbeställs sänks miljöavtrycket ytterligare.
4. **Gipsskivor tillverkade med förnybar energi** - Nästan hälften så låg klimatpåverkan som gipsskivor framtagna med fossil energi, samt möjliga att återvinna.

Plywood finns inte med på listan då det är jungfruligt material som används och i slutskedet går det oftast till energiförbränning och räknas därmed inte som ett cirkulärt material.

### 8.2.2 Isolering

1. **Återbrukad isolering.** Den största miljönyttan fås genom att använda återbrukad isolering, men det är oftast inte möjligt i dagsläget.
2. **Träfiberisolering.** Råmaterialet i dessa skivor är träspån och flis som är en biprodukt i träindustrin som annars skulle ha förbränts. Går att återanvända, antas oftast gå till energiåtervinning.

**Lösull från återvunnen mineralull** är ett bra alternativ då materialet används en andra gång. Dock går lösullen vid slutfasen i dagsläget till deponi. Låg klimatpåverkan.

**Mineralullsisolering** om den återanvänds som lösull när produkten blir till avfall. Dock går den vid slutfasen i dagsläget till deponi.

**Textilisolering.** Att använda sig av ett material som finns i överflöd och som annars skulle gå till deponi eller förbränning är smart och resurseffektivt. Tyvärr innehåller dagens varianter tillsatser som inte är helt miljövänliga men i så pass låg mängd att textilisolering ändå är ett intressant alternativ. Går att återanvända och återvinna.

3. Att använda sig av ett material som redan finns är bättre än att odla ett nytt / använda jungfruliga resurser. När det gäller **Hampaisolering** skulle odlingsmarken/grödan istället kunna användas till annat som till exempel mat. Klimatpåverkan för hampa är låg så länge den inte förbränns.

### 8.2.3 Reglar till innerväggar

1. **Återbrukade reglar.** Den största miljönyttan fås genom att använda återbrukade reglar, men det är i många fall inte möjligt i dagsläget.
2. **Pappersregel** är ett mycket bra alternativ. Låg klimatpåverkan, är cirkulerbar och råmaterialet är ett avfall.
3. **Stålregel av återvunnet material.** Att använda endast återvunnet stål sänker klimatavtrycket med nästan 90 %. Dock är de i dagsläget svåra att få tag på.

Träreglar finns inte med på listan då det är jungfruligt material som används och i slutskedet går det oftast till energiförbränning och räknas därmed inte som ett cirkulärt material.

## 8.3 Åtgärder för att öka miljönyttan och cirkularitet

### Tips inför val av byggskivor / åtgärder för att öka cirkularitet:

- Titta på möjligheten att använda sig av återbrukade gipsskivor, kanske från rivningsprojekt i den egna verksamheten eller ta kontakt med företag som arbetar med rivning för att höra om det finns möjlighet att köpa gamla gipsskivor från större byggnader.
- För att göra stora minskningar på klimatavtrycket är valet av vilken sorts gipsskiva som används viktig (dvs hur den är tillverkad och hur mycket återvunnet material som ingår).
- Testa Recomas byggskivor som är ett utmärkt cirkulärt alternativ. Brandskydd med brandskyddsfärg eller sprinkler måste användas vid större byggnader.
- Ställa krav på gipstillverkarna om en större andel återvunnet gips i gipsskivor.
- Sätta press på återvinningsföretagen om möjlighet att återvinna gips istället för att deponera om det inte redan går.
- Bli noggrannare med att sortera ut gips som en egen fraktion och inte låta det gå med det blandade byggavfallet. Det är ok att mindre materialdelar som skruv och träbitar som sitter fast på gipsskivorna följer med i gips-fraktionen. Även fuktiga eller mögelangripna gipsskivor går att återvinna.
- Hör med tillverkaren av gipsskivor om de tar emot gipsspill och avfallsgips, då sparas mycket pengar som annars skulle gått till återvinning/deponi.

### Tips inför val av isoleringsmaterial / åtgärder för att öka cirkularitet:

- Prova att använda lösull istället för skivor av mineralull - mindre hantering av materialet och blir inget spill. Dessutom är lösullen ofta gjord av spillmaterial. Ny teknik gör att isoleringen inte sjunker ihop.
- Träfiberisolering är ett bra alternativ till mineralull med lägre miljöpåverkan.
- Går det att få till ett samarbetsprojekt med återvinningsföretag som tar fram textilisolering av återvunnen textil? Textilisolering skulle sänka miljöpåverkan

drastiskt och skulle också lösa problemet med omhändertagandet av textilavfall som blir aktuellt 2025, skulle bli ett fint grönt utvecklingsarbete.

- Sätta press på återvinningsföretagen om att börja återvinna mineralull.
- Var noga med att kolla upp om mineralullen är tillverkad med en kokseldad ugn eller elektrisk ugn, klimatpåverkan minskar med 80 % vid användning av elektrisk ugn.

### Tips inför val av regler / åtgärder för att öka på cirkularitet:

- Titta på möjligheten att använda sig av återbrukade stålreglar, kanske från rivningsprojekt i den egna verksamheten eller ta kontakt med företag som arbetar med rivning för att höra om det finns möjlighet att köpa gamla stålreglar.
- Pappersreglar är ett utmärkt alternativ - låg klimatpåverkan, helt cirkulära, ingen risk att skära sig på och fungerar på samma sätt som andra regler.
- Finns det stålreglar av återvunnet material är de ett bra alternativ. Återvunnet stål minskar koldioxidavtrycket med 90 % och egenskaperna är precis desamma som regler av jungfruligt material.

## 9. Referenser

Agardh, E. (2023). Jämförelse av kostnad och klimatpåverkan för olika typer av bjälklag och bärande innerväggar. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1769429/FULLTEXT01.pdf>

Almasi, A.M. Miliute-Plepiene, J. Fråne, A. (2018). *Ökad sortering av bygg- och rivningsavfall*. IVL Svenska Miljöinstitutet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1552304/FULLTEXT01.pdf>

Anneroth, M. (2016). *Framgångsfaktorer för ökad återvinning av mineralull från byggprojekt*. <https://lup.lub.lu.se/luur/download?fileId=8896179&func=downloadFile&recordId=8896178>

Ascue, K. (2015). *Avfallshanteringens miljöpåverkan*. KTH. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:899310/FULLTEXT01.pdf>

Avfall Sverige. (2023). *EU-förslag om textil samt skärpta mål för matavfall*. <https://www.avfall sverige.se/aktuellt/nyheter/eu-forslag-om-textil-samt-skarpta-mal-for-matavfall/>

Bálint Palmgren, Robert Oscar. (2019). *Värme- & fuktegenskaper hos biobaserade isoleringsmaterial*. Lunds tekniska högskola och Lunds Universitet <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8991185&fileId=8992313>

Bauhaus. (u.å.a). *Träfiberisolering Hunton*. <https://www.bauhaus.se/trafiberisolering-hunton-95x565x1220-3-45m>

Bauhaus. (u.å.b). *Regel 45x98mm*. <https://www.bauhaus.se/regel-45x95mm-4-8m> (hämtad 231201)

Beijer Bygg. (u.å.). 45x70 Byggregel papp wood tube. <https://www.beijerbygg.se/privat/sv/produkter/byggmaterial/tatskikt/pappprodukter-ovrigt/45x70-byggregel-papp-wood-tube> (hämtad 231130)

Bergqvist Järn och Bygg. (u.å.a). *Stålregelskiva Paroc extra C450 45x455x1200*. Woody bygghandel. <https://bergqvist.woody.se/hus-bygg/bygg/isolering/mineralull/paroc-paroc-extra-stalregelskiva-c450-455x1200-m/paroc-stalregelskiva-extra-paroc-45x455x1220> (hämtad 231218)

Bergqvist Järn & Bygg. (u.å.b). *Stålregelskiva Paroc extra C450 70x455x1200*. Woody bygghandel.  
<https://bergqvist.woody.se/hus-bygg/bygg/isolering/mineralull/paroc-paroc-extra-stalregelskiva-c450-455x1200-m/paroc-stalregelskiva-extra-paroc-70x455x1220> (hämtad 231218)

Bok, G. Brander, L. Johansson, P. (2018). *Nya möjligheter att minska mängden deponerat gipsavfall från bygg- och ombyggnadsprojekt*. RISE. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1263549/FULLTEXT01.pdf>

Boverket (2023a). *Miljöindikatorer aktuell status*.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/#:~:text=Bygg%2D%20och%20fastighetssektorns%20inhemska%20utsl%C3%A4pp,procent%202020%20j%C3%A4mf%C3%B6rt%20med%202019>.

Boverket. (2023b). *Brandklasser för golv, väggar tak, rörisolering och kablar*.  
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/brandklasser-for-ytskikt/>

Boverket. (2023c). *Sök i Boverkets klimatdatabas*.  
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/klimatdatabas/>

Boverket. (2023d). *Om Boverkets klimatdatabas*.  
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/om-klimatdatabas/>

Boverket. (2023e). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/#:~:text=Bygg%2D%20och%20fastighetssektorn%20svarade%202020,Sveriges%20totala%20utsl%C3%A4pp%20av%20v%C3%A4xthusgaser>.

Boverket. (2023f). *Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder av avfall*.  
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/avfall/>

Boverket. (2023g). *Filmer om klimatdeklaration*.  
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/utbilda/filmer-om-klimatdeklaration/>

Boverket. (2023h). *Att sälja byggprodukter*.  
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/byggprodukter/att-salja-byggprodukter/>

Boverket. (2011). *Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd BBR*.  
[https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad\\_bbr\\_2011-6.pdf](https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf)

Brandskyddsföreningen. (u.å.). *Cellplast*.  
<https://www.brandskyddsforeningen.se/brandsakerhet/byggsektorn/cellplast/>  
(hämtad 231019)

Brismark, J. (2020). *Återbruk och återbrukbarhet inom byggbranschen*. Lunds Tekniska Högskola.  
<https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9005214>

Burström, P.G. (2021). *Byggnadsmaterial - tillverkning, egenskaper och användning*. Fjärde upplagan, Studentlitteratur.

Byggföretagen. (2019). *Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning*.  
<https://byggforetagen.se/app/uploads/2020/01/190520-Resurs-och-avfallshantering-vid-byggande-och-rivning.pdf>

CCBuild. (u.å.a). *Produktbanken*. <https://ccbuild.se/sv/Produktbanken/> (hämtad 230928)

CCBuild. (u.å.b). *Marknadsplatsen*. <https://ccbuild.se/sv/marknadsplats/> (hämtad 231117, 231201)

Davidsson, O. (2020). *Cirkularitet inom industriellt byggande Lösningar för materialen gips, mineralull och trä*. Luleå Tekniska Universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1475411/FULLTEXT01.pdf>

Delegationen för Cirkulär ekonomi. (2023). *Cirkulär ekonomi inom EU*. <https://www.delegationcirkularekonomi.se/om-cirkular-ekonomi/cirkular-ekonomi-inom-eu/>

Ecophon. (u.å.). *SoundCircularity*. <https://www.ecophon.com/sv/soundcircularity/> (hämtad 231019)

Edkvist, K. Powell, L. (2017). *Lerstensskiva med armering av fårull*. Högskolan i Gävle <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1223681/FULLTEXT01.pdf>

Ekobygg-guiden. (u.å.). *Bra att veta om isolering*. <https://www.ekobyggguiden.se/isolering> (hämtad 231204)

Elfakta. (2023). *Vad är energi?* <https://www.ekonomifakta.se/Fakta/elfakta/om-energi/vad-ar-energi/#:~:text=Det%20finns%20m%C3%A5nga%20olika%20former,efter%20att%20m%C3%A4nniskan%20omvandlat%20den.>

Energimyndigheten. (2022). *Återvinning av mineralull för en klimatsmart byggsektor*. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/atervinning-av-mineralull-for-en-klimatsmart-byggsektor/#:~:text=Men%20produktionen%20av%20mineralull%20m%C3%A4r,av%20energianv%C3%A4ndningen%20i%20Sverige%20idag.>

EPD. (2023a). *Environmental Product Declaration. WISA Birch plywood, uncoated*. <https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/f1d64e8a-3844-411f-181c-08dbca69748b/Data>

EPD. (2023b). *Environmental Product Declaration - EKOLUTION HEMP FIBRE INSULATION*. <https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/f5d04830-9118-4f57-85fb-08dbc3e797a5/Data>

EPD. (2023c). *Environmental Product Declaration - WOOD TUBE STUDS*. <https://wood-tube.com/wp-content/uploads/2023/10/EPD-Wood-Tube-20231009.pdf>

EPD. (2022). *Environmental Product Declaration - Intumescent paints for fire protection of wood and steel, Protega*. [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1326572-1698072633/EPDer/Utenlandsk%20registrerte%20EPD/NEPD-3853-2808\\_Intumescent-paints-for-fire-protection-of-wood-and-steel.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1326572-1698072633/EPDer/Utenlandsk%20registrerte%20EPD/NEPD-3853-2808_Intumescent-paints-for-fire-protection-of-wood-and-steel.pdf)

EPD. (2021). *Environmental Product Declaration. Swedish sawn dried timber of spruce or pine. Svenskt Trä*. <https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/8d0a16a5-41dd-49e4-9fcf-08d8f8b9d146/Data>

EPD Hub. (2021). *Environmental Product Declaration Recoma*. <https://manage.epdhub.com/>

EPD-Norge. (2023). *Environmental Product Declaration. Rockwool Ståregelkiva 37 (70-220mm)*. <https://p-cdn.rockwool.com/syssiteassets/o2-rockwool/dokumentation-och-certifikat/dokumentation/epd-miljoedeklaration/epd-56266-rockwool-staalregelkiva-37-70---220-mm-for-the-swedish-market-r1.pdf?f=20230412085158>

EPD-Norge. (2021). *Environmental Product Declaration. Isover Kretsull*. [https://cdn.saint-gobain.dk/cdn/3256/990963058D5D49BFA956F2D9FC0DC33C/NEPD-3287-1931\\_ISOVER-Kretsull-.pdf](https://cdn.saint-gobain.dk/cdn/3256/990963058D5D49BFA956F2D9FC0DC33C/NEPD-3287-1931_ISOVER-Kretsull-.pdf)

EPD-Norge. (2020a). *Environmental Product Declaration. Norgips Standard type A*. [https://www.norgips.se/wp-content/uploads/2021/08/NEPD-2135-966\\_Norgips-Standard-type-A-STD-.pdf](https://www.norgips.se/wp-content/uploads/2021/08/NEPD-2135-966_Norgips-Standard-type-A-STD-.pdf)

EPS-Norge. (2020b). *Environmental Product Declaration. Regelisolering. Isover*. [https://cdn.saint-gobain.dk/cdn/3256/5D13DF49D7054E6F98B898875D5AEEF9/nepd-2079-940\\_regelskiva-lambda-0035.pdf](https://cdn.saint-gobain.dk/cdn/3256/5D13DF49D7054E6F98B898875D5AEEF9/nepd-2079-940_regelskiva-lambda-0035.pdf)

EPD-Norge. (2020c). *Environmental product declaration. Hunton*. <https://hunton.se/wp-content/uploads/sites/17/2020/08/NEPD-Nativo-Trefiberisolasjon-Plate-.pdf>

EPD-Norge. (2018). *Environmental product declaration. Stålprofil til innervegg. Norgips*.  
[https://www.norgips.se/wp-content/uploads/2021/08/NEPD-1702-693\\_C70dB-.pdf](https://www.norgips.se/wp-content/uploads/2021/08/NEPD-1702-693_C70dB-.pdf)

EPD-Norway. (2022). *Environmental Product Declaration. Norgips ECO Standard 13 Type A*.  
[https://www.norgips.se/wp-content/uploads/2023/03/NEPD-4001-3041\\_ECO-Standard-13-Type-A-3.pdf](https://www.norgips.se/wp-content/uploads/2023/03/NEPD-4001-3041_ECO-Standard-13-Type-A-3.pdf)

Europeiska Kommissionen. (2022). *Meddelande från kommissionen till Europaparlamentet, rådet, europeiska, ekonomiska och sociala kommittén samt regionkommittén - om att göra hållbara produkter till norm*.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0140>

Finansdepartementet. (2022). *En taxonomi för hållbara investeringar*. Regeringskansliet.  
<https://www.regeringen.se/regeringens-politik/finansmarknad/taxonomi-ska-gora-det-enklare-att-identifiera-och-jamfora-miljomassigt-hallbara-investeringar/>

Fossilfritt Sverige. (2018). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft Bygg- och anläggningssektorn*. Byggföretagen.  
[https://byggforetagen.se/app/uploads/2020/01/Fardplan\\_for\\_fossilfri\\_bygg\\_och\\_anlaggningssektor\\_20181228-1.pdf](https://byggforetagen.se/app/uploads/2020/01/Fardplan_for_fossilfri_bygg_och_anlaggningssektor_20181228-1.pdf)

Grey, L. (2013). *Träfiberisolering - en livscykelanalys. Slöjd & Byggnadsvård*.  
[https://www.sljodochbyggnadsvard.se/siteassets/sob/trafiberisolering\\_lca.pdf](https://www.sljodochbyggnadsvard.se/siteassets/sob/trafiberisolering_lca.pdf)

Gyproc. (2022). *Gyproc gör framsteg på sin hållbarhetsresa*. Saint-Gobain.  
<https://www.gyproc.se/nyheter/gyproc-g%C3%B6r-framsteg-p%C3%A5-sin-h%C3%A5llbarhetsresa>

Gyproc. (2012). *Gyproc Solutions*.  
[https://www.gyproc.se/sites/gypsum.nordic.master/files/gyproc-site/page-images/Media-SE/Solutions/Gyproc%20Solutions%201\\_12.pdf](https://www.gyproc.se/sites/gypsum.nordic.master/files/gyproc-site/page-images/Media-SE/Solutions/Gyproc%20Solutions%201_12.pdf)

Götene kommun. (2023). *Paroc AB sevesoanläggning*.  
<https://www.gotene.se/omsorgochstod/trygghetochsakerhet/sevesoanlaggningar/parocab.23927.html#:~:text=Paroc%20Group%20%C3%A4r%20en%20internationell,det%20svenska%20kontoret%20%C3%A4r%20placerat.>

GS1. (u.å.). *Byggbranschen och GS1*. <https://gs1.se/din-bransch/bygg/> (hämtad 231027)

Göteborgs Stad. (u.å.). *Det här kan du lämna på återvinningscentralerna*.  
<https://goteborg.se/wps/portal/start/foretag-och-organisationer/tillstand-och-regler/hantera-avfall/vad-du-gor-med-din-verksamhets-avfall/avc-kort-for-foretag/det-har-kan-du-lamna-pa-atervinningscentralerna#:~:text=F%C3%B6retag%20f%C3%A5r%20%C3%A4mna%20hush%C3%A5llsliknande%20avfall,150%20kilo%20avfall%20per%20g%C3%A5ng.>

Hornbach. (u.å.a). *Norgips Gipsskiva standard*.  
<https://www.hornbach.se/p/gipsskiva-norgips-standard-13-x-900-x-2500-mm/7287225/> (hämtad 230918)

Hornbach. (u.å.b). *Norgips Gipsskiva Standard Eco*.  
<https://www.hornbach.se/p/gipsskiva-norgips-standard-eco-13x900x2500mm/10699689/> (hämtad 230918)

Hornbach. (u.å.c). *Konstruktionsplywood*.  
<https://www.hornbach.se/p/konstruktionsplywood-ce2-5-skipts-12x1200x2500mm/10152412/> (hämtad 230918)

Hunton. (u.å.). *Hunton Nativo träfiberisolering Skivor*.  
<https://hunton.se/produkter/vagg/hunton-nativo-trafiberisolering-skivor/>

Hållbara Hus. (u.å.). *Brandsäkerhet och brandegenskaper hos Hunton träfiber*.  
<https://hallbaratrahus.se/pdf/brandsakerhet.pdf>

Hållbar utveckling Skåne. (2021). *Cirkulär upphandling - lärdomar och rekommendationer från projektet Cirkulära Skåne*.

<https://hutsokane.se/wp-content/uploads/2022/02/Cirkula%CC%88ra-Ska%CC%8Ane-broschyr-mindre-fil.pdf>

Hållbar utveckling Skåne. (u.å.). *Våra nätverk*. <https://www.hutsokane.se/natverk/>

Isover. (u.å.a). *Miljöoptimering och cirkulära tjänster*. Saint-Gobain.

<https://www.isover.se/hallbarhet/miljooptimering-och-cirkulara-tjanster#zerowaste> (hämtad 231025)

Isover. (u.å.b). *ISOVER träregelskiva 37*.

<https://www.isover.se/produkter/isover-traregelskiva-37-c600#descriptions> (hämtad 231020)

Isover (u.å.b). *Vårt hållbarhetsarbete*. <https://www.isover.se/hallbarhet/vart-hallbarhetsarbete#cirkularitet> (hämtad 231025)

IVL Svenska Miljöinstitutet. (2021). *Cirkulär ekonomi och upphandling av återbrukat byggmaterial*. Hållbar Utveckling Skåne.

<https://hutsokane.se/wp-content/uploads/2021/04/Cirkular-ekonomi-och-upphandling-av-aterbrukat-byggmaterial-utb-del-1.pdf>

Jansson, J. (2021). *Beijer initierar projekt inom återbruk av trä*. Byggmaterial.

<https://www.tidningenbyggmaterial.se/nyheter/e/643/beijer-initierar-projekt-inom-aterbruk-av-tra/>

Janson, U. (2023). *Det bästa huset byggs inte nytt*. LTH.

<https://www.lth.se/article/det-baesta-huset-byggs-inte-nytt/>

Jernkontoret. (2022). *Processernas miljöpåverkan*.

<https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/processernas-miljopaverkan/>

Jordbruksverket. (2023). *Odla hampa*.

<https://jordbruksverket.se/stod/jordbruk-tradgard-och-rennaring/jordbruksmark/gardsstod/odla-hampa>

Kjörling, C. Forsberg, O. (2019). *En byggnads koldioxidavtryck och dess materialavfall vid produktion*. Högskolan i Gävle. <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1328309/FULLTEXT01.pdf>

Konsumentverket. (2023). *Säkerhetsstandarder*.

<https://www.konsumentverket.se/for-foretag/produktsakerhet/produktsakerhetslagen/sakerhetsstandarder/#:~:text=Harmoniserade%20standarder%20%C3%A4r%20en%20kategori.anses%20produkten%20uppfylla%20lagstiftningens%20krav.>

K-Rauta. (u.å.a). *Stålregelskiva 35 ISOVER*.

<https://www.k-rauta.se/produkt/stalregelskiva-35-c600-95mm-732m2/7392979158572> (hämtad 231130)

K-Rauta. (u.å.b). *Stålregelskiva 37 ROCKWOOL*.

<https://www.k-rauta.se/produkt/stalregelskiva-37-95x605x1200/7050780095225> (hämtad 231130)

K-Rauta. (u.å.c). *Stålregel Norgips dB+ R70 2485mm*.

<https://www.k-rauta.se/produkt/stalregel-norgips-db-r70-2485mm/7046630159254>

K-Rauta. (u.å.d). *Stålregel Norgips dB+ R95 2485mm*.

<https://www.k-rauta.se/produkt/stalregel-db-norgips-r95-2485mm/7046630159452>

LKAB. (2022). *LKAB väljer Luleå för den cirkulära industriparken för fosfor och sällsynta jordartsmetaller*.

<https://lkab.com/press/lkab-valjer-lulea-for-den-cirkulara-industriparken-for-fosfor-och-sallsynta-jordartsmetaller/>

Lekavicius, V. Shipkovs, P. Ivanovs, S. Rucins, A. (2015). *Thermo-Insulation Properties Of Hemp-Based Products*. Latvia Journals of Physics and Technical Sciences.

<https://sciendo.com/article/10.1515/lpts-2015-0004>

- Matthis S. (2018). *Sverige långt ifrån den största stålproducenten i Europa*.  
<https://www.metallerochgruvor.se/20190803/5000/sverige-langtifran-den-storsta-stalproducenten-i-europa>
- McNamee, M. Göras, T. Lundh, K. Blomqvist, P. Blomqvist, S. (2022). *Hållbar hantering av byggavfall, återbruk av brandklassade produkter*. Brandforsk.  
<https://www.brandforsk.se/forskningsprojekt/2022/hallbar-hantering-av-byggavfall-aterbruk-av-brandklassade-produkter/>
- Miliute-Plepiene, J. Sundqvist, J-O. Stenmarck, Å. Zhang, Y. (2019). *Klimatpåverkan från olika avfallsfraktioner*. IVL Svenska Miljöinstitutet. <https://www.ivl.se/download/18.34244ba71728fcb3f3f925/1591705294206/B2356.pdf>
- Miljöbalken. (1998). Sveriges Riksdag.  
[https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808\\_sfs-1998-808/](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808/)
- Miljödepartementet. (u.å.). *Cirkulär ekonomi - Handlingsplan för omställning av Sverige*. Regeringen.  
<https://www.regeringen.se/contentassets/4875dd887fd34edabd8c1d928a04f7ba/cirkular-ekonomi-handlingsplan-for-omstallning-av-sverige.pdf>
- Naturdepå. (u.å.). *Métisse Isoleringsskivor*. <https://naturdepa.se/butik/metisse-isoleringsskivor-prt-100-mm/>
- Niklasson, Cenneth. (2020). *Så tillverkas gipsskivan - ett grundligt maskineri*. Byggnadsarbetaren.  
<https://www.byggnadsarbetaren.se/sa-tillverkas-gipsskivan-ett-grundligt-maskineri/>
- Nationalencyklopedin. (u.å.a). *Termodynamikens andra huvudsats*.  
<https://www-ne-se.lib.costello.pub.hb.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/andra-huvudsatsen> (hämtad 230926)
- Nationalencyklopedin. (u.å.b). *Gips*.  
<https://www-ne-se.lib.costello.pub.hb.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/gips> (hämtad 230929)
- Nationalencyklopedin. (u.å.c). *Gipsskiva*.  
<https://www-ne-se.lib.costello.pub.hb.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/gipsskiva> (hämtad 230929)
- Nationalencyklopedin. (u.å.d). *Galvanisera*.  
<https://www-ne-se.lib.costello.pub.hb.se/uppslagsverk/ordbok/svensk/galvanisera> (hämtad 231117)
- Naturskyddsföreningen. (2021). *Avfallstrappan*. <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/avfallstrappan/>
- Naturskyddsföreningen. (2023). *Illustration: cirkulär ekonomi*.  
<https://www.naturskyddsforeningen.se/skola/affisch-cirkular-ekonomi>
- Naturvårdsverket. (2023a). *Industri, utsläpp av växthusgaser*.  
<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/>
- Naturvårdsverket. (2023b). *Bygg och rivningsavfall*.  
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avfall/avfallslag/bygg--och-rivningsavfall/>
- Naturvårdsverket. (2022a). *Avfallsmängder i Sverige*.  
<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/avfall/avfallsmangder/>
- Naturvårdsverket. (2022b). *Deponering av avfall*.  
<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avfall/deponering-av-avfall/hantering-av-gips-pa-deponier>
- Naturvårdsverket. (2020a). *Statistikblad - Bygg och rivningsavfall*.  
<https://www.naturvardsverket.se/49d418/globalassets/amnen/avfall/statistikblad-bygg-och-rivningsavfall.pdf>



- Naturvårdsverket. (2020b). Avfall Sverige 2020. <https://www.naturvardsverket.se/49d329/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7048-9.pdf>
- Naturvårdsverket. (u.å.a). *Vägledning Bygg- och rivningsavfall*. <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avfall/bygg--och-rivningsavfall/materialinventering-och-sortering> (hämtad 230920)
- Naturvårdsverket. (u.å.b). *Textilavfall*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avfall/avfallslag/textilavfall/> (hämtad 231205)
- Naturvårdsverket. (u.å.c). *Så påverkar konsumtionen Sverige*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/textil/dagens-textila-floden-ar-en-global-miljoutmaning/sa-paverkar-ar-konsumtionen-i-sverige/>
- Naturvårdsverket. (u.å.d). *Dagens textila flöden - en global utmaning*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/textil/dagens-textila-floden-ar-en-global-miljoutmaning/>
- Naturvårdsverket. (u.å.e). *Industri, utsläpp av växthusgaser*. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/> (Hämtad 231205)
- Norgips. (u.å.a). *Bygga innervägg med stålreglar*. <https://www.norgips.se/kunskapsbank/bygga-vagg-med-stalreglar/> (hämtad 231215)
- Norgips. (u.å.b). *Gips - ett naturmaterial*. <https://www.norgips.se/situation/gips-ett-naturmaterial/> (hämtad 231215)
- Norgips. (u.å.c). *Vi minskar miljöpåverkan i vår produktion*. <https://www.norgips.se/situation/hur-vi-minskar-miljopaverkan-i-var-produktion/> (hämtad 230910)
- Norgips. (u.å.d). *Stålreglar - regel dB+*. <https://www.norgips.se/produkter/regel-db/>
- Olsson, W. Petrovic, A. (2022). *Faktorer som påverkar möjligheterna att använda träfiberisolering*. Linneuniversitetet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1678222/FULLTEXT01.pdf>
- Optimera. (u.å.). *Träregelskiva Hampa c600*. <https://www.optimera.se/bygghandel/proffs/byggmaterial/isoleringsmaterial/isoleringsmaterial-%C3%B6/hampafiberisolering-145mm-c600-7376082>
- Palm, D. Sundqvist, J-O, Jensen, C. Teike, H. Fråne, A. Ljungbren Söderman, M. (2015). *Analys av lämpliga åtgärder för att öka återanvändning och återvinning av bygg- och rivningsavfall*. Naturvårdsverket. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:919100/FULLTEXT01.pdf>
- Paroc. (2021). *Parocs fem åtgärder för en cirkulär ekonomi*. <https://www.paroc.se/hallbarhet/parocs-fem-atgarder-for-en-cirkular-ekonomi>
- Pinheiro, S. M. Camarini, G. (2015). *Characteristics of Gypsum Recycling in Different Cycles*. International Journal of Engineering and Technology, Vol. 7. No. 3.
- Pixabay. (u.å.). *Stunning royalty-free images & royalty-free stock*. <https://pixabay.com/>
- Protega. (u.å.). *Protega Wood-S, vit eller vittonad*. <https://protega.se/products/protega-wood-s/> (hämtad 231213)
- Quintana, A. Yngstrand, S. (2011). *Miljöoptimera avfallsindustrin i Sverige - återvinn restprodukten gips*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:547287/FULLTEXT01.pdf>
- Rockwool. (2021). *Rockwool startar produktion med förnyelsebar el*. <https://www.rockwool.com/se/om-oss/nyheter/2021/moss/>

RagnSells. (u.å.). *En hållbar lösning för gipsåtervinning*. <https://www.ragnsells.se/vara-tjanster/material/Gips/> (hämtad 230914)

Recoma. (u.å.a). *Hållbarhet*. <https://se.recoma.com/sustainability> (hämtad 230918)

Recoma. (u.å.b). *Våra byggskivor*. <https://se.recoma.com/byggskivor> (hämtad 230918)

Recoma. (u.å.c). *PackWall Basic Byggskiva*. <https://se.recoma.com/product/basic-byggskiva> (hämtad 230918)

van Rensvoude, K. ten Wolde, A. Jan Joustra, D. (2015). *Circular Business Models, Part 1: An introduction to IMSA's circular business model scan*. IMSA.  
<http://circular-future.eu/wp-content/uploads/2015/08/IMSA-Circular-Business-Models-April-2015-Part-1.pdf>

Riksantikvarieämbetet. (2013). *Materialguiden*.  
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1235014/FULLTEXT01.pdf>

RISE. (2022). *Circularity Gap Report Sweden*. Re:Source.  
<https://resource-sip.se/en/circularity-gap-report-sweden-en/>

Schulte, M. Lewandowski, I. Pude, R. Wagner, M. (2020). *Comparative life cycle assessment of bio-based insulation materials: Environmental and economic performances*. John Wiley & Sons Ltd.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcbb.12825>

SIS. (2011). SS-EN 15978:2011. *Hållbarhet hos byggnadsverk – Värdering av byggnaders miljöprestanda – Beräkningsmetod*. Stockholm: Svenska Institutet för Standarder

Sysav. (2021). *Gips*. <https://www.sysav.se/foretag/material/gips/>

Sysav. (2023a). *Trä, målat/limmat*.  
<https://www.sysav.se/foretag/Sorteringsguiden-for-foretag/fraktion/tr%C3%A4.%20m%C3%A5lat/limmat/#inne%C3%A5ll>

Sysav. (2023b). *Prislistor*. <https://www.sysav.se/foretag/priser/prislistor/>

Svenskt Trä. (2021). *Plywood*.  
<https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/trabaserade-produkter/skivmaterial1/plywood/>

Svenskt Trä. (2018). *Dimensioner*.  
<https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/sagverksprocessen/sagprocessen/dimensioner/#:~:text=Reglarnas%20bredd%20varierar%20mellan%2050.22%2C%2032%20och%2038%20mm.>

Svenskt Trä. (2015). *Bra att veta om träskivor*. Trä och Möbelföretagen.  
<https://shop.svenskttra.se/media/1221/bra-att-veta-om-tra-%C3%AAskivor.pdf>

SGU - Sveriges Geologiska Undersökning. (2022). *Metall och mineralåtervinning*.  
<https://www.sgu.se/mineralnaring/metall--och-mineralatervinning/>

SGU - Sveriges Geologiska Undersökning. (u.å.). *Metaller och mineral i gruvavfall*.  
<https://www.sgu.se/mineralnaring/metall--och-mineralatervinning/metaller-och-mineral-i-gruvavfall/>

Sveriges Miljömål. (2023a). *God bebyggd miljö*. Naturvårdsverket.  
<https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/god-bebyggd-miljo/>

Sveriges Miljömål. (2023b). *Mer bygg- och rivningsavfall materialåtervinns och förbereds för återanvändning*. Naturvårdsverket.  
<https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/mer-bygg--och-rivningsavfall-materialatervinns-och-forbereds-for-ateranvandning/>

- Sveriges Miljömål. (2023c). *Användning av biocidprodukter*. Naturvårdsverket.  
<https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/anvandning-av-biocidprodukter/>
- SVT. (2023). *Hampa för isolering blir verklighet i Skåne: "En gröda på frammarsch"*.  
<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/helsingborg/hampa-for-isolering-blir-verklighet-i-skane>
- Sweco. (2021). *LKAB Cirkulär industripark - samråd*.  
<https://samrad.sweco.se/samradsportal/?appid=66c52821cef041bb90835e871513c4e7&theme=lkab>
- Sörensson, M. Higson, A. (2015). *Optimering av gipshantering inom produktion - Reducering av onödiga kostnader*. KTH. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:859290/FULLTEXT01.pdf>
- Vosecky, V. (u.å.). *Vojtech Vosecky*. Linked In. <https://www.linkedin.com/in/vojtechvosecky/>
- VRK Insulation. (2017). *Environmental Product Declaration*.  
[https://en.vrk-isolatie.nl/\\_files/ugd/f6d6b1\\_e0ecb1b57a37468c81044a039916b0cb.pdf?index=true](https://en.vrk-isolatie.nl/_files/ugd/f6d6b1_e0ecb1b57a37468c81044a039916b0cb.pdf?index=true)
- Wahlström, T. (2016). *Livscykelanalys för papp- och stålregel - jämförande studie om dess miljöpåverkan*. Karlstads Universitet. <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:942365/FULLTEXT01.pdf>
- Wood tube. (u.å.a). *Träfibers resa från skog till wood tube-regel*. <https://wood-tube.com/sv/hallbarhet/> hämtad 231127
- Wood tube. (u.å.b). *Reglar*. <https://wood-tube.com/sv/reglar/> hämtad 231128
- Åhman, O. (2020). *Isoleringsmaterial*. Yrkeshögskolan Novia.  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/337933/Isoleringsmaterial.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Återvinningsindustrierna. (u.å.). *Återvunnet material minskar alltid utsläppen*.  
<https://www.recycling.se/klimat/#:~:text=Metall%20som%20%C3%A5tervinns%20har%20mycket,st%C3%A5l%20%C3%A4r%20siffran%2087%20procent>. (hämtad 231205)
- Öhrn M, Isaksson S. (2014). *Återbruk av tegelstenar*. Chalmers Tekniska Högskola  
<https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/dda59825-ce45-4234-9f16-8e0103fb763a/content>

# Bilagor

## Bilaga 1. Intervju med Joakim Green, produktionschef Skanska Sverige.

*Vilka material köper ni in mest av vid bygge av ett nytt hus?*

Den enskilt största kvantiteten av ett material idag när vi bygger flerbostadshus är betong. Bara i det projektet jag bygger nu köper vi ca 5000 m<sup>3</sup> betong. Efter betong är det gips som är den kvantitet vi köper mest.

*Hur ser det ut idag med användning av återbrukade material?*

I mina tidigare projekt har vi inte använt någon form av återbrukade material. Däremot skickar vi allt överblivet material till återvinningsdepåer eller till CCbuild. Det kan då handla om all form av material som blir över pga felbeställningar eller överkvantitet, tex fasadtegel, cellplast, dörrar.

*Vad ser du för problem eller risker med återbrukade material?*

- Problemet är att det är svårt att matcha kvantiteten av det återbrukade materialet med vad som behövs.
- Att matcha kraven på gestaltning av huset vilket styrs av exempelvis bygglov med vad som finns tillgängligt på marknaden.
- Att matcha tiden när materialet behövs och när ett hus plockas ner. Det finns begränsade upplag för mellanlagring av material.
- Vidare finns det utmaningar i garantier. Oftast lämnar vi frostskyddsgarantier på fasadtegel på 10 år. Vågar/ kan vi lämna det på ett tegel som är återbrukat?
- Priset är också en utmaning. Ett återbrukat tegel kan kosta ca 20 kr/ sten medan en ny sten köps för ca 4-6 kr/ sten och det går åt ca 65 tegelstenar / m<sup>2</sup>.
- Förvaring. Skanska har idag, mig veterligen ingen tillfälligt "upplagsplats" där vi internt lagrar material så mycket slängs eller säljs pga detta.

*Blir det några restprodukter vid byggandet av ett hus?*

Mycket av spill sorteras på våra arbetsplatser då vi har interna krav, exempelvis har Skanska en intern certifiering som heter "Mörkgrönt" och där måste både gips, mineralull mm sorteras för att återvinnas.

(anm. Inga material får skickas till deponi, dvs allt som inte används ska återanvändas eller återvinnas

<https://www.skanska.se/om-skanska/press/nyheter/morgondagens-hus-ar-morkgrona-och-klimatneutrala/> )

*Vad görs med dem?*

Antingen säljs, återvinns eller återbrukas. Överbliven betong kan bli fyllnadsmaterial i infrastrukturprojekt, asfalt fräses och blir ny asfalt genom bearbetning mm.

*Vem är det som bestämmer vilka material som ska användas? arkitekt, inköp, du? Kan du påverka?*

Det finns ett antal olika certifieringar i branschen BREEAM, Svanen, LEED mm och i dessa certifieringar kan kraven komma in. Vi har ju alla ett ansvar att värna om miljön, oavsett om det är ett krav eller inte och på Skanska uppmuntras alla miljövänliga initiativ.

*Går det att återanvända gamla gipsskivor? Vad innebär det för hantering och tid?*

Det går men är svårt och tar mer tid eftersom de flesta gipsskivor i ett hus är anpassade efter en dörr, fönster, smalare parti osv vilket betyder att få hela gipsskivor finns och det blir då ett pusslande att använda dem och fler regler hade behövts. Om gipsskivorna kommer från till exempel ett större lager utan fönster där de suttit i hela i standardlängder hade det varit möjligt.

*Är måttbeställda gipsskivor ett alternativ?*

Vi måttbeställer vissa saker, exempelvis gipssmygar mm.

*Vilken typ av isolering använder ni mest av?*

Vi använder bara stenull. Vi hade kunnat använda glasull, men eftersom det finns avtal med en leverantör som säljer just stenull och de har samma isolerande egenskaper så använder vi bara stenull.

*Vad görs med spill från stenullen?*

Vi återvinner all mineralull i täckta containrar som en egen fraktion. Detta blir till lösull som vi använder väldigt mycket. Både i ytterväggar och som isolering på vindbjälklagen. Lösullen sprutas på plats med en slang

*Ett sätt att återvinna mineralull är att riva den till lösull, men hur stort är användningsområdet för lösull? Kan man ersätta isoleringsskivor med lösull?*

Förut sjönk lösullen ihop i väggar och användes därför mest i tak, men nu finns det kompaktare stenull och i mitt nästa projekt kommer vi att använda lösull i väggar.

*Vad är effektivast gällande tidsåtgång lösull / skivor*

Mycket snabbare med lösull, inget spill och bättre arbetsmiljö.

*Ser du några problem med att återanvända gamla stålreglar?*

Jag ser vissa problem med att använda gamla stålreglar. Stålreglarna blir ganska perforerade med skruvhål, de skruvas ca var 150:e millimeter och varannan regel är det skarv i skivorna så där blir dubbla skruvhål. Risk finns att den nya skruven letar sig in i ett gammalt skruvhål och så ledsnar man.

FRÅGOR KRING FALLSTUDIEN:

*Hur mycket gips, isolering och stålreglar beställdes till ett flerbostadshuset?*

Jag har inte samma uppföljning för isolering och stålreglar som för gips (Se bilaga 2a för gips). Eftersom isolering sorterades men användes på många olika ställen. Utvändigt på fasad, runt rör och ventilationskanaler.

Detsamma gäller för stålreglar. Det sorterades i stålsortering ihop med allt annat (armeringsjärn, räcken mm) men i princip hade vi inget spill på stålreglarna då dessa måttbeställdes och sen räknade vi över antal reglar inför sista beställningen. De som blev över i de första trapphusen användes i det sista

här finns en uppmängdning på lägenheterna (bilaga 2b). Den innehåller dock inte alla lägenheter så jag då Glenn slutade och sedan tog en annan person över. Totalt hade vi 148 lägenheter men du kan kanske få fram något form av snitt/ lägenhet. Utifrån de första ca 50 lägenheterna?

*Vilket isoleringsmaterial var det och vilka mått?*

Stenull från Paroc, 450 x 1200 mm

*I fallet jag fått ta del av, hur många lager gips har använts inomhus?*

Varierar men runt schakt sätts två eller tre lager, inne i lägenheterna ett lager.

*Måttbeställdes någon gips till det huset? eller har allt kapats efter hand?*

Kapats efter hand. Provat att måttbeställa men dyrare och blir ofta fel, går så snabbt att skära till hela gipsskivor så är enklare.

*Vilka längder var reglarna i?*

Reglarna är 2480 mm långa

## Bilaga 2a. Beräkning av mängder gips för hus byggt av Skanska

Hej, nedan samt bifogat har du mängd köpt, mängd enligt kalkyl samt mängd slängt i bostadsprojekt LSC Kv B.

Totalt köpte vi ca 228 ton gips och slängde 47,5. => 20,8 %. Vi räknade med ca 13 % spill i kalkylen.

Beställd gips faktiskt utfall:

Lägenheter – 11 000 st 12,5x900x2500 (Avser både humidboard som vi sätter i badrum samt invändig normalgips)

Utvändigt + miljöhus ca 300 skivor 12,5x900 x2500 (Avser weatherboard)

Mängd enligt kalkyl:

Benämning	Anmärkning	Total mängd	Enhet	Varav mängd spill
GIPSSKIVA HUMIDBOARD 2 12,5X900X2700MM	LOK med fraktdebiter...	2 643,25	st	371,77
GIPSSKIVA FIREBOARD 267260 15X1250X2500MM	LOK med fraktdebiter...	3,84	st	0,64
GIPSSKIVA WEATHERBOARD 2.0 9X1200X2700MM	LOK med fraktdebiter...	0,00	st	0,00
GIPSSKIVA WEATHERBOARD 2.0 9X900X2700MM	LOK med fraktdebiter...	261,93	st	34,16
GIPSSKIVA STD CLASSIC BOARD 1200X2500X12,5...	LOK med fraktdebiter...	56,34	st	7,35
GIPSSKIVA NORMAL CLASSIC BOARD 12,5X900X2...	LOK med fraktdebiter...	9 586,46	st	1 250,41

En gipsskiva väger ca 9 kg/m<sup>2</sup> -> 9 kg x (0,9x2,5) = 20,25 kg

Då vi slängt 47,5 ton innebär det ca 2350 skivor. Bara i dörröppningar har det gått åt ca 800 skivor då vi gipsar förbi dörrar + fönster.

Ett ton gips kostar 850 kr i avfallsavgift

Du får analysera detta men jag tror inte vi kan göra det mycket bättre. Vi hade inget överskott på skivor, i princip användes allt som togs hit

Ha en trevlig fredag

Joakim Green  
Produktion

Skanska Sverige AB  
Hus Syd  
[www.skanska.com](http://www.skanska.com)  
Office: Packhusgatan 4, Limhamn  
Phone: 076-12 15 344  
Mobile: 010-448 70 68  
E-mail [joakim.green@skanska.se](mailto:joakim.green@skanska.se)

## Bilaga 2b. Beräkning av mängder regler och isolering för hus byggt av Skanska

	A	B	I	K	Q	R	T
	<b>Lägenhetspacketering</b>						
	<b>Leverans</b>	<b>Lgh nummer</b>	<b>70 regel (st)</b>	<b>95 regel (st)</b>	<b>45 isolering (m2)</b>	<b>70 isolering (m2)</b>	
		<b>OBS! Takhöjd 2,9m</b>					
	Lev 1	T1 - 1001	48	0	19	0	
		T1 - 1002	72	16	52	12	
		T1 - 1003	48	8	19	12	
		T1 - 1004	36	8	19	12	
	Lev 2	T2 - 1001	56	16	32	8	
		T2 - 1002	48	8	32	0	
		T2 - 1003	88	8	45	12	
	Lev 3	T3 - 1001	80	6	39	8	
		T3 - 1002	72	8	32	0	
		T3 - 1003	74	0	32	0	
		T4 - 1001	64	16	32	8	
		<b>OBS! Takhöjd 2,5</b>					
	Lev 4	T1 - 1101	64	0	19	0	
		T1 - 1102	80	16	39	8	
		T1 - 1103	56	0	19	8	
		T1 - 1104	64	0	32	8	
	Lev 5	T2 - 1101	88	8	39	8	
		T2 - 1102	56	8	13	0	
		T2 - 1103	80	8	45	8	
	Lev 6	T3 - 1101	80	4	39	8	
		T3 - 1102	72	8	19	0	
		T3 - 1103	104	0	32	8	
		T4 - 1101	88	8	39	8	
	Lev 7	T1 - 1201	64	0	19	0	
		T1 - 1202	80	16	39	8	
		T1 - 1203	56	0	19	8	
		T1 - 1204	64	0	32	8	
	Lev 8	T2 - 1201	88	8	39	8	
		T2 - 1202	56	8	13	0	
		T2 - 1203	80	8	45	8	
	Lev 9	T3 - 1201	80	4	39	8	
		T3 - 1202	72	8	19	0	
		T3 - 1203	104	0	32	8	
		T4 - 1201	88	8	39	8	
	Lev 10	T1 - 1301	64	0	19	0	
		T1 - 1302	80	16	39	8	
		T1 - 1303	56	0	19	8	
		T1 - 1304	64	0	32	8	
	Lev 11	T2 - 1301	88	8	39	8	
		T2 - 1302	56	8	13	0	
		T2 - 1303	80	8	45	8	
	Lev 12	T3 - 1301	80	4	39	8	
		T3 - 1302	72	8	19	0	
		T3 - 1303	104	0	32	8	
		T4 - 1301	88	8	39	8	
	Lev 13	T1 - 1401	64	0	19	0	
		T1 - 1402	80	16	39	8	
		T1 - 1403	56	0	19	8	
		T1 - 1404	64	0	32	8	
	Lev 14	T2 - 1401	88	8	39	8	
		T2 - 1402	56	8	13	0	
		T2 - 1403	80	8	45	8	
	Lev 15	T3 - 1401	80	4	39	8	
		T3 - 1402	72	8	19	0	
		T3 - 1403	104	0	32	8	
		T4 - 1401	88	8	39	8	
	medelvärde		72,9818182	6,07272727	30,78181818	5,963636364	

## Bilaga 3. E-mailkonversation med Recoma

**Från:** Max Rosenberg <max.rosenberg@recoma.se>

**Skickat:** den 28 september 2023 14:37

**Till:** Emma Ljungberg <emma.ljungberg@hutsokane.se>

**Ämne:** Re: klimatavtryck

Hej Emma,

Siffran 0.42 kg / m2 avser livscykelkedde A1-A3.

Angående förpackningar så använder vi inget som sorteras från hushåll utan det återvinns (så gott det går) hos Fiskeby.

Exempel på strömmar:

- Utsorterat ur restavfall (anses kontaminerat och förbränns därför):
- Blandat papper/plast-avfall från producenter (för svårt/dyrt för avfallsbolagen att hantera, skickas till förbränning)
- Spill/överblivet från producenter (ej varit på marknaden, ej bidragit till producentansvar, går till förbränning)
- Engångsmuggar osv från events och restauranger
- Strömmar av utsorterad vätskekartong när pappersbruk har kapacitetsbrist
- Spill från produktion av PE-laminerad kartong

Med vänliga hälsningar / Best regards,

**Max Rosenberg**

VD / CEO



**Växel:** +46 (0) 451 390 500

**Direkt:** +46 (0) 451 390 510

**Mail:** max.rosenberg@recoma.se

**Web:** [www.recoma.se](http://www.recoma.se)

**Besök:** Norra Kringelvägen 13, 281 41 Hässleholm

**Leverans:** Dragarevägen 9, 281 41 Hässleholm



**From:** Emma Ljungberg <emma.ljungberg@hutskane.se>  
**Date:** Wednesday, 27 September 2023 at 15:04  
**To:** Max Rosenberg <max.rosenberg@recoma.se>  
**Subject:** klimatavtryck

Hej!

Jag skriver ett examensarbete om återbruk av produkter inom byggbranschen (för SLU, LTH och Hållbar Utveckling Skåne) och tar också upp alternativa material. I mitt undersökande arbete stötte jag på era skivor, tycker de är otroligt intressanta och imponerande.

Ni skriver på er hemsida att koldioxidavtrycket är så lågt som 0,42kg per m<sup>2</sup>. Jag undrar om ni har möjlighet att utveckla lite mer kring det? När Boverket räknar på klimatdata utgår de från 5 olika indikatorer: A1-A3 produktskede, A4 transport, A5 byggspill. Räknar ni på samma sätt?

<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/om-klimatdatabas/>

Funderade också på förpackningarna som ni använder som material till skivorna, ni skriver att de annars skulle gått till förbränning. Eftersom förpackningar kan återvinnas till nytt pappersmaterial är jag nyfiken på var de förpackningar ni använder er av kommer ifrån? Om det är sådana som var avsedda att förbrännas för att de inte går att återvinna eller hur ni vet att de annars skulle förbrännas?

Hoppas ni har möjlighet att hjälpa till!  
Tack på förhand

Hälsningar Emma

## Bilaga 4. E-mailkonversation med Naturvårdsverket

Naturvårdsverkets Kundtjänst <kundtjanst@naturvardsverket.se>

Till: Du

Fre 2023-10-27 06:58

Hej Emma

Naturvårdsverkets bedömning är att mineralull inte ingår i något av de sex avfallsslag som åtminstone ska sorteras ut enligt 3 kap 10 § avfallsförordningen (2020:614).

Man kan alltid motivera mer detaljerad sortering där så är möjligt med stöd av resurshushållningsprincipen i 2 kap. 5 § miljöbalken (1998:808). Det innebär att en tillsynsmyndighet kan göra bedömningen att en viss typ av isolering ska sorteras ut separat om det är skäligt, men det sker som sagt inte med stöd av 3 kap 10 § avfallsförordningen.

Lycka till med examensarbetet!

Hälsningar Marcus

MARCUS WISTING

Handläggare

NATURVÅRDSVERKET

Avfallsenheten

BESÖK: Forskarens väg 5, Östersund

POST: 106 48 Stockholm

TELEFON: 010-698 17 94

[www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

**Från:** emma ljunberg <emma.ljungberg@outlook.com>

**Skickat:** den 19 oktober 2023 14:37

**Till:** Naturvårdsverkets Kundtjänst <kundtjanst@naturvardsverket.se>

**Ämne:** sortering av bygg och rivningsavfall

Hej

Jag skriver ett examensarbete om återvinning och återanvändning av byggmaterial vid SLU i Uppsala. Läser på er hemsida om de material som ska sorteras ut på platsen där de uppkommer(<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avfall/bygg--och-rivningsavfall/materialinverstering-och-sortering>). Min fråga är om isolering i form av mineralull (glasull och stenu) går in under "mineral som består av betong, tegel, klinker, keramik eller sten"? Eller finns det inget krav på sortering när det handlar om mineralull?

Stort tack för svar på förhand, Vänligen Emma Ljungberg

## Bilaga 5. Beräkning av klimatdata för brandskyddsfärg

Brandskyddsfärgen Protega är godkänd för brandklass B, vilket räcker för att få rätt brandklass i hus med fler våningar än 3. Det går åt 400 g/m<sup>2</sup> av färgen (Protega u.å).

För omräkning mellan klimatpåverkan per kg till klimatpåverkan per m<sup>2</sup> används formeln:

Klimatpåverkan per kg \* 0,4 = Klimatpåverkan per m<sup>2</sup>

Klimatuppgifter plywood brandskyddsfärg Protega		
Material	Polymer dispersion, Pigment, Ammonium polyphosphate, Melamine, Cyanoguanidin, Polyol, Filler, Dispersing agents, Thixotropic agents, Defoamers, Coalescent , Water	
Livslängd	25 år	
	per kg	per m <sup>2</sup>
Klimatpåverkan produktskede (A1-A5)	2,297 kg CO <sub>2</sub> e	0,9188 kg CO <sub>2</sub> e
Klimatpåverkan brandskyddsfärg (A1-A5)	0,08431 kg CO <sub>2</sub> e	0,033724 kg CO <sub>2</sub> e

Figur 36. Uppgifter från miljövarudeklaration för Protegas brandskyddsfärg (EPD 2022)

Klimatpåverkan för slutskede C1 - C4 anses vara försumbar och tas därför inte med i beräkningarna på materialen som färgen målas på.

## Bilaga 6. Beräkning av storlek på miljöpåverkan i fallstudie

Miljöbesparingen i koldioxidutsläpp som Skanska skulle göra om de bytte till gipsskivor som tillverkats endast med förnybar energi istället för gipsskivor där energikällan är både förnybar och fossil är 26 028 kg CO<sub>2</sub>e = 26,028 ton CO<sub>2</sub>e

Det går åt 1 ton CO<sub>2</sub>e för att köra 500 mil med en bensinbil.

(<https://atmozconsulting.se/2014/10/21/hur-kan-man-visualisera-1-ton-koldioxid/>)

På 26,028 ton CO<sub>2</sub>e kommer man  $26,028 * 500 = 13\,014$  mil = 130 140 km

1 varv runt jorden är 40 000 km

(<https://www.nyteknik.se/nyheter/hur-lang-tid-tar-varvet-runt-jorden/855111#:~:text=N%C3%A4r%20metersystemet%20introducerades%20best%C3%A4mde%20man,h%20%3D%201100%20km%2Fh.>)

Med beräknad koldioxidmängd kommer man

$130\,140 / 40\,000 = 3,25$  varv runt jorden med en bensinbil

Spillet som uppstår i fallstuden har en klimatpåverkan på 3 860 kg CO<sub>2</sub>e

På 3 860 ton CO<sub>2</sub>e kommer man  $3,860 * 500 = 1\,930$  mil = 19 300 km

Med beräknad koldioxidmängd kommer man

$19\,300 / 40\,000 = 0,48$  varv runt jorden med en bensinbil

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.