



Klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv för byggbodar

LÅGAN Rapport

2020-02-05

Karin Glader, Victoria Edenhofer och Josep Termens
CIT Energy Management



Förord

Rapporten har finansierats inom LÅGAN av Energimyndigheten och har genomförts av Karin Glader, Victoria Edenhofer och Josep Termens på CIT Energy Management där Karin Glader varit projektledare.

Arbetet bygger vidare på förstudien Energiklassning av Byggbodar som Publicerades av Lågan i januari 2019. Förstudiens syfte är att undersöka möjligheter och intresse för att ta fram ett gemensamt energiklassningssystem för byggbodar. För att utveckla ett energiklassningssystem identifierades ett behov av att säkerställa att energieffektiva byggbodars påverkan utifrån ett livscykelperspektiv. Därmed behöver energieffektiva byggbodars klimatpåverkan undersökas utifrån ett livscykelperspektiv för att skapa en helhetsbild av energianvändningen och klimatpåverkan av byggboden under hela livscykeln.

Göteborg, 5 februari 2020



LÅGAN (samverkan för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Sveriges Byggindustrier, Energimyndigheten, Boverket, Västra Götalandsregionen, Formas, byggentreprenörer, byggherrar och konsulter.

LÅGAN stöttar regionala nätverk inom byggande av lågenergibygnader och skapar gemensamma projekt och studier för att utveckla och driva byggande och renovering av lågenergibygnader framåt. LÅGAN ska bidra till att Sverige ska nå sina energimål genom att bostads- och lokalsektorn starkt effektiviserar sin energianvändning och ökar byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se

Sammanfattning

En viktig åtgärd för minskad energianvändning i byggprocessen är att minska bodetableringens energianvändning genom användning av energieffektiva byggbodar. Några bodleverantörer har därför börjat erbjuda olika varianter av nya och mer energieffektiva lösningar. Varje leverantör har dock sina egna kriterier och benämningar såsom energibod, miljöbod, lågenergibod vilket gör det svårt att jämföra de olika varianterna.

Hösten 2018 genomfördes en förstudie för att undersöka möjligheter och intresse för att ta fram ett gemensamt energiklassningssystem för byggbodar. Intresset visade sig vara stort men för att säkerställa att ett energiklassningssystem kommer att leda rätt identifierades ett behov av att undersöka energieffektiva byggbodars påverkan utifrån ett livscykelperspektiv.

I denna förstudie har klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv för byggbodar i Sverige undersökts. I studien analyseras två bodetableringar med vardera tre nyproducerade byggbodar, en etablering med kontorsbodar samt en med personalbodar. För dessa bodar har olika alternativ för energieffektivisering analyserats.

Resultatet visar att den minskning av koldioxidutsläpp som härrör från minskad energianvändning i många fall är högre än den inbyggda koldioxid som har sitt ursprung i det extra isoleringsmaterial eller den tekniska utrustning som används för att göra boden energieffektiv. Analysen visar också att det finns många faktorer som påverkar resultatet. Framförallt elmixens koldioxidinnehåll.

Den studerade referensbodsetableringen för personalbodar i projektet har en energianvändning på 207 kWh/m²,år medan etableringen med kontorsbodar har en energianvändning på 188 kWh/m²,år. I tabell 1 presenteras den möjliga energibesparingen för de olika paketen av energieffektiviseringsåtgärder. Intervallet representerar valet av olika typer av isolering.

Tabell 1. Möjlig energibesparing kWh/m²,år

	Personalbodetablering	Kontorsbodetablering
Ökad mängd isolering (åtgärds paket 1)	27 till 47	31 till 45
Ökad mängd isolering samt FTX (åtgärds paket 2)	58 till 78	58 till 75
Ökad mängd isolering, FTX samt värmepump (åtgärds paket 3)	146 till 151	133 till 139

Inbyggd koldioxid från isolering, ventilations- och värmesystem utgör en liten andel av klimatpåverkan jämfört med klimatpåverkan från driftenergin för standardbodetableringen. För energibodetableringen ökar andelen inbyggd samtidigt som klimatpåverkan från driftenergin minskar på grund av minskad energianvändning. Bodarnas totala inbyggda klimatpåverkan har inte analyserats i projektet.

Val av elmix har en stor inverkan på resultatet. En elmix med en högre klimatpåverkan (kg CO₂ekv/kWh) ger en större reduktion i utsläpp av koldioxidekvivalenter vid energieffektivisering. I takt med att det svenska elsystemet blir mer förnybart med en lägre klimatpåverkan minskar möjligheterna att motivera den ökade andelen inbyggd koldioxid genom minskad energianvändning. Om minskad klimatbelastning är den enda motiveringen till att energieffektivisera byggbodar behöver material för isolering och tekniska installationer med lägre miljöpåverkan tas fram. Oavsett kan fortsatt analys av miljöpåverkan på andra miljöaspekter behövas. Det är även av intresset att göra en ekonomiska analys för återfärderna.

Innehållsförteckning

Förord	2
Sammanfattning	3
Innehållsförteckning	5
1 Inledning	6
1.1 Syfte	7
1.2 Genomförande	7
1.3 Avgränsningar	8
2 Byggbodars konstruktion	10
2.1 Isoleringsmaterial i byggbodar	10
2.2 Tekniska installationer i byggbodar	11
2.3 Etablering av bodar	12
3 Energiberäkningar	13
3.1 Referensbodetablering	13
3.2 Indata för standardbodetableringen	14
3.2.1 Personalbodetableringen	14
3.2.2 Kontorsbodetableringen	15
3.3 Indata för energibodetableringen	16
4 Klimatpåverkansbedömning ur ett livscykelperspektiv	17
4.1 Isoleringsmaterial	17
4.2 Tekniska installationer	17
4.3 Drift	18
5 Resultat	19
5.1 Resultat från energisimuleringen	19
5.2 Resultat från klimatpåverkansbedömningen	20
5.2.1 Klimatpåverkan från isoleringsmaterial	20
5.2.2 Klimatpåverkan vid isolering, FTX samt elradiator	21
5.2.3 Klimatpåverkan vid isolering, FTX samt VP	23
5.2.4 Total klimatpåverkan under bodarnas livslängd	24
6 Känslighetsanalys	28
6.1 Påverkan på resultatet vid ändrade värden för inbyggd koldioxid	28
6.2 Påverkan på resultatet vid ändrad elmix	30
6.3 Avgränsning för analysen	32
7 Diskussion	33
8 Rekommendationer för fortsatta studier	34
Referenser	35
Bilaga A: Beräkningsverktyget BV2	37
Bilaga B: Indata till energisimuleringarna	38
Bilaga C: Resultat från känslighetsanalysen	40

1 Inledning

Bygg- och fastighetssektorn bidrar till en stor del av Sveriges miljöpåverkan. Cirka 37 procent av den totala energianvändningen i Sverige kommer från bygg- och fastighetssektorn (Boverket, 2019). Den största andelen av en byggnads klimatpåverkan har historiskt sett uppstått vid driften av byggnaden, men idag byggs allt fler byggnader med fokus på energieffektivitet och kunskapsnivån ökar när det gäller klimatpåverkan från driftsfasen. Då byggnader blir mer energieffektiva och användning av förnybara energikällor ökar resulterar det i att klimatpåverkan förskjuts från driftskedet till produktionsskedet.

IVL publicerade 2015 en rapport där de utifrån ett livscykelperspektiv beräknat klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong (IVL, 2015). Studien visade att produktionsskedet av byggprocessen för flerbostadshuset uppnår 50 procent av den totala klimatpåverkan exklusive hushållsel. under en tidsperiod på 50 år. Det bör dock nämnas att resultatet baseras på flera antaganden såsom byggnadens energiprestanda samt vilka energislag som ingår i den elmix som används, vilket gör att andra antaganden kan ge ett annorlunda resultat. Studien visar dock att byggprocessens klimatpåverkan är betydlig och att det kan konstateras att det är hög tid att reducera den.

En viktig åtgärd för minskad energianvändning i byggprocessen är att minska bodetableringens energianvändning genom användning av energieffektiva byggbodas. Idag finns det cirka 50 000 – 60 000 byggbodas i Sverige, varav de flesta har begränsad energiprestanda. Några bodleverantörer har därför börjat erbjuda olika varianter av nya och mer energieffektiva lösningar. Varje leverantör har dock sina egna kriterier och benämningar såsom energibod, miljöbod, lågenergibod vilket gör det svårt att jämföra de olika varianterna. I rapporten kommer begreppet energieffektivbyggbod och energibod att användas.

Hösten 2018 genomfördes en förstudie för att undersöka möjligheter och intresse för att ta fram ett gemensamt energiklassningssystem för byggbodas. Det visade sig finnas ett stort intresse från såväl beställare som leverantörer av byggbodas att införa ett gemensamt energiklassningssystem. För att kunna utveckla ett sådant identifierades ett behov av att säkerställa energieffektiva byggbodas påverkan utifrån ett livscykelperspektiv. Därför behövs livscykelanalys, LCA, av byggbodas för att skapa en helhetsbild av energianvändning och miljöpåverkan av enskilda byggbodas under hela livscykeln.

1.1 Syfte

Syftet med denna förstudie är att undersöka energieffektiva byggbodars miljöpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv. I studien kvantifieras energianvändning och koldioxidutsläpp för byggbodar under dess driftsfas i förhållande till de koldioxidutsläpp som sker vid råvaruutvinning och tillverkning av de material som behövs för att göra boden energieffektiv. Analysen görs för att kunna dra en slutsats kring huruvida energieffektiva byggbodar är ett bra alternativ i ett livscykelperspektiv, med avseende på klimatpåverkan.

Analysen ur ett livscykelperspektiv för representativa modeller av byggbodar genomförs för att belysa vilka åtgärder som möjliggör minska klimatpåverkan och vad som särskilt behöver beaktas vid utveckling av ett gemensamt energiklassningssystem.

1.2 Genomförande

Förstudien inleds med att studera tekniska beskrivningar och ritningar av byggbodar från byggbodsuthyrare och tillverkare. Utifrån dessa valdes grundkonstruktion och energieffektiviseringsåtgärder för fortsatt analys. De typer av energieffektiviseringsåtgärder som valdes är olika isoleringsmaterial samt olika tjocklekar, ventilationssystem och uppvärmningssystem.

I det efterföljande steget genomfördes insamling av livscykelanalysdata för de olika material som används vid energieffektiviseringsåtgärderna. En inventering genomfördes av de material som används under livscykeln och vilka utsläpp dessa genererar.

För att beräkna klimatpåverkan från drift genomfördes först energiberäkningar med hjälp av simuleringsverktyget BV².¹ Därefter fastställdes emissionsfaktorer för energianvändningen för att möjliggöra beräkning av klimatpåverkan.

Klimatpåverkansbedömning för en bods livscykel genomfördes genom att lägga samman resultatet från material- och energianvändning. Klimatpåverkan kvantifieras genom en känslighetsanalys där indata varieras för olika antagande om åtgärdspaket, energianvändning och LCA-data för material.

Slutligen rekommenderades eventuellt fortsatt arbete med energiklassning av byggbodar.

¹ Energiberäkningsprogrammet BV² är ett validerat dynamiskt simuleringsverktyg. Se Bilaga A.

1.3 Avgränsningar

Projektet undersöker bodar som används på en byggarbetsplats, inte bodar som används för evakuering av till exempel skolor eller mer permanenta lösningar för bostäder, förskolor etc. Fokus i förstudien är att jämföra nybyggda byggbodas standardutförande med motsvarande energieffektiva byggbodas. I studien undersöks endast byggbodas och dess påverkan i Sverige. Transporter av byggbodas mellan olika byggarbetsplatser/uthyrare beaktas ej eftersom skillnaden antas vara försumbar mellan standard- och energieffektiva bodas.

Det finns många aspekter som gör en byggbod energieffektiv. Projektet fokuserar på bodarnas konstruktion med avseende på isolering och fasta installationer i form av värmeproduktion och ventilation. För att ge en rättvis bedömning av installationer såsom FTX och värmepump används en bodetablering bestående av tre sammanhängande bodas. Sammanslagningen gör att bodarna får ett gemensamt klimatskal av ytterväggar och modulseparerande innerväggar av innerväggskonstruktion mellan de olika modulerna, vilket påverkar mängden isolering som används.

Tätning mellan bodas bedöms vara en viktig parameter för att minska energianvändningen. I simuleringen antas tätningen vara relativt välgjord, men skarven mellan bodarna räknas som en köldbrygga och ett påslag görs för viss infiltration.

LCA, används för att bedöma resursanvändning och miljöpåverkan under en produkts hela livscykel – från utvinning av naturresurser till avfallshantering. En fullständig LCA är omfattande och kräver mycket indata. Miljöpåverkan är ett begrepp som exempelvis inkluderar övergödning, klimatpåverkan, försurning i mark och vatten samt spridning av farliga ämnen. Då underlaget i förstudien är för begränsat för att kunna göra fullständig LCA genomförs här en förenklad bedömning av miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv. I denna studie fokuseras endast på energianvändning samt klimatpåverkan och uttrycks i CO₂-ekvivalenter. I fortsättningen i denna rapport används därför ordet klimatpåverkan istället för miljöpåverkan, då miljöpåverkan är ett vidare begrepp och omfattar mer än klimatpåverkan som studeras här.

För att bestämma vilka steg av byggbodens livscykel som ska ingå vid bedömning av klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv har inspiration hämtats från Europastandarden *Hållbarhet hos byggnadsverk- Värdering av byggnaders miljöprestanda – Beräkningsmetod* (SIS, 2011). Enligt standarden delas byggnaders livscykel upp i tre faser: A (byggprocess), B (driftskede) och C (slutskede), se figur 1. Studien har på liknande sätt delat upp byggbodens livscykel i faser, men systemgränserna har valts så att de endast inkluderar A1-A3 samt B6, det vill säga råmaterial, transport, tillverkning och energianvändning. Valet motiveras med att energianvändningen och koldioxidutsläppen som uppkommer vid bygg- och användningsskedet (med undantag för B6 - energianvändning) antas vara detsamma för en energieffektiv byggbod som för

en konventionell byggbod. Eftersom studien är av jämförande karaktär har alla aspekter som kan antas vara lika mellan byggbodarna exkluderats.

Livscykelinformation byggnad														Övrig info		
Byggprocessen					B 1–7 Användningsskede/Driftskede							C 1–4 Slutskede				D Kompletterande information utöver systemgränsen
A 1–3 Produktskede			A 4–5 Byggskede/ Byggprocess													
A1 - Råmaterial	A2 - Transport	A3 - Tillverkning	A4 - Transport	A5 - Byggproduktion	B1 - Användning	B2 - Underhåll	B3 - Reparation	B4 - Utbyte	B5 - Renovering	B6 - Energianvändning	B7 - Vattenanvändning	C1 - Rivning	C2 - Transport	C3 - Avfallshantering	C4 - Sluthantering	Potential för återanvändning och material- och energiåtervinning

Figur 1. Moduler enligt den europeiska standarden EN 15978, svensk översättning av figur 6 i EN 15978.

Beräkningarna avgränsas så att klimatpåverkan från driften av en byggbod under ett år antas vara proportionell mot klimatpåverkan under hela bodens livslängd. Det gör att beräkningar för klimatpåverkan med avseende på energi endast görs under ett år.

Livslängden för en byggbod är 15 till 25 år (Termens, Wahlström & Eriksson, 2019). Analysen avgränsas till att innefatta bodar med en livslängd på 20 år. I denna studie antas även att byggboden alltid används aktivt på en byggarbetsplats. Det tas därmed inte i beaktning att byggboden ibland förvaras hos uthyraren mellan olika byggen.

Var bodarna används har en påverkan på resultatet. I ett kallt klimat har en bra isolering större påverkan än i ett varmare. I denna förstudie görs avgränsningen att bodarna placeras i Eskilstuna, vilket innebär att den geografiska korrigeringsfaktorn sätts till ett. För bedömning av klimatpåverkan från driftsfasen används nordisk elmix vilken i studien bedöms ha en klimatpåverkan på 62,9 g CO₂ekv/kWh (Porsö, 2018)². Elmixen antas vara oförändrad under hela livscykeln.

² Använt värde är ett medelvärde för nordisk elmix 2011 till 2016. Värdet avser produktionsmix.

2 Byggbodars konstruktion

Byggbodar som tillverkas i Sverige har en liknade grundkonstruktion. Konstruktionen för alla byggbodar som modelleras i studien bygger främst på uppgifter från bodtillverkarna Remodul, Flexator samt Moelven. Skillnaden mellan olika tillverkare är liten för standardutförandet. Det som främst skiljer är valet av plywood eller spånskiva samt val av isoleringsmaterial. Även mängd isolering skiljer sig något. Yttermått på varje bod är i Sverige 2,9 m x 8,4 m x 3 (Termens, Wahlström & Eriksson, 2019) eller enligt europeisk standard något mindre på 2,4 m x 6 m x 2,8 m (Ambrosson, F. & Selin, M. 2014).

I studien analyseras och jämförs konventionella byggbodar med energieffektiva bodar. Med konventionell byggbod avses i detta fall en nytillverkad standardbod som i dag säljs på marknaden. Äldre byggbodar med sämre energiprestanda som inte tillverkas längre men fortfarande används på marknaden ingår inte i studien. En energieffektiv byggbod avser en bod med bättre energiprestanda än de som idag säljs på marknaden som standardbod.

2.1 Isoleringsmaterial i byggbodar

Mineralull är vanligt förekommande i byggbodar idag men även PIR (polyisocyanurat) förekommer i olika s.k. energieffektiva byggbodar. I denna studie antas därför dessa isoleringsmaterial användas i byggbodarna. Den främsta skillnaden mellan den konventionella och den energieffektiva byggboden är tjockleken på isolering, där den energieffektiva ges ett tjockare lager av isolering. Dessutom förekommer det att en kombination av mineralull och PIR används i energieffektiva byggbodar idag. Nedan beskrivs lite grundläggande information om de olika isoleringsmaterialen.

Mineralull

Mineralull är ett samlingsnamn för sten- och glasull och tillverkas av mineraliska råvaror – sten och sand. Glasullen består idag av cirka 70 % återvunnet material vilket innebär att det bidrar till lägre klimatpåverkan jämfört med om jungfruligt material använts. Mineralull används bland annat som värmeisoleringsmaterial och som ljudabsorbenter (akustik). Glas- och stenull tillverkas på liknande sätt genom att glas respektive sten smälts vid cirka 1400–1600 °C och spinns till tunna trådar (Profisol, 2019; Swedisol, 2019).

PIR

PIR (Polyisocyanurat) är ett plastbaserat isoleringsmaterial. En av fördelarna med PIR är att det har ett lågt λ -värde, vilket innebär att det isolerar bättre än andra isoleringsmaterial vid samma tjocklek. Isoleringsskiktet kan därmed göras tunnare utan att konstruktionens u-värde försämras (Unilin, 2019). Då det inte är önskvärt att ändra yttermått på byggbodarna kan PIR användas för att förbättra klimatskärmen utan att isoleringen behöver göras tjockare.

2.2 Tekniska installationer i byggbodan

I följande avsnitt ges en beskrivning av tekniska installationer som förekommer i byggbodan idag.

Ventilationssystem

Ventilationen i dagens byggbodan utgörs vanligtvis av en kombination av självdragsventilation i kontorsutrymmen och mekanisk frånluft av typen PAX Chinook (NCC, 2017) i duschutrymmen, toaletter och matrum. Tilluft tas via ventiler och springor. Lösningen innebär att den varma ineluften byts ut mot kall uteluft.

Ny bodan utrustas dock allt oftare med s.k. FTX aggregat där rummets samlade frånluft värmer tilluften. Ett exempel på ventilationssystem med värmeåtervinning som används i byggbodan idag är Mitsubishi VL-100U-E som har en temperaturverkningsgrad på 85 %. (Mitsubishi Electric, 2019). Byggarbetsplatsernas dammiga miljö gör att luftfilter i byggbodan generellt kan behöva bytas oftare än i motsvarande installationer i andra miljöer (Termens, Wahlström & Eriksson, 2019).

Värmesystem

Det allra vanligaste uppvärmningssättet i byggbodan är elradiatorer. Det kan vara svårt att finna fungerande alternativ till elradiatorer eftersom byggbodarna måste vara enkla att förflytta. Användning av fjärrvärme som värmekälla har testats men kan vara svårt att motivera då det ska vara smidigt att bygga upp en bodetablering. För att detta ska vara genomförbart och kostnadseffektivt krävs att fjärrvärmenätet är utbyggt i området där verksamheten sker samt att byggprojektet kommer att pågå i flera år. I dagsläget har endast en liten andel av byggbodarna vattenburen värme (Termens, Wahlström & Eriksson, 2019).

En liten andel av byggbodarna utrustas med luft-luftvärmepumpar. Det finns dock flera anledningar till att det inte är en vanligt förekommande installation. En orsak beskrivs vara det faktum att en luft-luftvärmepump består av två enheter, varav den ena sitter på utsidan av byggboden. Konstruktionen gör att boden blir otymplig vid förflyttning och det förekommer att utedelen havererar vid transport. Det kan också vara svårt att sprida värmen i en hel bodetablering med endast en luft-luftvärmepump samtidigt som det kan uppstå problem med att filter täpps igen.

Uppvärmningssystemen som antas för byggbodarna i denna studie är direktverkande el samt luft-luftvärmepump. Användning av fjärrvärme som värmekälla utvärderas inte i denna studie då det kräver specifika förhållanden för att kunna tillämpas och dessutom är mycket ovanligt idag.

Belysning

LED belysning är standard vid nyproduktion av byggbodas och de flesta har närvarostyrd belysning (Termens, Wahlström & Eriksson, 2019). I denna studie antas elförbrukningen för belysning vara densamma i standardbodetableringen som i energibodetableringen.

Vatten

Tappvarmvattnet i byggbodas värms i elvärmda varmvattenberedare. I denna studie antas vattenanvändningen vara densamma i standardbodetableringen som i energibodetableringen. Det finns möjlighet att ha snålspolande kranar och duschmunstycken i byggbodarna, vilket ger möjlighet att minska energi- och vattenanvändningen.

Övriga tekniska installationer

I kontorsbodas ges tillgång till kontorplaster, mötesrum, konferensrum och fikarum. Personalbodas kan exempelvis vara försedda med omklädningsrum, toaletter, duschrum, uppehållsrum och kök. Köket kan vidare vara utrustat med kyl, frys, mikrovågsugn, diskmaskin och diskbänk. I personalbodas finns vanligtvis torkskåp, vilket är mycket elkrävande utrustning. Dock förekommer fuktstyrda torkskåp som stängs av då kläderna är torra (NCC, 2017). Dessa tekniska installationer inkluderas inte i analysen.

Närvarostyrning

Genom att använda närvarostyrd och/eller tidstyrd belysning, ventilation och värme ges potential att reducera energianvändningen. Närvarostyrd ventilation innebär att luftmängden optimeras efter behov. Då utrymmet är tomt ges endast ett lågt grundflöde, medan luftflödet ökas vid närvaro. Genom närvarostyrning förhindras exempelvis att lampor står påslagna över natten. Tidstyrd värme innebär att värmen sänks då personalen inte nyttjar byggboden, exempelvis på helger och nätter (Ambrosson & Selin, 2014). Tidsstyrning förekommer både i standardbodas och energieffektiva bodas.

2.3 Etablering av bodas

Som konstaterades i Avsnitt 1.3 är det viktigt att tätningen mellan sammansatta bodas utförs väl eftersom där annars lätt fås hög infiltration. Det är dessutom möjligt att montera en kjol runt bodetableringen. Kjolen reducerar nedkyllning underifrån genom att den täcker utrymmet mellan byggbodens golv och markunderlaget.

3 Energiberäkningar

Nedan presenteras förutsättningarna för de energisimuleringar som gjorts i projektet.

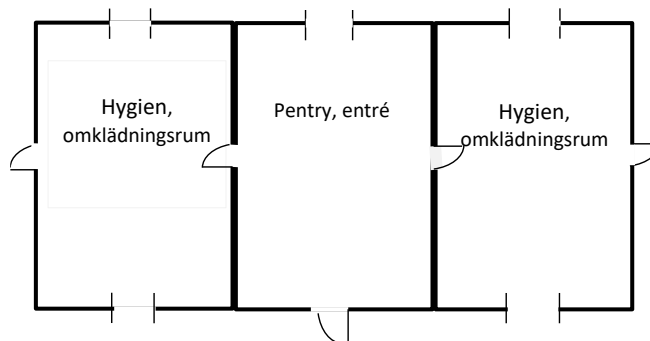
3.1 Referensbodetablering

I studien undersöks både personalbodar och kontorsbodar. Med personalbodar avses bodar som används för omklädning, tvätt och förtäring för de som arbetar på en byggarbetsplats. Kontorsbodar används som kontor och möteslokaler men kan även innehålla moduler med pentry och toalett.

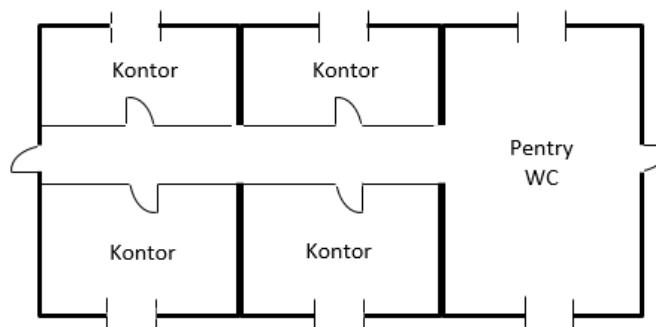
För att ge en rättvis bedömning av klimatpåverkan från installationer för ventilation och uppvärmning, såsom FTX och värmepump, används en bodetablering bestående av tre bodar. I projektet simuleras två typer av etableringar:

- Etablering bestående av tre personalbodar
- Etablering bestående av tre kontorsbodar

Bodetableringarna har valts ut genom att studera ritningar och etableringar av byggbodar hos både tillverkare och uthyrare av dessa. De utvalda bodetableringarna som används för att exemplifiera och genomföra energisimuleringar visas i figur 2 och 3.



Figur 2: Etablering av personalbodar



Figur 3: Etablering av kontorsbodar

Som beskrevs i avsnitt 1.3 har består vägg som vetter mot uteluft ytterväggskonstruktion medan vägg mellan bodar utgörs av innerväggskonstruktion vilket påverkar mängden isolering som används. Vidare antas i denna förstudie att det finns tätning mellan alla bodar och att markkjol används. Ytermåtten på varje bod är 2,9 m x 8,4 m x 3 m. Då ytermåtten är valda med hänsyn till transport med lastbil bör de inte ändras.

3.2 Indata för standardbodetableringen

3.2.1 Personalbodetableringen

I Tabell 1 visas antagna indata vid simulering av etableringen av tre ny tillverkade personalbodar. Antagande i tabellen nedan har baserats på information från bodtillverkare, andra studier inom området, främst Alexandris K.T. (2011), Ambrosson, F. & Selin, M. (2014), NCC (2017) och Termens, J. et al. (2019), samt tidigare erfarenheter.

Tabell 1. Indata för simulering av personalbyggbodsetableringen

Parameter	Värde	Baserat på
Area (A_{temp})	68,5 m ²	Produktblad
Omslutningsarea (A_{om})	234,7 m ²	Beräknad, Produktblad
Fönster och dörrarea (ingår i A_{om} ovan)	10,8 m ²	Produktblad
U_m (U-medelvärde)/ U_m inkl. köldbryggor	0,39/0,42 [W/m ² K]	Beräknad, Produktblad
Lufttäthet (vid 50 Pa differentialtryck)	1,0 [l/m ² A_{om} , s]	Antagen
Ventilationssystem	4 små frånluftsfläktar	Antagen
Luftflöde, genomsnittligt flöde	1,3 [l/s, m ²]	Antagen
Öppning av dörrar	Påslag på energianvändningen med 4 [kWh/m ²] under dagtid	Antagen
Specifik fläkt effekt, SFP	3 [kW/(m ³ /s)]	Antagen
Värme	Elradiator, 5st	Antagen
Användning av varmvatten	5,1 [kWh/ m ²]	Antagen
Verkningsgrad för värmeproduktion	1	Antagen
Drifttid för verksamhet och installationer	06:45-16:15 Mån-fre	Antagen
Belysning och utrustning, Dag/Natt	15/5 [W/ m ²]	Antagen
Antal personer	12, Total närvaro 2h/dygn	Antagen
Klimatort	Eskilstuna	Sveby

Som tidigare nämnts är tätning mellan bodar en viktig parameter för att minska energianvändningen. I simuleringarna antas att tätningarna är väl genomförda. Skarven mellan bodarna räknas dock som en köldbrygga och ett påslag har gjorts på infiltrationen. För att noggrant utvärdera inverkan av isolering mellan bodar behöver mätningar genomföras.

Personalen på en byggarbetsplats går ofta in och ut ur bodarna flera gånger under dagen. För att ta hänsyn till värmeförlusterna som uppstår görs ett påslag på värmeanvändningen med 4 kWh/m² under dagtid.

I studien antas att byggboden alltid används aktivt på en byggarbetsplats förutom i juli, då en semesterperiod har lagts in.

3.2.2 Kontorsbodetableringen

I Tabell 1 visas antagna indata vid simulering av etableringen av tre nytillverkade kontorsbodarna. Kontorsbodarna antas ha större fönster än personalbodarna samt ett annat brukarmönster när det gäller närvaro och arbetstider. Användningen av tappvarmvatten antas vara samma som för kontorsbyggnader, enligt BEN, och elanvändningen dagtid antas vara något högre än för personalbodarna. I övrigt antas samma indata.

Tabell 2. Indata för simulering av kontorsbyggbodsetableringen

Parameter	Värde	Källa
Area (A_{temp})	68,5 m ²	Produktblad
Omslutningsarea (A_{om})	234,7 m ²	Beräknad, Produktblad
Fönster och dörrarea (ingår i A_{om} ovan)	13,2 m ²	Produktblad
U_m (U-medelvärde)/ U_m inkl. köldbryggor	0,39/0,44 [W/ W/m ² K]	Beräknad, Produktblad
Lufttäthet (vid 50 Pa differentialtryck)	1,0 [l/m ² A_{om} , s]	Antagen
Ventilationssystem	4 små frånluftsfläktar	Antagen
Luftflöde, genomsnittligt flöde	1,3 [l/s, m ²]	Antagen
Öppning av dörrar	Påslag på energianvändningen med 4 [kWh/m ²] under dagtid	Antagen
Specifik fläkt effekt, SFP	3 [kW/(m ³ /s)]	Antagen
Värme	El radiator, 5st	Antagen
Användning av varmvatten	2 [kWh/ m ²]	BEN
Verkningsgrad för värmeproduktion	1	Antagen
Drifttid för verksamhet och installationer	07:00-17:00 Mån-fre	Antagen
Belysning och utrustning, Dag/Natt	20/5 [W/ m ²]	
Antal personer	4, närvaro 70 % under dagen	Antagen
Klimatort	Eskilstuna	Sveby

3.3 Indata för energibodetableringen

Energibodetableringen använder samma grunddata som standardbodetableringen men förändringar görs för mängden isolering och isoleringsmaterial samt tekniska system för värme och ventilation. Samma förändringar görs för både personal- och kontorsbodetableringen.

Simuleringen för de energieffektiva etableringarna delas upp i tre olika åtgärds paket:

1. Ökad mängd isolering
2. Ökad mängd isolering samt FTX
3. Ökad mängd isolering, FTX samt värmepump

För varje åtgärds paket används tre olika nivåer på tilläggsisolering där mängden isolering samt material skiljer sig åt. Tre åtgärds paket används:

- A. Ökad mängd mineralull
- B. Påslag med 50 mm PIR
- C. Mineralullen ersätts med PIR

Det ger att totalt nio olika alternativ tas fram för den energieffektiva etableringen för personalbodar respektive kontorsbodar. I bedömningen av klimatpåverkan från inbyggd koldioxid används två olika sorters mineralull (stenull och glasull) men för energiberäkningarna antas värmekonduktiviteten (isoleringsförmågan) för sten- respektive glasull vara lika, med ett λ -värde på 0,039 W/m,K . PIR antas ha ett λ -värde på 0,028 W/m,K.

Indata för åtgärds paketen återfinns i bilaga B.

4 Klimatpåverkansbedömning ur ett livscykelperspektiv

Bygg- och fastighetssektorn står för en betydande del av Sveriges totala klimatpåverkan. Tidigare har fokus legat på att reducera klimatpåverkan genom att reducera driftenergin i byggnader. I takt med att byggnader blivit mer energieffektiva har blicken börjat riktas mot byggnadens hela livscykel, där hänsyn även tas till exempelvis klimatbelastning för konstruktionsmaterial. Att studera klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv för byggnader görs ännu i förhållandevis lite skala, och många av de studier som gjorts hittills är i form av examensarbeten.

Vid genomförande av denna förstudie har det visat sig att underlaget för att ge en bred och exakt bild av klimatpåverkan från de tekniska systemen såsom FTX-aggregat och elradiatorer är mycket begränsat. Det finns få EPD:er³ tillgängliga och verktyg för ändamålet, såsom GaBi och Simapro kräver mycket indata för att ge tillförlitliga utdata. Att göra en fullständig LCA är därför inte något som ryms inom denna förstudie. Därför har bedömning av de tekniska systemen gjorts med hjälp av den information som kunnat tillhandahållas, exempelvis från komponentskisser, miljövarudeklarationer och emissionsfaktorer.

4.1 Isoleringsmaterial

Det finns mer information att tillgå om klimatpåverkan från klimatskal än från tekniska installationer. En mer noggrann klimatpåverkansbedömning har därför kunnat genomföras för isoleringsmaterial då emissionsfaktorer för dessa återfinns i "Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg" (BM), anpassade för den svenska marknaden samt att flera EPD:er från tillverkare finns att tillgå.

4.2 Tekniska installationer

En EPD har hittats för en luft-luftvärmepump vilken bedöms överensstämma med den storlek som används i byggbodnar (Uniclimate, 2018). Den används därför rakt av i klimatpåverkansbedömningen. Det är oklart exakt hur denna klimatpåverkansbedömning genomförts och därmed är det svårt att avgöra huruvida denna överskattar eller underskattar påverkan i aktuell användning. I EPD:n beskrivs att det köldmedel som används i luft-luftvärmepumpen är R410A. Värt att nämna är att f-gasförordningen⁴ (EU/517/2014) successivt begränsar försäljningen av f-gaser i EU och förbjuder köldmedier med hög miljöpåverkan

³ EPD (Environmental Product Declaration), även kallat miljövarudeklaration, är ett dokument som redovisar miljöpåverkan från en produkt ur ett livscykelperspektiv.

⁴ F-gasförordningen är EU:s förordning om fluorerade växthusgaser.

vid nyinstallation och service. R410A har GWP-faktor⁵ på cirka 2088. Det finns köldmedel med lägre GWP-faktor, ett exempel är R32 som har GWP-faktor 675 (Allt om F-gas, 2019). Om det antagits att ett köldmedel med lägre klimatpåverkan använts i värmepumpen skulle därmed den totalt uppskattade klimatpåverkan reducerats.

För elradiatorerna bedöms dess delkomponenters vikter genom jämförelse med andra liknande produkter. Emissionsfaktorer för använda material har främst hämtats från en studie av Menglian, Z. et al. (2016) samt Ecoinvent.

Som referens för frånluftsfläkten används en miljödeklaration för PAX Chinook för att avgöra vilka komponenter den består av samt deras respektive delvikter. Emissionsfaktorer för respektive material har främst hämtats från en studie av Menglian, Z. et al. (2016) samt Ecoinvent. En fullständig miljövarudeklaration har inte funnits för det valda FTX-aggregatet eller motsvarande aggregat. Materialet i FTX-aggregatet och dess delvikter har därför baserats på ett examensarbete vars syfte var att undersöka vilket ventilationssystem som har lägst klimatbelastning under sin livslängd (Feldt & Nilsson, 2018). För att göra en rimlighetsbedömning av deras antaganden har sprängskisser och produktdatablad för FTX-aggregat även studerats.

Det är inte endast komponenterna som ingår i de tekniska installationerna som bidrar till klimatpåverkan, utan även transporter och energianvändning under tillverkningsprocessen. Eftersom generiska data används saknas transportmedel och avstånd, men för att ändå beakta påverkan från dessa görs ett skäligt påslag med 25 % på den uppskattade klimatpåverkan. Påslaget görs för samtliga tekniska installationer förutom luft-luftvärmepumpen, då en fullständig EPD för luftvärmepumpen finns tillgänglig.

För att bedöma hur antagande ovan påverkar resultatet genomfördes en känslighetsanalys av resultatet vilken presenteras i kapitel 6.

4.3 Drift

För att uppskatta hur stor klimatpåverkan är från byggbodarnas drift konverteras energianvändningen till koldioxidekvivalenter genom antagandet att elanvändningen utgörs av nordisk elmix med en klimatpåverkan på 62,9 g CO₂ekv/kWh (Porsö, 2018). Vid drift av värmepumpar har även hänsyn till läckage av köldmedel tagits med motsvarande 2 procent per år.

För att bedöma hur val av elmix påverkar resultatet genomfördes en känslighetsanalys vilken presenteras i kapitel 6.

⁵ GWP-faktorn för ett köldmedium anger hur stor växthuseffekt utsläpp av ett kg av köldmediet har jämfört med utsläpp av ett kg koldioxid. Genom detta kan man beräkna hur många kg CO₂-ekvivalenter köldmediet ger upphov till vid läckage.

5 Resultat

5.1 Resultat från energisimuleringen

I tabellerna nedan presenterats resultat från energisimuleringarna i BV².

Tabell 3: Resultat från energisimuleringen av personalbodetableringen

Åtgärds paket	Energianvändning [kWh/m ² ,år]	Minskning jämfört med standardboden [kWh/m ² ,år]	Total Energianvändning [kWh/20 år]
Personalbod: Standardbord	207		283 289
Personalbod: 1A	174	33	233 441
Personalbod: 1B	160	47	214 441
Personalbod: 1C	180	27	246 011
Personalbod: 2A	143	64	191 762
Personalbod: 2B	129	78	172 843
Personalbod: 2C	149	58	203 459
Personalbod: 3A	61	146	81 551
Personalbod: 3B	56	151	74 741
Personalbod: 3C	62	145	85 598

I tabell 3 ses att det mest energikrävande alternativet för personalbod-etableringen som väntat är standardbodetableringen. De mest energieffektiva alternativen för alla tre åtgärds paketerna är mineralullsisolering med ett tillägg av PIR (åtgärds paket 1B, 2B samt 3B). Störst energibesparing fås med värmepump, men bara att öka graden av isolering har en påverkan och kan minska energianvändningen med 47 kWh/m²,år.

Tabell 4: Resultat från energisimuleringen av kontorsbodetableringen

Åtgärds paket	Energianvändning [kWh/m ² ,år]	Minskning jämfört med standardboden [kWh/m ² ,år]	Total Energianvändning [kWh/20 år]
Kontorsbod Standardbord	188		257 245
Kontorsbod: 1A	157	31	209 758
Kontorsbod: 1B	143	45	191 829
Kontorsbod: 1C	161	27	219 981
Kontorsbod: 2A	126	62	169 230
Kontorsbod: 2B	113	75	151 702
Kontorsbod: 2C	130	58	178 758
Kontorsbod: 3A	53	135	71 556
Kontorsbod: 3B	49	139	65 401
Kontorsbod: 3C	55	133	75 049

I tabell 4 visas att det mest energikrävande alternativet för kontorsbodetableringen, precis som för personalbodetableringen, är

standardbodetableringen. De mest energieffektiva alternativen för alla tre åtgärdspaketen är mineralullsisolering med ett tillägg av PIR (åtgärdspaket 1B, 2B samt 3B). Störst energibesparing fås med värmepump, men bara att öka graden av isolering har en påverkan och kan minska energianvändningen med 45 kWh/m²,år.

Resultatet är i nivå med resultatet från andra studier. NCC (2017) fick i sin studie en energianvändning på 100 kWh/m²,år för en HELIX bod med luft-luft värmepump samt FTX vid användning som kontor. Resultatet för en etablering med 32 ihopsatta manskapsbodar (en annan benämning för personalbodar) var 80 kWh/m²,år respektive 100 kWh/m²,år för kontorsbodar utan tätning och 33 kWh/m²,år respektive 32 kWh/m²,år för bodar med tätning. I NCC:s studie har delar av väggarna mellan bodarna ytterväggs-konstruktion vilket påverkar jämförbarheten av resultatet.

5.2 Resultat från klimatpåverkansbedömningen

Nedan presenteras hur de olika energieffektiviseringsåtgärderna påverkar klimatet genom utsläpp av koldioxid från kategorierna råmaterial, transport, tillverkning och energianvändning d.v.s. del A1-A3 samt B6 enligt tidigare.

5.2.1 Klimatpåverkan från isoleringsmaterial

Nedan presenteras resultatet från beräkning av klimatpåverkan för isoleringsmaterialen stenull, glasull och PIR. I tabell 5 visas de emissionsfaktorer som antagits för de olika isoleringsmaterialen, dessa är hämtade från Byggsektorns miljöberäkningsverktyg (BM).

Tabell 5: Emissionsfaktor och fysikaliska egenskaper för de olika isoleringsmaterialen ⁶

	Emissionsfaktor [kgCO ₂ ekv/kg _{material}]	Densitet [kg/m ³]	Isoleringsförmåga (λ- värde) [W/m,K]
Stenull	1,19	29	0,039
Glasull	1,25	17,5	0,039
PIR	2,9	31	0,028

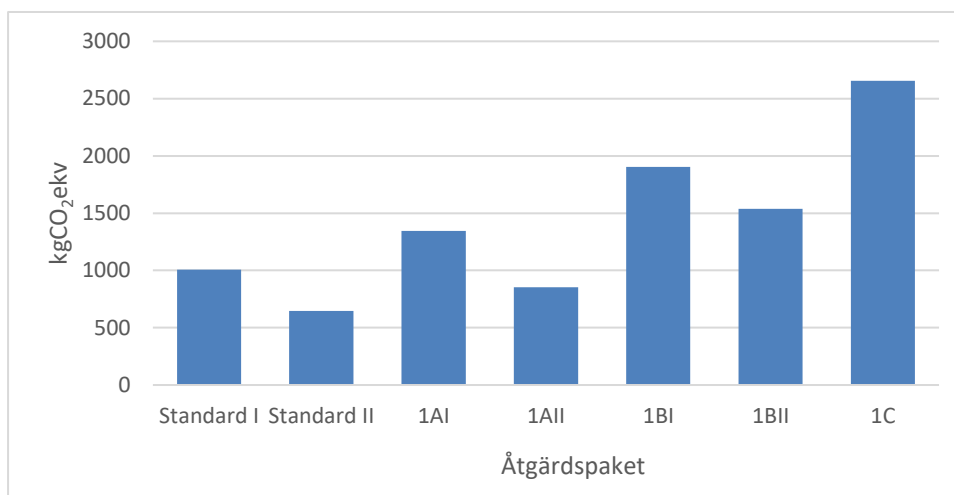
Resultatet presenteras för isoleringsmaterialet och tjockleken av detta som antagits för basfallet. Basfallet jämförs med olika åtgärdspaket av isoleringsmaterial och tjocklek som antagits för energibodetableringen, se tabell 6. För att särskilja de olika varianterna av mineralull används beckningen I för stenull och II för glasull.

⁶ Olika tillverkare har olika värden för sina isoleringsmaterial i tabellen redovisas de värden som använts i analysen.

Tabell 6. Antagna isolermaterial och tjocklekar vid åtgärds paket 1.

Parameter	Standard	Energi 1A	Energi 1B	Energi 1C
Isolermaterial	Mineralull	Mineralull	Mineralull + PIR	Endast PIR
Isoleringstjocklek vägg/tak/golv [mm]	95/145/145	145/175/195	Standard + 50mm PIR	95/145/145

Resultatet från beräkningen av klimatpåverkan för isoleringsmaterialen presenteras i figur 4. Kontorsbodarna har något mindre isolering på grund av större fönster. Då skillnaden är marginell visas endast resultat från personalbodetableringen.



Figur 4. Klimatpåverkan från isoleringsmaterialen i personalbodar för de olika åtgärds paketen.

Genom att studera figur 4 kan det konstateras att sten- och glasull har nästan samma emissionsfaktor medan PIR har mer än dubbelt så hög emissionsfaktor. Resultatet från figur 4 visar att klimatpåverkan är högst för energibodetableringen med PIR som isoleringsmaterial (åtgärds paket 1C) samt lägst för standardbodetableringen med glasull som isoleringsmaterial, (åtgärds paket Standard II). Resultatet är väntat då standardboden innehåller mindre material än de olika åtgärds paketen för energieffektiva bodar, förutom för PIR där volymen är densamma.

Notera är att växthusgasutsläppen är lägre för energibodetableringen med glasull som isoleringsmaterial (åtgärds paket 1AII) jämfört med standardbodetableringen med stenull (åtgärds paket Standard I). I tabell 5 ses att glasull har en högre klimatpåverkan per kilo än stenull, men då densiteten för stenull är mycket högre blir den totala klimatpåverkan från stenullen högre än glasullen vid samma volym.

5.2.2 Klimatpåverkan vid isolering, FTX samt elradiator

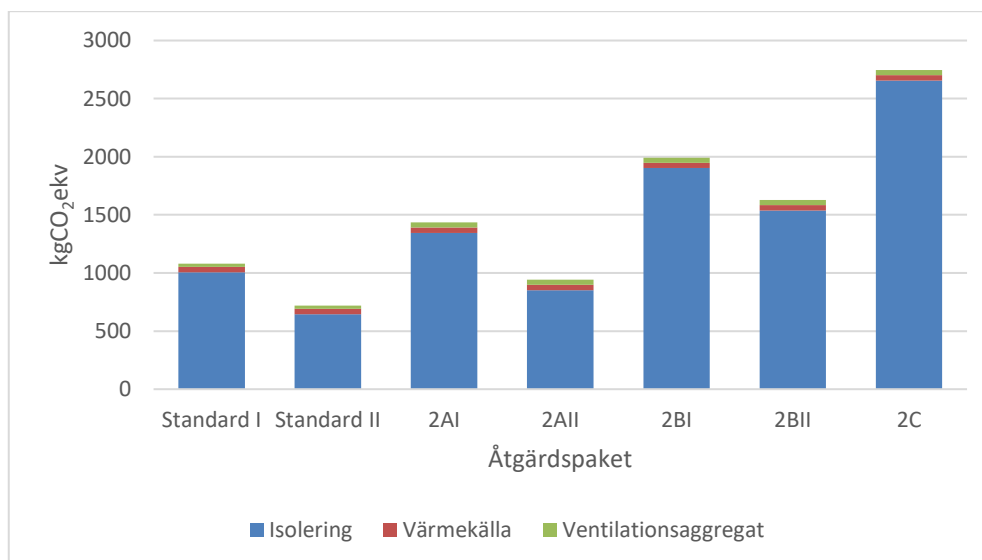
I avsnittet presenteras resultatet från beräkning av klimatpåverkan för de olika isoleringsmaterialen (se avsnitt 5.2.1) tillsammans med klimatpåverkan från den värmekälla som antagits samt från de ventilationsaggregat som antagits.

För standardbodetableringarna antas värme produceras med fem elradiatorer i respektive bodetablering. Ventilationen fås från fyra frånluftfläktar av PAX-typ. I energibodetableringen antas att ventilationen fås från två PAX-fläktar och ett FTX-aggregat. Antaganden för dessa åtgärdspaket visas i tabell 7. Kontorsbodarna har något mindre mängd isolering på grund av större fönster, men i övrigt är klimatpåverkan densamma.

Tabell 7. Antagna isoleringsmaterial, tjocklekar, ventilations- och värmesystem vid åtgärdspaket 2.

Parameter	Standard	Energi 2A	Energi 2B	Energi 2C
Isoleringsmaterial	Mineralull	Mineralull	Mineralull + PIR	Endast PIR
Isoleringsstjocklek vägg/tak/golv [mm]	95/145/145	145/175/195	Standard + 50mm PIR	95/145/145
Ventilationssystem	F	FTX	FTX	FTX
Värmesystem	El-radiatorer	El-radiatorer	El-radiatorer	El-radiatorer

Resultatet av den beräknade klimatpåverkan av isolering, elradiator och ventilationsaggregat för de olika åtgärdspaketen presenteras i figur 5.



Figur 5. Klimatpåverkan av isolering, elradiator och ventilationsaggregat i personalbodarna för de olika åtgärdspaketen.

Genom att studera figur 5 kan det konstateras att klimatpåverkan är högst för energibodetableringen med PIR som isoleringsmaterial (åtgärdspaket 2C) samt lägst för standardbodetableringen med glasull som isoleringsmaterial (åtgärdspaket Standard II). Resultatet visar att klimatpåverkan från isoleringsmaterialen utgör den klart största andelen av klimatpåverkan, där uppvärmningsinstallationer och ventilationsaggregatet endast utgör cirka 3–10 % av den totala klimatpåverkan.

5.2.3 Klimatpåverkan vid isolering, FTX samt VP

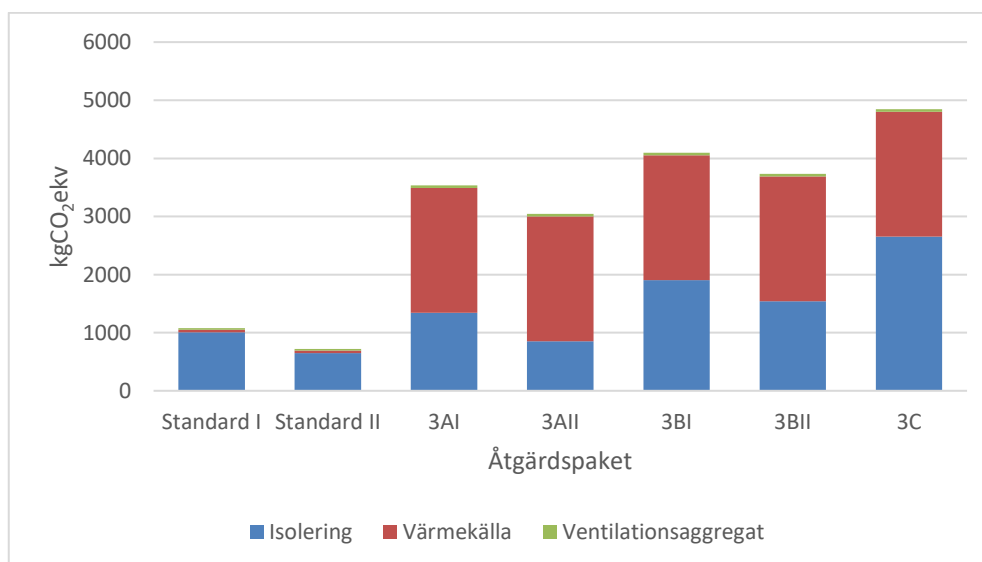
I avsnittet presenteras resultatet från beräkning av klimatpåverkan för de olika isoleringsmaterialen (se avsnitt 5.2.1) tillsammans med klimatpåverkan från den värmekälla som antagits samt från de ventilationsaggregat som antagits.

För standardbodetableringarna antas värme produceras med fem elradiatorer i respektive bodetablering. Ventilationen fås från fyra frånluftfläktar av PAX-typ. I energibodetableringen antas värmen produceras med en värmepump samt två elradiatorer. Elradiatorerna behövs för att säkra värmeförseln i alla utrymmen. Ventilationen fås från två PAX-fläktar och ett FTX-aggregat. Antaganden för dessa åtgärdspaket visas i tabell 8. Även här är den enda skillnaden för kontorsbodarna att de har något mindre mängd isolering på grund av större fönster, men i övrigt är klimatpåverkan densamma.

Tabell 8. Antagna isolermaterial, tjocklekar, ventilations- och värmesystem vid åtgärdspaket 3.

Parameter	Standard	Energi 3A	Energi 3B	Energi 3C
Isolermaterial	Mineralull	Mineralull	Mineralull + PIR	Endast PIR
Isoleringstjocklek vägg/tak/golv [mm]	95/145/145	145/175/195	Standard + 50mm PIR	95/145/145
Ventilationssystem	F	FTX	FTX	FTX
Värmesystem	El-radiatorer	El-radiatorer och VP	El-radiatorer och VP	El-radiatorer och VP

Resultatet av den beräknade klimatpåverkan av isolering, värmekällor och ventilationsaggregat för de olika åtgärdspaketerna redovisas i figur 6.



Figur 6. Klimatpåverkan av isolering, värmekällor och ventilationsaggregat i personalbodar för de olika åtgärdspaketerna.

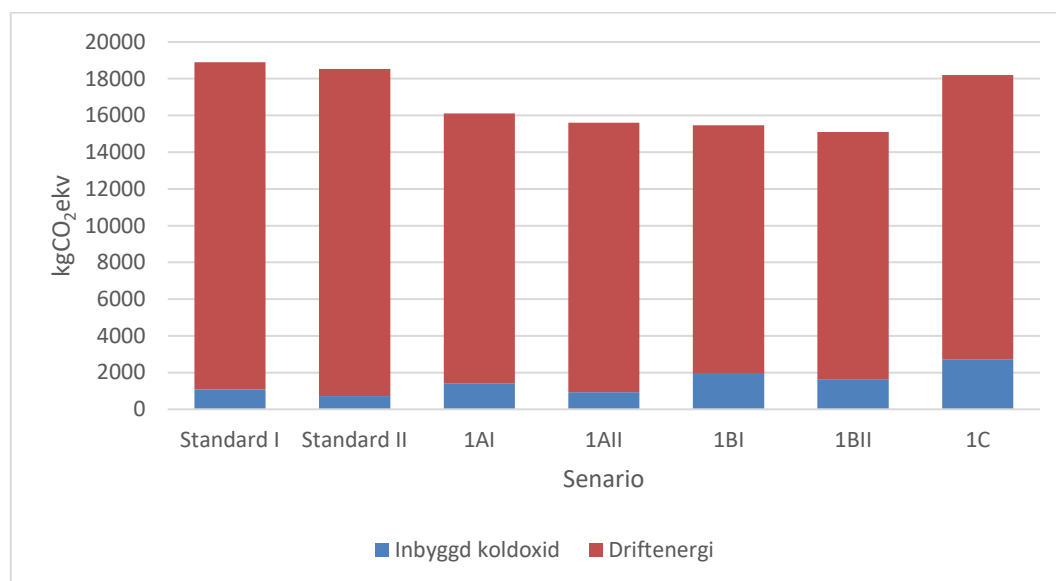
I figur 6 visas att klimatpåverkan är störst för energibodetableringen med PIR som isoleringsmaterial (åtgärdspaket 3C). Klimatpåverkan är lägst för

standardbodetableringen med glasull som isoleringsmaterial (åtgärds paket Standard II). Genom att studera figuren kan man även se att värmekällan utgör en relativt stor andel av den totala klimatpåverkan för isolering, värmekällor och ventilationsaggregat.

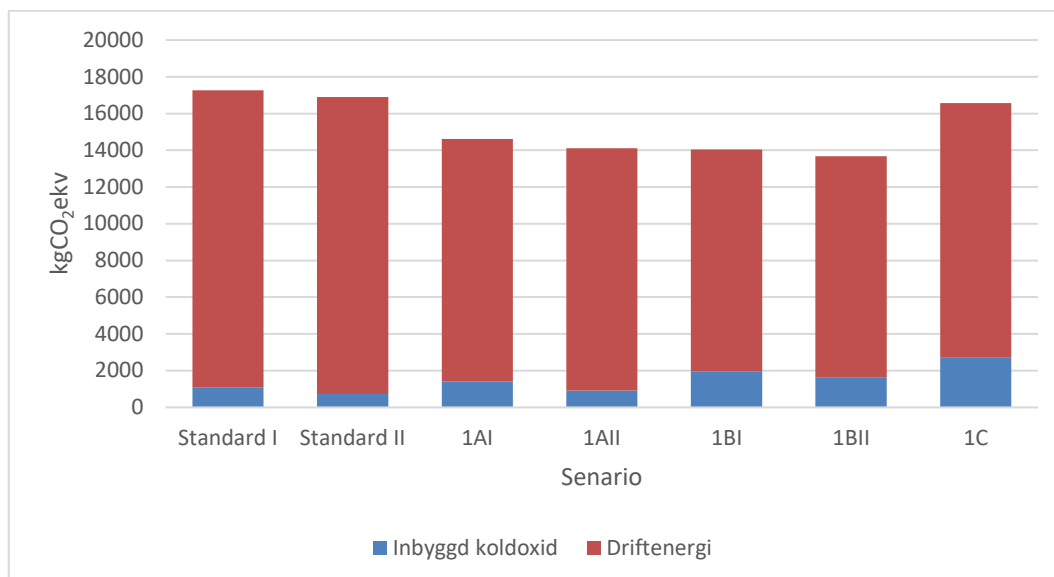
5.2.4 Total klimatpåverkan under bodarnas livslängd

För att kunna avgöra om energieffektivisering av byggbodar är hållbart utifrån ett livscykelperspektiv behöver den inbyggda klimatpåverkan i åtgärderna jämföras med den minskade klimatpåverkan som erhålls genom minskad energianvändning. Inbyggd klimatpåverkan redovisas enbart för de delar som förändras i och med åtgärderna dvs. för isolering samt ventilations- och värmesystem.

Nedan presenteras den totala klimatpåverkan från energiåtgärderna och driftenergi under byggbodarnas livslängd på 20 år. I figur 7 och 8 presenteras resultatet av den totala klimatpåverkan för de olika åtgärds paketen med olika grad av isolering. Den inbyggda koldioxiden som presenteras i figurerna 7 och 8 skall alltså matchas med den klimatpåverkan som presenteras i figur 4. Dessutom redovisas de koldioxidutsläpp som beräknats för åtgärds paketens totala driftenergi. Siffror för total klimatpåverkan från åtgärder och driftenergin återfinns i bilaga C.



Figur 7. Förändring i klimatpåverkan vid åtgärds paket 1, personalbodar.

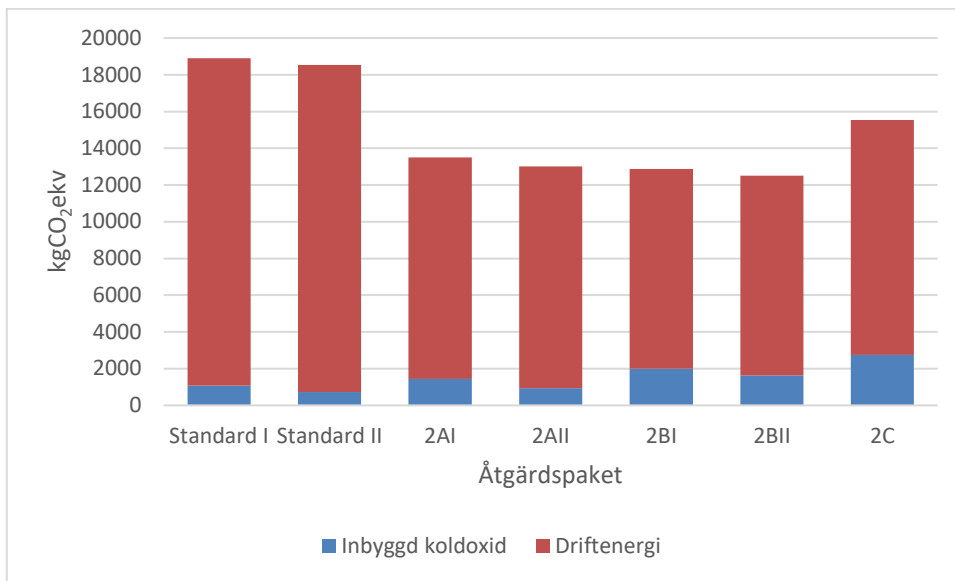


Figur 8. Förändring i klimatpåverkan vid åtgärds paket 1, kontorsbodar.

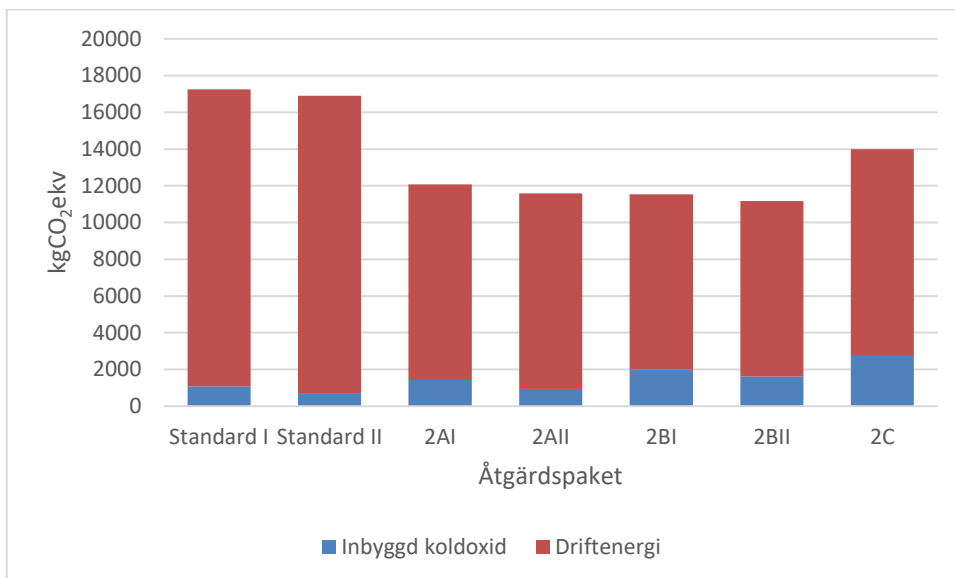
Från figur 7 och 8 kan det konstateras att standardbodetableringarna utgör den största klimatpåverkan. Lägst klimatpåverkan får energibodetableringen med glasull och PIR som isoleringsmaterial (åtgärds paket 1BII). Figurerna visar även att den inbyggda koldioxiden för isoleringen utgör en liten andel jämfört med klimatpåverkan från driftenergin för standardbodetableringarna men även för energibodetableringarna.

Om energibodetableringen med PIR isolering (åtgärds paket 1C) jämförs med standardboden med glasullisolering (åtgärds paket standard II) fås en minskning av klimatpåverkan med endast 335 kg CO₂ekv för personalbodetableringen och 339 kg CO₂ekv för kontorsbodetableringen. Läs mer i kap 6 känslighetsanalys om hur klimatpåverkan från ett byte av isoleringsmaterial till PIR påverkas av valet av energimix och antaganden kring inbyggd koldioxid.

I figur 9 och 10 visas resultatet av den totala klimatpåverkan för åtgärderna i åtgärds paket 2, det vill säga den inbyggda koldioxiden som presenteras i figurerna motsvarar i detta fall den klimatpåverkan som presenterades i figur 5 ovan. Dessutom redovisas de koldioxidutsläpp som beräknats för åtgärds paketens totala driftenergi.



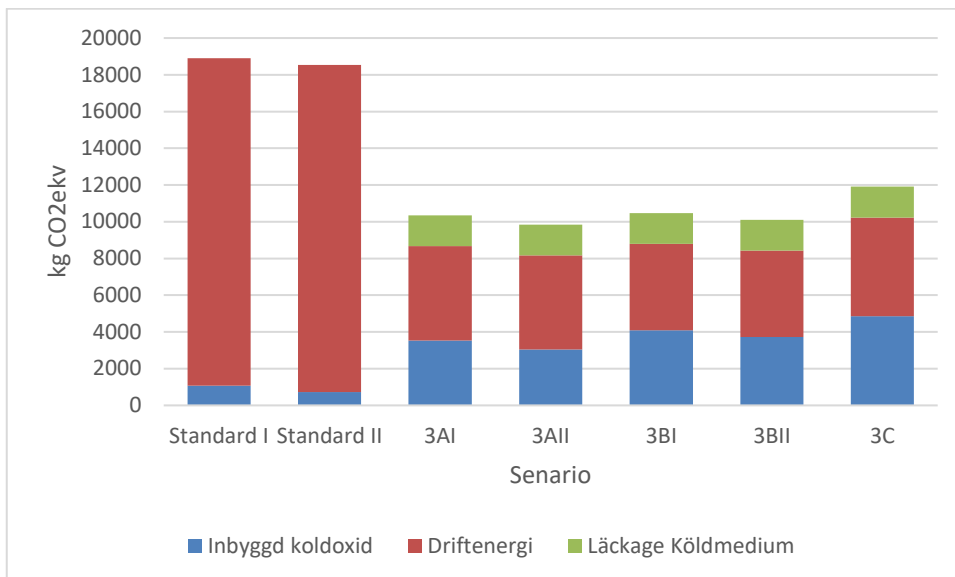
Figur 9. Förändring i klimatpåverkan för åtgärds paket 2, personalbodar.



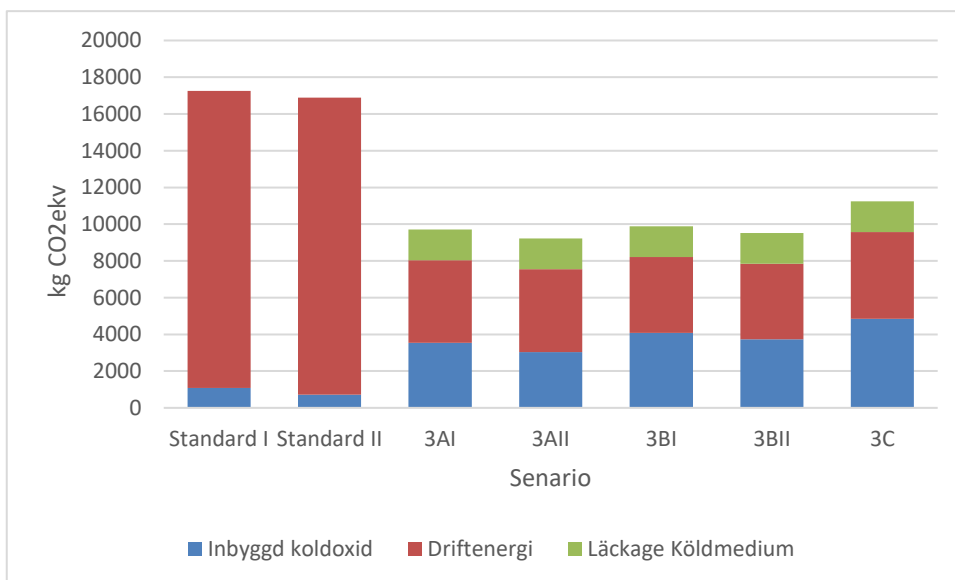
Figur 10. Förändring i klimatpåverkan för åtgärds paket 2, kontorsbodar.

I figur 9 och 10 visas att standardbodetableringarna utgör den största klimatpåverkan. Lägst klimatpåverkan utgör energibodetableringen med glasull och PIR som isoleringsmaterial (åtgärds paket 2BII) tätt följt av energibodetableringen med stenvull och PIR som isoleringsmaterial (åtgärds paket 2BI).

I figur 11 och 12 nedan visas resultatet av den totala klimatpåverkan för åtgärds paketen i åtgärds paket 3, det vill säga den inbyggda koldioxiden som presenteras i figurerna motsvarar i detta fall den klimatpåverkan som presenteras i figur 6 ovan. Dessutom redovisas de koldioxidutsläpp som beräknats för den totala driftenergin samt från läckage av köldmedel för de olika åtgärds paketen.



Figur 11. Förändring i klimatpåverkan för åtgärds paket 3, personalbodar.



Figur 12. Förändring i klimatpåverkan för åtgärds paket 3, kontorsbodar.

Genom att studera figur 11 och 12 ses att standardbodetableringarna utgör den största klimatpåverkan. Lägst klimatpåverkan utgör energibodetableringen med glasull som isoleringsmaterial (åtgärds paket 3AII) tätt följt av energibodetableringen med glasull och PIR (åtgärds paket 3BII), därefter stenu ll (åtgärds paket AI). Störst klimatpåverkan bland energibodetableringarna har den med endast PIR som isoleringsmaterial (åtgärds paket 3C).

Klimatpåverkan från den inbyggda koldioxiden för isolering samt ventilations- och värmesystem utgör en större andel jämfört med koldioxiden från driften till skillnad från standardboden där koldioxiden från driften är större.

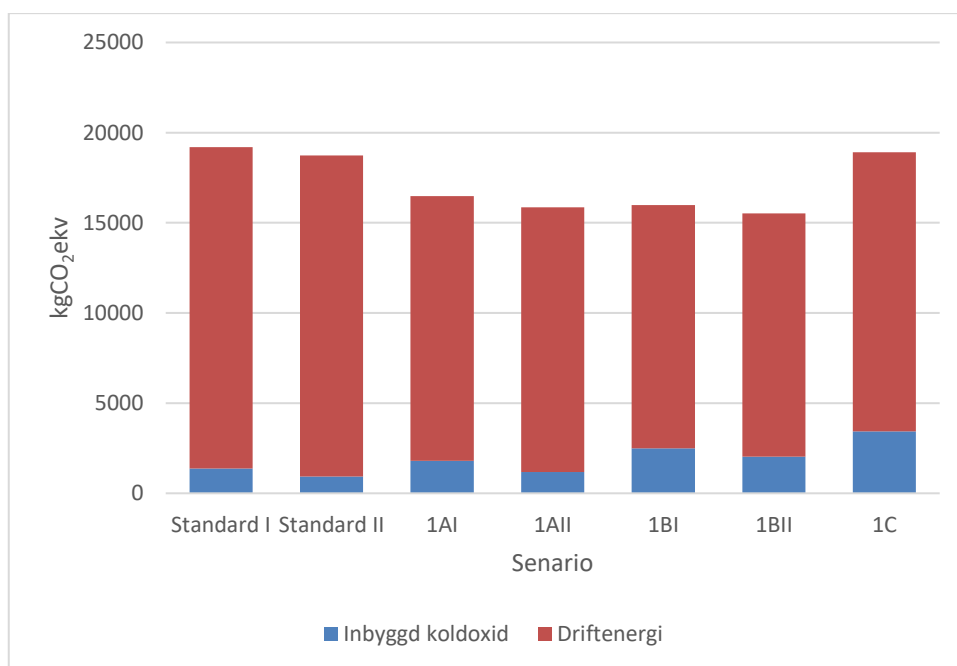
6 Känslighetsanalys

För att studera osäkerheter i resultatet har en känslighetsanalys genomförts, där osäkerheter i använd indata för klimatpåverkan från isolering samt ventilations- och värmesystem beaktats. En annan faktor som har stor påverkan på resultatet är valet av elmix. Känslighetsanalysen genomfördes för både personal- och kontorsbodetableringarna men presenteras endast för personalbodetableringen eftersom resultatet är i stort sett detsamma.

6.1 Påverkan på resultatet vid ändrade värden för inbyggd koldioxid

Generellt har ett påslag på 25 % använts på data för inbyggd koldioxid i fläktar, FTX-aggregat samt elradiatorer. För att undersöka påverkan på resultatet, ökas påslaget till 100 %. Dessutom görs ett påslag på 25 % för isoleringsmaterial och värmepump för personalbodetableringen. Känslighetsanalysen görs för alla åtgärdsalternativen.

I figur 13, 14 och 15 visas resultatet av den totala klimatpåverkan för de olika åtgärdsalternativen. Figurerna kan jämföras med figur 7, 9 respektive 11 ovan, med ovanstående påslag i inbyggd koldioxid. Siffror för total klimatpåverkan återfinns i bilaga C.

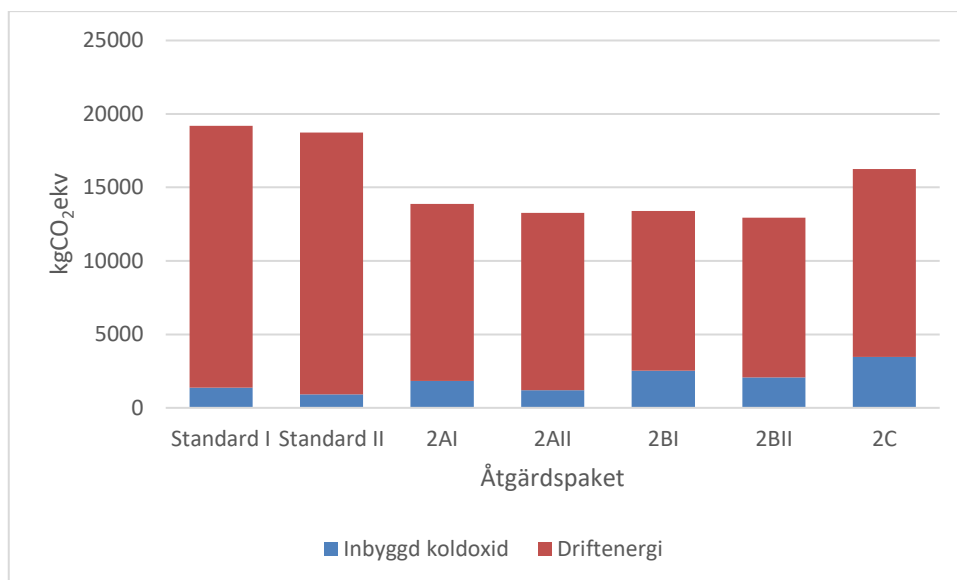


Figur 13: Förändring i klimatpåverkan för åtgärdsalternativ 1 med påslag på inbyggd koldioxid, personalbodar.

Genom att studera figur 13 kan man se att standardbodetableringen med stenull som isoleringsmaterial (åtgärdsalternativ Standard I) fortsatt har högst klimatpåverkan. Om energibodetableringen med PIR (åtgärdsalternativ 1C) jämförs

med standardbodetableringen med glasull (åtgärds paket Standard II) fås inte längre en minskning i klimatpåverkan utan utsläppen ökar med ca 170 kg CO₂ekv.

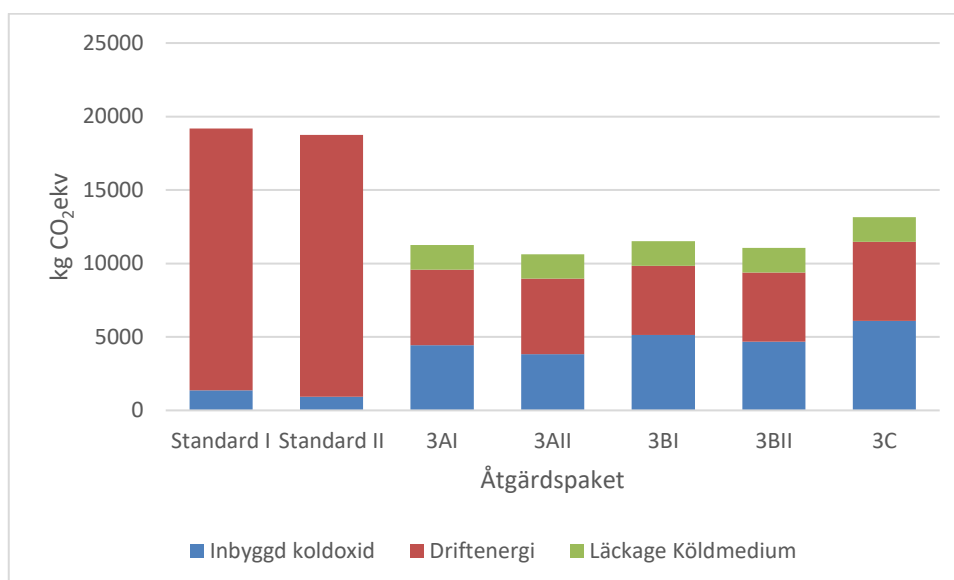
Klimatpåverkan från den inbyggda koldioxiden för isoleringen utgör en liten andel jämfört med klimatpåverkan från driftenergin för standardbodetableringarna men även för energibodetableringarna. Jämförs resultatet med figur 7 så är den inbyggda koldioxiden från åtgärderna högre.



Figur 14. Förändring i klimatpåverkan för åtgärds paket 2 med påslag på inbyggd koldioxid, personalbodar.

Genom att studera figur 14 kan man se att standardbodetableringen med stenull som isoleringsmaterial (åtgärds paket Standard I) fortsatt har högst klimatpåverkan. Om energibodetableringen med PIR (åtgärds paket 1C) jämförs med standardboden med glasull (åtgärds paket Standard II) fås nu en minskning i koldioxidbelastning med cirka 2 540 kg CO₂ekv. Alla A och B åtgärds paket har en minskning med minst 5 000 kg CO₂ekv jämfört med standardbodetableringarna.

Klimatpåverkan från den inbyggda koldioxiden för isoleringen, värme och ventilation utgör en liten andel jämfört med klimatpåverkan från driftenergin för standardbodetableringarna men även för energibodetableringarna. Jämförs resultatet med figur 9 så är den inbyggda koldioxiden från åtgärderna högre.



Figur 15 Förändring i klimatpåverkan för åtgärds paket 3 med påslag på inbyggd koldioxid, personalbodrar.

Genom att studera figur 15 kan man se att standardbodetableringen med stenull som isoleringsmaterial (åtgärds paket Standard I) fortsatt har högst klimatpåverkan. Figur 15 visar att klimatpåverkan från den inbyggda koldioxiden är störst för energibodetableringen med PIR som isoleringsmaterial. Resultatet kan jämföras med figur 11, där den inbyggda koldioxiden från åtgärderna är högre.

6.2 Påverkan på resultatet vid ändrad elmix

Vid genomförande av livscykelanalyser är val av elmix för bedömning av klimatpåverkan en omdiskuterad faktor. Vissa hävdar t.ex. att man ska räkna med marginalel, andra att man ska räkna med landets elmix. I detta projekt har nordisk elmix med en klimatpåverkan på 62,9 g CO₂ekv/kWh (Porsö, 2018)⁷ valts då boden är placerad i Sverige. Anledningen till att nordisk elmix används istället för den svenska är att det nordiska elsystemet är så tätt sammankopplat och el köps mellan länderna dagligen. Valet av nordisk elmix minskar även risken för att underskatta klimatpåverkan.

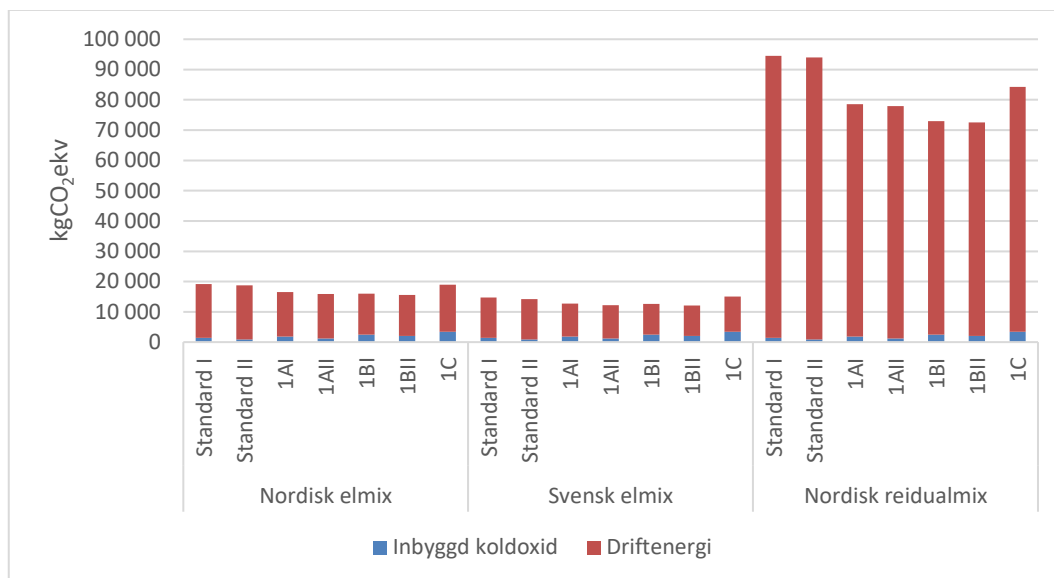
För att se hur valet av elmix påverkar resultatet görs här en känslighetsanalys med två andra elmixer. Dels väljs svensk elmix med en klimatpåverkan på 47 g CO₂ekv/kWh⁸ (Energimyndigheten 2013) och dels nordisk residualmix med en klimatpåverkan på 328,66 g CO₂ekv/kWh⁹ (Energimarknadsinspektionen 2018).

⁷ Använt värde är ett medelvärde för nordisk elmix 2011 till 2016. Värdet avser produktionsmix.

⁸ Använt värde baseras på användarprofil med hänsyn taget till import och export.

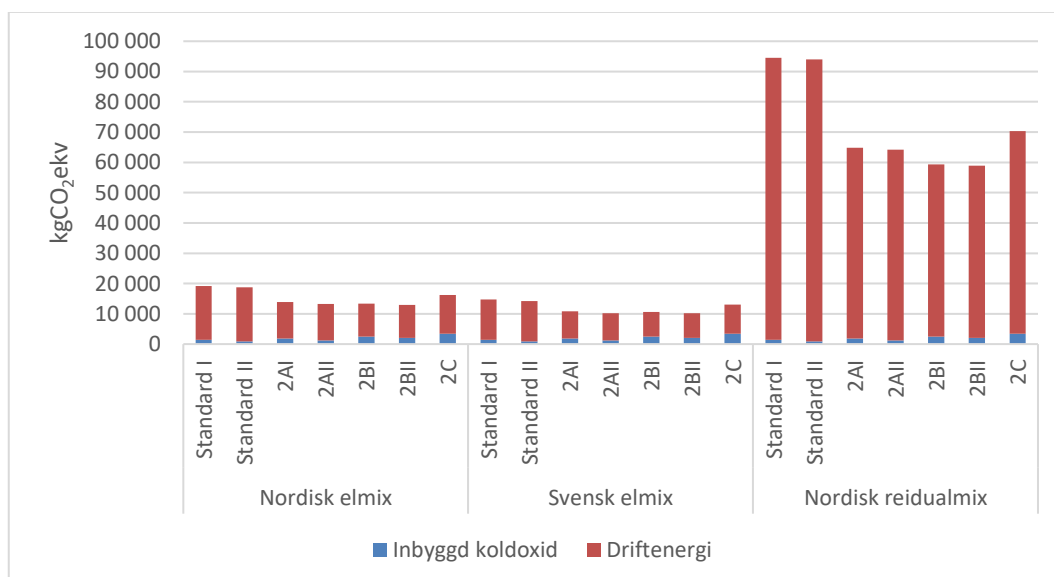
⁹ Använt värde är ett medelvärde för residualmixen 2011 till 2018.

I figur 16, 17 och 18 visas resultatet av den totala klimatpåverkan för de olika åtgärdsalternativen vid olika elmixer. Påslaget på inbyggd koldioxid från avsnitt 6.1 är kvar. Siffror för total klimatpåverkan återfinns i bilaga C.



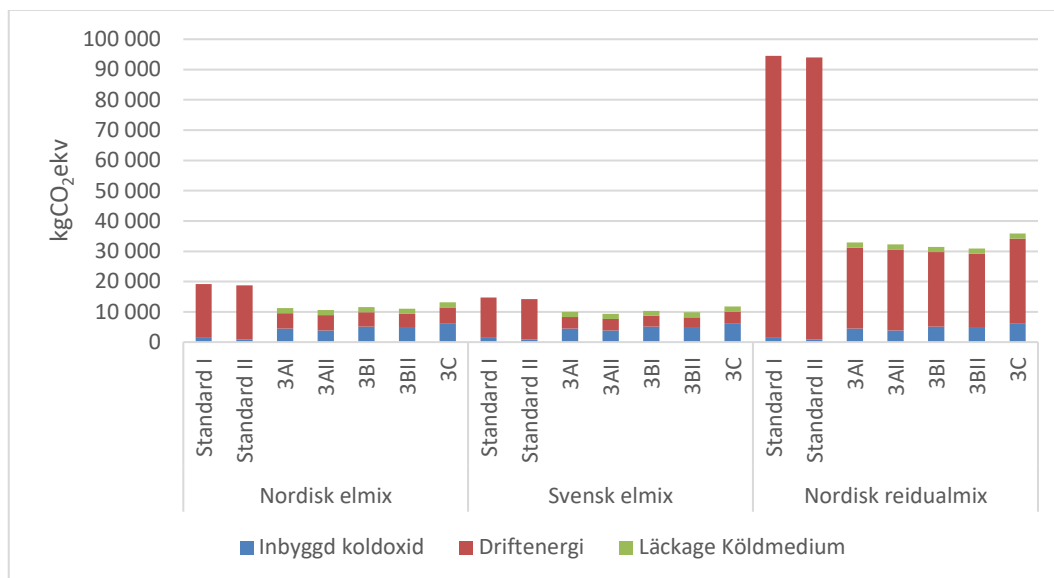
Figur 16: Jämförelse av förändring i klimatpåverkan för åtgärdsalternativ 1 vid olika elmixer, personalbodnar

Figur 16 visar att ju större koldioxidbelastning elmixen får desto mer lönsamt blir det att isolera byggbodarna. Används svensk elmix är ett byte av isoleringsmaterial till PIR (åtgärdsalternativ 1C) inte lönsamt jämfört med någon av standardbodetablerna (åtgärdsalternativ Standard I och II) och för nordisk elmix är det inte lönsamt jämfört med standardbodetablerna med glasull (åtgärdsalternativ Standard II) och marginellt lönsamt jämfört med standardbodetablerna med stenull (åtgärdsalternativ Standard I).



Figur 17: Jämförelse av förändring i klimatpåverkan för åtgärdsalternativ 2 vid olika elmixer, personalbodnar

Figur 17 visar att ju större koldioxidbelastning elmixen får desto mer fördelaktigt blir det att energieffektivisera. Används svensk elmix är ett byte av isoleringsmaterial till PIR (åtgärds paket 2C) endast marginellt gynnsamt.



Figur 18: Jämförelse av förändring i klimatpåverkan för åtgärds paket 3 vid olika elmixer, personalbodarna

Figur 18 visar att ju större koldioxidbelastning elmixen får desto mer fördelaktigt blir det att energieffektivisera byggbodarna.

6.3 Avgränsning för analysen

Inom projektet har en känslighetsanalys avseende indata värden för inbyggd koldioxid samt val av elmix genomförts. I framtida studier vore det intressant att närmare undersöka hur användningen av bodarna påverkar resultatet. I studien har det antagits att byggbodarna är placerade i Eskilstuna samt att bodarna aktivt används på en byggarbetsplats hela året förutom under fyra veckor på sommaren. En känslighetsanalys skulle därmed kunna analysera hur resultatet påverkas baserat på geografisk placering av byggboden respektive hur stor del av året byggboden används.

En annan aspekt som kan komma att påverka resultatet är bodarnas konstruktion i simuleringen. Sammanslagningen gör att bodarna får ett gemensamt klimatskal av ytterväggar och modulseparerande innerväggar av innerväggskonstruktion mellan de olika modulerna. Det ger att mer isoleringsmaterial används men borde även påverka de värmeläckage som uppskattats mellan bodarna.

I studien sätts livslängden för bodarna till 20 år. En känslighetsanalys skulle kunna genomföras för att se hur val av teknisk livslängd påverkar resultatet. Troligtvis krävs uppdateringar av teknisk utrustning för att bibehålla energibesparingarna. Vad som händer med bodarna efter den analyserade livslängden kan ha påverkan på resultatet. Idag har många byggbodarna ett stort

andrahandsvärde för andra tillämpningar och hur dessa möjligheter påverkas av energieffektiviseringsåtgärderna är inte utvärderade. Det kan även vara intressant att inkludera hur resultatet skulle bli om elsystemet gradvis under perioden ändrades till ett mer hållbart elsystem med lägre klimatpåverkan.

7 Diskussion

Det finns önskemål om att minska energianvändningen på byggarbetsplatser och en åtgärd i den strävan är att minska energianvändningen i bodetableringarna. Samtidigt finns ett intresse från såväl beställare som leverantörer av byggbodar att införa ett gemensamt energiklassningssystem för byggbodar. Vid framtida utveckling av energieffektiva byggbodar behövs en ökad förståelse för byggbodars klimat- och miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv.

I studien har klimatpåverkan från ett antal energieffektiviseringsåtgärder studerats i ett livscykelperspektiv. Simuleringarna visar att den minskning av koldioxidutsläpp som härrör från minskad energianvändning i många fall är högre än den inbyggda koldioxid som har sitt ursprung i det isoleringsmaterial och den tekniska utrustning som används.

Den studerade referensbodetableringen för personalbodarna i projektet har en energianvändning på 207 kWh/m²,år medan etableringen med kontorsbodarna får en energianvändning på 188 kWh/m²,år. Genom att ändra den isolering som används i bodarna kan energianvändningen minska med mellan 27 och 47 kWh/m²,år för personalbodarna och med 31 till 45 kWh/m²,år för kontorsbodarna. Görs även förändringar på ventilation och värmeproduktion kan en besparing upp till 151 kWh/m²,år nås för personalbodarna och upp till 139 kWh/m²,år för kontorsbodarna. Vad minskningen av energianvändning får för inverkan på etableringens totala klimatpåverkan beror helt på vilket isoleringsmaterial som används i både standardbodetableringen och energibodetableringen.

Om endast tilläggsisolering är alternativet för att producera en energieffektiv byggbod visar studien att det bästa alternativet ur klimatpåverkansperspektiv är att behålla dagens isolering med mineralull och göra ett påslag med 50 mm PIR. PIR är det isoleringsmaterial av de studerade materialen som har störst klimatpåverkan. Om en bod med enbart PIR-isolering jämförs med en standardbod med glasullsisolering beror resultatet i slutändan på vilka värden för inbyggd koldioxid som används. Känslighetsanalysen visar att ett påslag med 25 % på de värden som återfinns i "Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg" (BM) och nordisk elmix gör att åtgärds paket 1, förändrad isolering, inte bör genomföras. Om beräkningarna görs för svensk elmix bör isoleringen med PIR inte genomföras jämfört med någon av mineralullsisoleringarna. På marknaden idag finns även andra speciallösningar för isolering. Företaget Zenergy har t.ex. tagit fram en bod som isoleras med ett högisolerande material i sandwichkonstruktion. För att utveckla bättre energieffektiva byggbodar ur

klimatsynpunkt kan det vara av intresse att jämföra klimatpåverkan från klassiska byggmaterial med dessa speciallösningar.

Genomförs fler åtgärder för att minska energianvändningen blir resultatet tydligt. Samtliga förslag med installation av FTX eller FTX samt värmepump visar på minskad klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv oavsett val av isolering. Dock kan det finnas faktorer utanför de avgränsningar som gjorts i detta arbete som påverkar resultatet. Ett exempel är driftsfasen av bodarna där ingen hänsyn har tagits till ett eventuellt ökat underhållsbehov. Den enda hänsyn som tagits i studien till driftsfasen förutom energianvändningen är läckage av köldmedel från värmepumpen.

Elmixens klimatpåverkan har en stor inverkan på resultatet. I takt med att det svenska elsystemet får en ökad andel förnybara produktionskällor med en lägre klimatpåverkan minskar möjligheterna att motivera den ökade andelen inbyggd koldioxid genom minskad energianvändning. Om minskad klimatbelastning är den enda motiveringen till att energieffektivisera byggbodars behovs material för isolering och tekniska installationer med lägre miljöpåverkan tas fram. Oavsett kan fortsatt analys av påverkan på andra miljöaspekter behövas.

8 Rekommendationer för fortsatta studier

Denna studie har gjort ett första försök att undersöka energieffektiva byggbodars klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv. Ska en mer noggrann analys göras behövs fler EPD:er från tillverkare. Framförallt om fler miljöaspekter än klimatpåverkan ska analyseras.

En mer fullständig analys skulle även kunna analysera fler förändringar i klimatskalet, olika materialval, andra tekniska lösningar t.ex. fjärrvärme och fler installationer som torkskåp och snålspolande armaturer. Det kan även vara intressant att utreda vad en ökad mängd PIR-isolering får för resultat. Samt att det kan vara intressant att skala upp resultatet till en större bodetablering och jämföra resultat från beräkningsmodeller med mätdata.

Utöver att använda energieffektiva byggbodars har även brukarbeteende påverkan på energianvändningen. Beteende är något som inte studerats i denna förstudie men bör undersökas närmare i fortsatta studier. Andra faktorer kopplat till brukare som kan vara värda att ta med är påverkan på hälsa och brukarkomfort.

För att få en mer heltäckande bild för om det är lönsamt för branschen att satsa på energieffektiva byggbodars är det även intressant att studera den ekonomiska lönsamheten för analyserade åtgärder genom en livcykelkostnadsbedömning, LCC.

Referenser

- Allt om F-gas (2019). *Köldmedietabell*. <https://alltomfgas.se/koldmedietabell> [2019-12-21]
- Ambrosson, F. & Selin, M. (2014). *Energianvändning i byggbodar*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:735250/FULLTEXT01.pdf>
- Alexandris K.T. (2011) *Energieffektivisering och komfortoptimering av personalbodar*. Lund: Lunds tekniska högskola
- Boverket (2019). *Bygg- och fastighetssektorns energianvändning uppdelat på förnybar energi, fossil energi och kärnkraft*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/energianvandning/> [2020-01-10]
- Energimyndigheten (2013) *Växthusgasberäkning* <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/hallbarhetslagen/fragor-och-svar/vaxthusgasberakning/> [2020-01-06]
- Energimarknadsinspektionen (2018) *Ursprungsmärkning av el* <https://ei.se/sv/for-energiforetag/el/ursprungsmarkning-av-el/#anchor5> & <https://ei.se/sv/for-energiforetag/el/ursprungsmarkning-av-el/residualmixen-tidigare-ar/> [2020-01-06]
- Feldt, A. & Nilsson, J. (2018). *En analys av alternativa ventilationslösningar – Projektet fossilfri förskola*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola. https://www.climaterecovery.com/wp-content/uploads/2019/01/Examensarbete_Enanalysavalternativaventilationslo%CC%88sningar.pdf
- IVL (2015). *Byggandets klimatpåverkan – Livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus i betong*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76c4/1445517730807/B2217_ME.pdf
- Menglian, Z.; Ruyue, F. & Zitao, Y. (2016) *Life Cycle Assessment of Residential Heating Systems: A Comparison of Distributed and Centralized Systems*, Energy Procedia Vol. 104, pp. 287-292
- Mitsubishi Electric (2019). *Miniventilation*. <https://mitsubishivillavarme.se/varmepump/miniventilation/> [2019-12-21]
- NCC (2017). *Energieffektiva byggbodar*. <https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/dafd3171-d536-4cb8-b12a->

[c7f3faf60572/FinalReport/SBUF%2012272%20Slutrapport%20Energieffektiva%20Obyggbodan.pdf](https://www.sbu.se/rapporter/c7f3faf60572/FinalReport/SBUF%2012272%20Slutrapport%20Energieffektiva%20Obyggbodan.pdf)

Profisol (2019). *Skillnaden mellan stenull och glasull*.

<https://www.profish.se/skillnaden-mellan-stenull-och-glasull> [2019-12-21]

Porsö, C. (2018). *Rapportering av energianvändningen och växthusgasutsläppen 2018*, Dnr. 2018-10114. Stockholm: Stockholms Stad.

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

Swedisol (2019). *Produktion och råvaror*.

<https://swedisol.se/isolering/produktion-och-ravaror> [2019-12-21]

Termens, J.; Wahlström, Å. & Eriksson, H. (2019). *Energiklassning av byggbodan*. Göteborg: LÅGAN

http://www.laganbygg.se/UserFiles/Projekt/LAGAN_Byggbodan_Jan2019.pdf

Uniclimate (2018). *Joint Product Environmental Profile AIR/AIR Heat Pump for individual housing*. http://register.pep-ecopassport.org/fileadmin/tx_pepmanagement/user_upload/UNIC-00018-V01.01-EN_pdfpep.pdf

Unilin (2019). *Varför PIR?*. <https://www.unilininsulation.com/sv-se/alt-om-isolering/varfor-pir> [2019-12-21]

Bilaga A: Beräkningsverktyget BV2

Bodetableringarna har modellerats med hjälp av energiberäkningsprogrammet BV². BV² är ett validerat dynamiskt simuleringsverktyg som i grunden använder sig av varaktighetsdiagram för utomhusklimatet för beräkning av byggnaders energianvändning. Varaktigheten är uppdelad i dagar för sig och nätter för sig. Beräkningsmodellen i BV² består av följande huvuddelar:

1. Klimatmodellen som baseras på utetemperaturens varaktighet. Programmet använder standardiserade klimatfiler för typår för olika orter, som har tagits fram av SVEBY och SMHI.
2. Byggnadsmodellen. I programmet ska fasadarean (inkl. fönster och dörrar) summeras och specificeras för varje väderstreck: söder, väster, öster och norr. Om fasadkonstruktionen har olika U-värden ska en viktat medel U-värde användas för hela fasaden mot specifik riktning. Samma gäller för fönster och dörrar. För fönster ska man specificera förutom U-värden även g-värden och glasandelen i % samt typ av yttre solavskärmning som används. Arean för tak samt för bottenplatta mot mark specificeras separat. Byggnadens tyngd kan väljas som lätt, mellan eller tung, vilket påverkar byggnadens värmelagringsförmåga. Köldbryggor kan beräknas separat eller som påslag på U-värden.
3. Verksamhet – internvärmelaster. Som intervärmelaster specificeras effekt för belysning, personbelastning samt apparater. Allt som matas in kan tillgodoräknas som internvärme. Andel el som inte kan tillgodoräknas kan matas in som extra elanvändare.
4. Installationstekniska system. Det finns fem olika ventilationssystem som kan väljas i programmet: CAV system, VAV system, system med vattenburen kyla, frånluftssystem och självdrag. Programmet har möjligheten att välja mellan 14 olika värmeförsörjningssystem, där kombination av olika system är också möjligt.

BV² hanterar byggnader med få byggnadsdelar och tekniska system. Vid större antal byggnadsdelar och system har byggnaden delats upp i flera zoner genom samkörning av flera separata modeller.

Bilaga B: Indata till energisimuleringarna

Nedan listas de indata som använts för energisimuleringarna av personalbodetableringen

Tabell B1. Indata till åtgärdspaket 1: Ändrad isolering

Parameter	Standard	Energi 1A	Energi 1B	Energi 1C
Area (A_{temp})	68,5	66,9	66,9	68,5
Omslutningsarea (A_{om})	234,7	229,6	229,6	234,7
Isolermaterial	Mineralull	Mineralull	Mineralull + PIR	Endast PIR
Isoleringstjocklek vägg/tak/golv [mm]	95/145/145	145/175/195	Standard + 50mm PIR	95/145/145
U_m (U-medelvärde)/ U_m inkl. köldbryggor [W/m^2K]	0,39/0,42	0,31/0,34	0,27/0,30	0,33/0,36

Tabell B2. Indata till åtgärdspaket 2: Ändrad isolering samt FTX

Parameter	Standard	Energi 2A	Energi 2B	Energi 2C
Area (A_{temp})	68,5	66,9	66,9	68,5
Omslutningsarea (A_{om})	234,7	229,6	229,6	234,7
Isolermaterial	Mineralull	Mineralull	Mineralull + PIR	Endast PIR
Isoleringstjocklek vägg/tak/golv [mm]	95/145/145	145/175/195	Standard + 50mm PIR	95/145/145
U_m (U-medelvärde)/ U_m inkl. köldbryggor [W/m^2K]	0,39/0,42	0,31/0,34	0,27/0,30	0,33/0,36
Ventilationssystem	F	FTX	FTX	FTX
Drifttid för FTX	n/a	06:30-16:30	06:30-16:30	06:30-16:30
Temperaturverkningsgrad (% vid balanserat luftflöde)	n/a	62,5 %	62,5 %	62,5 %
Luftflöde, genomsnittligt flöde [$l/s, m^2$]	1,3	TF=1,3 FF=1,7	TF=1,3 FF=1,7	TF=1,3 FF=1,7
Specifik fläkt effekt, SFP	3	2	2	2
Värmesystem	El-radiatorer	El-radiatorer	El-radiatorer	El-radiatorer
Installerad värmeeffekt	5*600W	5*600W	5*600W	5*600W
Verkningsgrad för värmeproduktion	1	1	1	1

Tabell B3. Indata till åtgärds paket 3: Ändrad isolering, FTX samt VP

Parameter	Standard	Energi 3A	Energi 3B	Energi 3C
Area (A_{temp})	68,5	66,9	66,9	68,5
Omslutningsarea (A_{om})	234,7	229,6	229,6	234,7
Isolermaterial	Mineralull	Mineralull	Mineralull + PIR	Endast PIR
Isoleringstjocklek vägg/tak/golv [mm]	95/145/145	145/175/195	Standard + 50mm PIR	95/145/145
U_m (U-medelvärde) inkl. köldbryggor	0,39/0,42	0,31/0,34	0,27/0,30	0,33/0,36
Ventilationssystem	F	FTX	FTX	FTX
Drifttid för FTX	n/a	06:30-16:30	06:30-16:30	06:30-16:30
Temperaturverkningsgrad (% vid balanserat luftflöde)	n/a	62,5 %	62,5 %	62,5 %
Luftflöde, genomsnittligt flöde inkl. pålägg för in och ut passager	1,3	TF=1,3 FF=1,7	TF=1,3 FF=1,7	TF=1,3 FF=1,7
Specifik fläkt effekt, SFP	3	2	2	2
Värmesystem	El-radiatorer	El-radiatorer och VP	El-radiatorer och VP	El-radiatorer och VP
Installerad värmeeffekt radiatorer	5*600W	2*600W	2*600W	2*600W
Värmepump: Installerad eleffekt, tillverkarinformation	n/a	5,2 kW	5,2 kW	5,2 kW
SCOP, värmepump	n/a	3	3	3
Verkningsgrad för värmeproduktion	1	1	1	1

Bilaga C: Resultat från känslighetsanalysen

Beräknade utsläpp av koldioxidekvivalenter från fas A1-A3 samt B6 i Europastandarden *Hållbarhet hos byggnadsverk- Värdering av byggnaders miljöprestanda – Beräkningsmetod* (SIS, 2011) för personalboden alla åtgärds paket samt känslighetsanalys presenterar i tabellen nedan. Siffrorna innehåller värden från inbyggd koldioxid från isolering, ventilations- och värmesystem, driftenergi samt köldmedel.

Tabell C1: Sammanställning klimatpåverkan för alla åtgärds paketen vid påslag för inbyggd koldioxid samt olika elmixer personalbodnar [kg CO₂ekv]

	Ordinarie simulering	Påslag på inbyggd koldioxid	Påslag på inbyggd koldioxid & Svensk elmix	Påslag på inbyggd koldioxid & nordisk residual elmix
Standard I	18 898	19 194	14 689	94 481
Standard II	18 538	18 743	14 239	94 031
Åtgärds paket 1AI	16 100	16 480	12 768	78 520
Åtgärds paket 1AII	15 608	15 865	12 153	77 905
Åtgärds paket 1BI	15 464	15 983	12 574	72 974
Åtgärds paket 1BII	15 099	15 528	12 118	72 518
Åtgärds paket 1C	18 203	18 910	14 999	84 291
Åtgärds paket 2AI	13 496	13 886	10 837	64 849
Åtgärds paket 2AII	13 004	13 271	10 222	64 234
Åtgärds paket 2BI	12 864	13 394	10 646	59 329
Åtgärds paket 2BII	12 500	12 938	10 190	58 873
Åtgärds paket 2C	15 543	16 261	13 026	70 332
Åtgärds paket 3AI	18 898	11 245	9 949	32 919
Åtgärds paket 3AII	18 538	10 630	9 334	32 303
Åtgärds paket 3BI	10 340	11 515	10 327	31 379
Åtgärds paket 3BII	9 847	11 060	9 871	30 923
Åtgärds paket 3C	10 470	13 139	11 778	35 888



LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Energimyndigheten, Boverket, Sveriges Byggindustrier, Västra Götalandsregionen, Formas, byggherrar, entreprenörer och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se

