

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 LUND

Division of Structural Engineering
Faculty of Engineering, LTH
P.O. Box 118
S-221 00 LUND
Sweden

Livscykelanalys av grundläggning – En fallstudie av 11 projekt

Life Cycle Analysis of the foundation – A case study of 11 projects

Tove Ahlgren & Iulia Cismaru

2023

Rapport TVBK-5296
ISSN 0349-4969
ISRN: LUTVDG/TVBK/23/5296

Examensarbete
Handledare: Oskar Ranefjärd, Karli Oghana
Juni 2023

Abstract

Following a legislative amendment that came into effect on January 1, 2022, there is now a requirement for climate declarations for new buildings. The purpose of this amendment is to gather data and statistics to potentially establish limits on climate impact in the future. There are certain limitations regarding which structural components of the foundation are included in the climate declarations. For example, there is no requirement to report the climate impact from piles.

The dimensions of the foundation structures largely depend on the ground conditions. Foundations are divided into surface foundations and deep foundations. Surface foundations are constructed near the surface using some type of slab, while deep foundations are used to transfer loads to deeper and more stable layers when the soil's bearing capacity at the surface is insufficient.

The aim of this master's thesis has been to enhance the understanding of the climate impact of foundations, with a specific focus on aspects that are currently not covered in climate declarations.

Through collaboration with Stomkon AB, access to their project database was provided. To examine various types of buildings founded on different ground conditions, both with and without piles, appropriate projects were selected from the project database. A total of eleven projects were analyzed, including four towerblocks, four low-rise apartment buildings, and three small houses. Life cycle assessments for the foundations were conducted for each project, including modules A1-A3. The climate impact of the projects was compiled and compared to the building area, gross floor area, (gross floor area)/(building area) and loads. The specific ground conditions were categorized into three classes. An estimation was made regarding the proportion of piles in the total climate impact of a multi-story building. For projects involving basements or backfilled walls, the results were examined to assess the changes if the foundation had been constructed without these elements. In projects where piles were used, their utilization rate was investigated.

The results from the life cycle analysis revealed that concrete accounted for the largest portion of the climate impact for houses founded without piles, while for houses founded with piles, piles accounted for an equal share as concrete. The difference in results when excluding basements or backfilled walls was found to be marginal. The results also clearly showed that houses founded without piles had a lower climate impact. For multi-story buildings, the projects founded with piles had twice the climate impact per gross floor area compared to those without piles. The average utilization rate for piles was 53%. The estimation indicated that piles represent approximately 7% of a building's total climate impact. By avoiding pile foundations, it is assumed that the climate impact of the foundation would decrease, although this is not always applicable. Constructing larger houses on grounds with better conditions is considered resource-efficient. In situations where piling is necessary due to ground conditions, the

climate impact per gross floor area of the foundation decreases when the building is constructed with more floors.

If limits for climate impact per gross floor area, including the foundation, were to be introduced, it would be valuable to consider factors other than just climate impact. This is because the issue is complex, and other aspects need to be taken into account. When developing reference values, the entire construction phase, including excavation works, should be included. It was observed that the climate impact per load is disadvantageous for structures with lower self-weight. The building area was also found to be a poor comparison measure because the climate impact of houses with more floors cannot be distinguished from over dimensioned houses. The comparison measure $(\text{gross floor area})/(\text{building area})$ is considered suitable when the climate impact of the foundation is included and the ground surface is limited.

Sammanfattning

Efter en lagändring som trädde i kraft 1 januari 2022 infördes krav på klimatdeklara- tioner vid uppförande av nya byggnader. Syftet med ändringen är att samla in data och statistik för att i framtiden kunna införa gränsvärden på klimatpåverkan. Vis- sa bärande konstruktionsdelar i grundläggningen, som pålar, inkluderas dock inte i dagens klimatdeklara- tioner.

Grundkonstruktionernas dimensioner beror till stor del på markförhållandena. Grund- läggning delas upp i ytgrundläggning och djupgrundläggning, där ytgrundläggning sker ytligt med någon typ av platta och djupgrundläggning används för att föra ner laster till djupare, fastare, lager då jordens bärighet vid ytan är för låg.

Syftet med examensarbetet har varit att öka kunskapen om grundläggningens kli- matpåverkan, med fokus på de delar som inte är med i dagens klimatdeklara- tion.

Samarbete med Stomkon AB möjliggjorde tillgång till deras projektdatabas. Un- dersökningen inkluderade olika typer av hus byggda på olika markförhållanden, med och utan pålar. Elva projekt har analyserats varav fyra lamellhus, fyra punkthus och tre småhus. Livscykelanalyser för grundläggningen har genomförts för varje projekt där modul A1-A3 inkluderats. Projektens klimatpåverkan sammanställdes och jämfördes mot byggnadsarea, bruttoarea, bruttoarea per byggnadsarea och laster. Hur stor andel pålarna utgjort av ett flerbostadshus totala klimatpåverkan har skattats. De aktuella markförhållandena har klassificerats i tre klasser. För projekten med källare eller mot- fyllda väggar undersöktes hur resultaten förändrats om grundläggningen hade utförts utan dessa. För projekten som har grundlagts med pålar har utnyttjandegraden un- dersökts.

Resultaten från livscykelanalyserna visar att betong utgjorde den största delen av grundläggningens klimatpåverkan för de hus som inte pålats och för de hus som pålats utgjorde pålarna i genomsnitt en lika stor andel som betongen. Skillnaden mellan då källaren eller de motfyllda väggarna bortsetts ifrån visades vara marginell. Resultaten visade även tydligt att de hus som inte har pålats har lägre klimatpåverkan. För fler- bostadshus hade de projekt som pålats dubbelt så stor klimatpåverkan per bruttoarea som de som inte pålats. Skattningen som gjordes visade att pålarna utgör cirka 7% av husets hela klimatpåverkan. Utnyttjandegraden för pålarna var i genomsnitt 53%. Genom att undvika grundläggning med pålar antas grundläggningens klimatpåverkan minska, detta är dock inte alltid applicerbart. Att större hus byggs på mark med bättre förhållanden anses resurseffektivt. I de fall markförhållandena kräver pålning blir grundläggningens klimatpåverkan per bruttoarea lägre om huset byggs med fler våningar.

Om gränsvärden för klimatpåverkan per bruttoarea där även grunden inkluderas skulle införas vore det värdefullt att inkludera andra faktorer än enbart klimatpåverkan. Det- ta eftersom frågan är komplex och hänsyn till andra aspekter behöver tas. Vid framta-

gande av referensvärden borde hela byggskedet inklusive markarbeten inkluderas. Det har konstaterats att jämförelsemåttet klimatpåverkan per last missgynnar stommar med lägre egentyngd. Byggnadsarea konstaterades också vara ett dåligt jämförelsemått eftersom grundens klimatpåverkan för hus med fler våningar inte kan särskiljas från hus med en överdimensionerad grundläggning. Jämförelsemåttet bruttoarea/byggnadsarea anses vara lämpligt när grundläggningens klimat-påverkan inkluderas och markytan är begränsad.

Förord

Detta examensarbete har skrivits som ett avslutande moment i civilingenjörsutbildningen inom väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng och har genomförts under våren 2023.

Först och främst vill vi tacka vår handledare Oskar Ranefjärd för all hjälp och engagemang. Vi vill även tacka vår examinator Eva Frühwald Hansson. Slutligen vill vi även tacka vår handledare Karli Oghana från Stomkon för möjligheten att få utföra vårt examensarbete hos er och för all hjälp.

Lund, juni 2023

Tove Ahlgren & Iulia Cismaru

Innehåll

Abstract	I
Sammanfattning	III
Förord	V
Innehåll	IX
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Frågeställningar	1
2 Teori	3
2.1 Klimatdeklarationer	3
2.1.1 Byggnaders livscykelanalys	3
2.1.2 Enheter för klimatpåverkan	4
2.1.3 Indata i klimatdeklarationer	4
2.1.4 Byggdelar som ingår i klimatdeklarationer	4
2.2 Areamått	5
2.3 Sveriges byggande	5
2.4 Grundläggning	6
2.4.1 Dimensionering av grundläggning	6
2.4.2 Markförhållanden	7
2.4.3 Grundläggningstyper	8
2.4.4 Metoder för att begränsa sättningar	11
3 Metod	13
3.1 Val av projekt	13
3.2 Livscykelanalyser	14
3.2.1 Konstruktionsdelar som inkluderas	14
3.2.2 Area	14
3.2.3 Laster/lastnedräkning	15
3.2.4 Klassificering av markförhållanden	15
3.2.5 Utnyttjandegrad pålar	15
3.3 Modifikationer	15
3.3.1 Alternativa utföranden	15
3.3.2 Borttagning av källare/motfyllda väggar	16
4 Resultat och analys	17

4.1	Analyserade projekt	17
4.1.1	Projekt 1	17
4.1.2	Projekt 2-4	18
4.1.3	Projekt 5	19
4.1.4	Projekt 6	20
4.1.5	Projekt 7	21
4.1.6	Projekt 7*	21
4.1.7	Projekt 8	21
4.1.8	Projekt 9	22
4.1.9	Projekt 10	23
4.1.10	Projekt 11	23
4.1.11	Projekt 11*	24
4.1.12	Sammanställning och klassificering av markförhållanden	24
4.1.13	Val av indata	26
4.2	Livscykelanalyser	27
4.2.1	Klimatpåverkan	27
4.3	Vidare analys	31
4.3.1	Jämförelser	31
4.3.2	Källare och motfyllda väggar	34
4.3.3	Skattning av andel av klimatpåverkan för hela huset	36
4.3.4	Utnyttjandegrad pålar	36
5	Diskussion	39
5.1	Klimatberäkningar	39
5.1.1	EPD:er och generiska data	39
5.1.2	Andelen som inte inkluderas i klimatdeklarationer	39
5.1.3	Jämförelsemått	40
5.1.4	Markförhållanden	41
5.2	Optimering	41
5.2.1	Minska klimatpåverkan från material	41
5.2.2	Pålar	42
5.2.3	Andra krav	43
5.2.4	Markförhållanden	44
6	Slutsatser och vidare studier	45
6.1	Slutsatser	45
6.2	Vidare studier	47
	Referenser	49
	Bilagor	50
A	Fördelningen av grundläggningens totala klimatpåverkan per material för varje projekt	51
B	Geotekniska terrängklasser enligt Trafikverket	55
C	Pålplan	57
C.1	Projekt 2	57

C.2	Projekt 3	59
C.3	Projekt 4	60
C.4	Projekt 6	62
C.5	Projekt 7	64
C.6	Projekt 10	65
C.7	Projekt 11	66

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Vid en lagändring som trädde i kraft 1 januari 2022 infördes krav på att det för alla byggnader som söks bygglov för nu ska göras en klimatdeklaration (Boverket, 2023c). Bakgrunden till ändringen är att byggsektorn står för ungefär en femtedel av Sveriges utsläpp av växthusgaser, där ungefär en tredjedel är från nybyggnation. Genom att införa kraven för nybyggnad kommer det att bidra till ökad insikt i vad som driver klimatpåverkan från bygg- och fastighetssektorn. Syftet med att samla in data och statistik är för att i framtiden kunna införa gränsvärden. Än så länge är kravet att klimatdeklarationerna ska skickas in och redovisas, men krav på gränsvärden som inte får överstigas väntas införas i framtiden (Boverket, 2023h). I klimatdeklarationer skall hela byggnadens klimatskärm, de bärande konstruktionsdelarna samt icke-bärande innerväggar inkluderas. Dock är det inte krav på att alla bärande delar i grunden redovisas, exempelvis behöver inte pålars klimatpåverkan redovisas (Boverket, 2023b).

Dagens klimatdeklarationer beskrivs vidare i avsnitt 2. Där beskrivs även det svenska bostadsbyggandet samt allmänt om grundläggning, markförhållanden och olika grundläggningsmetoder.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att öka kunskapen om klimatpåverkan från grundläggning, med fokus på de delar som inte är med i dagens klimatdeklaration. Detta görs genom att undersöka klimatpåverkan från grundläggningen från flera olika projekt med olika markförhållanden. Dessa fall analyseras och diskuteras med fokus på klimatpåverkan och hur den kan minskas.

1.3 Frågeställningar

Målet är att undersöka och utreda klimatpåverkan för grundläggning för 11 projekt för att kunna undersöka hur klimatpåverkan kan minskas. De frågeställningar som utreds är:

- Hur stor är grundläggningens klimatpåverkan och hur kan denna minskas?
- Hur stor andel av den totala klimatpåverkan utgör de delar av grundkonstruktionen som inte tas med i dagens klimatdeklarationer?
- Vilka jämförelsemått kan användas för att beskriva klimatpåverkan?

2 Teori

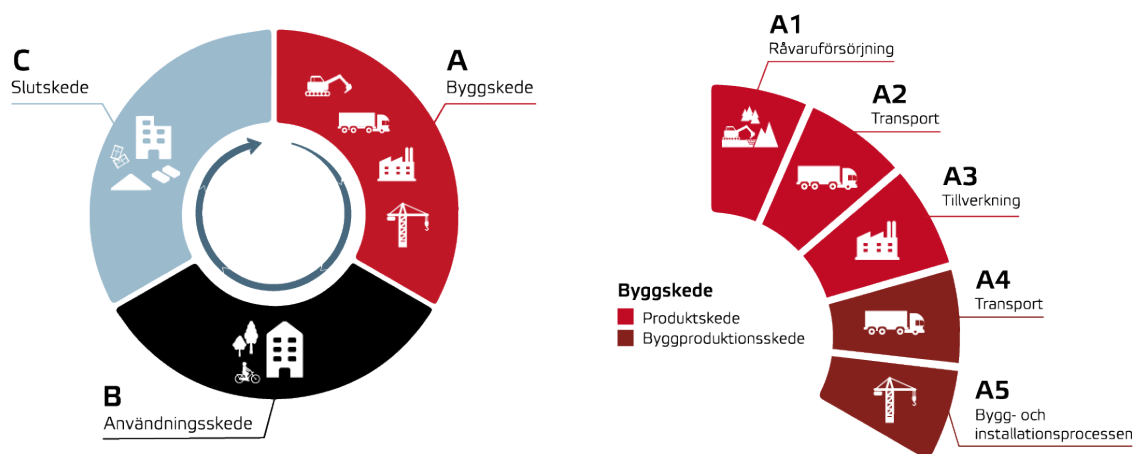
Teorin går igenom en kort bakgrund till arbetet i avsnitt 2.1-2.4.3. Där beskrivs först hur dagens klimatdeklarationer ser ut, därefter det svenska bostadsbyggandet, grundläggningsmetoder och sist markförhållanden.

2.1 Klimatdeklarationer

Plan- och bygglagen reglerar planläggningen av mark, vatten och byggande i Sverige. Genom en lagändring som trädde i kraft 1 januari 2022 är det nu krav på klimatdeklarationer vid uppförande av nya byggnader. Byggherren ansvarar för att redovisa klimatpåverkan som sker under byggskedet. Vissa byggnader är undantagna kravet på klimatdeklaration, exempelvis byggnader med tidsbegränsade bygglov, industri- eller verkstadsändamål, eller med en bruttoarea mindre än 100 m². Även de byggnader som är avsedda för totalförsvaret är undantagna samt byggnader som uppförs då byggherren är en fysisk person, vilket den typiska småhusköparen är (Boverket, 2023c).

2.1.1 Byggnaders livscykelanalys

Livscykelanalys (LCA) är en standardiserad metod som används för att kunna synliggöra klimatpåverkan av en produkt under hela dess livscykel, som utgår utifrån standarden SS-EN 15978:2011. På så sätt kan det visas i vilket skede som klimatpåverkan är störst (CEN, 2011). Byggnaders livscykel kan delas upp i tre delar: Del A - byggskede, Del B - användningsskede och Del C - slutskede. Dessa delar är i sin tur uppdelade i flera moduler. Uppdelningen för modul A visas i Figur 2.1 nedan (Boverket, 2023d). I klimatdeklarationer är det krav att deklarerera för Del A1-A5, alltså enbart byggskedet.



Figur 2.1: Uppdelning av byggnaders livscykel (Boverket, 2023d).

2.1.2 Enheter för klimatpåverkan

Klimatpåverkan skall deklarerars som mängden utsläpp av växthusgaser i kilogram koldioxidekvivalenter per kvadratmeter bruttoarea, alltså $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ (Boverket, 2023a). Bruttoarea beskrivs mer ingående i avsnitt 2.2 men motsvarar kort summan av alla våningplans area. För att kunna addera utsläppen från de olika växthusgaserna med varandra används en global uppvärmningspotential (GWP) som står för Global Warming Potential. För att få värdet på denna 'potential' multipliceras utsläpp från olika gaser med en viktningsfaktor för att få värdena i koldioxidekvivalenter. Den totala klimatpåverkan från alla gaser kallas då för GWP. Ett annat mått som kan användas för klimatpåverkan är GWP-GHG vilket står för Global Warming Potential-Greenhouse gas. Skillnaden för detta mått är att utsläppen av biogent kol inte tas med (Boverket, 2023f).

2.1.3 Indata i klimatdeklarationer

Utsläppsvärden (GWP-GHG) för olika material och produkter hämtas från tillverkarens EPD:er, vilket är produktspecifika klimatdata och på svenska kallas kvalificerade miljövarudeklarationer. EPD, Environmental Product Declaration, är ett verifierat dokument som innehåller information om produkten och dess miljöpåverkan under hela livscykeln (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2023). Det finns även databaser som samlat EPD:er, samt Boverkets generiska data. I Boverkets klimatdatabas kan generiska data för olika byggprodukter hittas, där de viktat värdena mot den svenska marknaden. I databasen finns både typiska och konservativa data, där de konservativa värdena är de generiska multiplicerade med en säkerhetsfaktor, typiskt 25%. I klimatdeklarationer får inte de typiska värdena användas, utan endast produktspecifika klimatdata alternativt de konservativa värdena från Boverket. Anledningen är att motverka 'green-washing' samt öka efterfrågan på EPD:er (Boverket, 2023e).

2.1.4 Byggedelar som ingår i klimatdeklarationer

I klimatdeklarationer skall hela byggnadens klimatskärm, de bärande konstruktionsdelarna samt icke-bärande innerväggar inkluderas. Det finns dock begränsningar gällande de bärande konstruktionsdelar som tillhör grundläggningen, för vilken inte alla delar måste redovisas. Vad som idag är krav på att inkludera och inte visas i Tabell 2.1 nedan (Boverket, 2023b).

Boverket har haft i uppdrag från regeringen att utreda och lämna förslag till införande av gränsvärden. I slutredovisningen föreslås bland annat en utökning av vilka moduler som inkluderas och att klimatdeklarationer från och med januari 2027 även ska infatta markförstäckningar och markåtgärder. Det föreslås även införande av gränsvärden för klimatpåverkan per bruttoarea för modul A1-A5 för de byggnader som idag omfattas av lagen om klimatdeklarationer. För småhus föreslås ett värde motsvarande 75-percentilen av referensvärdet för småhus. För övriga byggnader där referensvärden finns, där bland andra flerbostadshus ingår, föreslås ett värde motsvarande mediannivån för byggnadstypens referensvärde (Boverket, 2023g).

Tabell 2.1: Vilka delar av grunden som inkluderas i klimatdeklaration idag enligt Boverket (2023b)

Inkluderas	Inkluderas ej
Isolering under grund Grundkonstruktion, exempelvis: Platta på mark Sula Fundament Förstärkningsbalk Grundmur Vot	Markförstärkningsåtgärder, exempelvis pålar Markarbeten, såsom kapillärbrytande skikt och dräneringsgrus Rördragning

2.2 Areamått

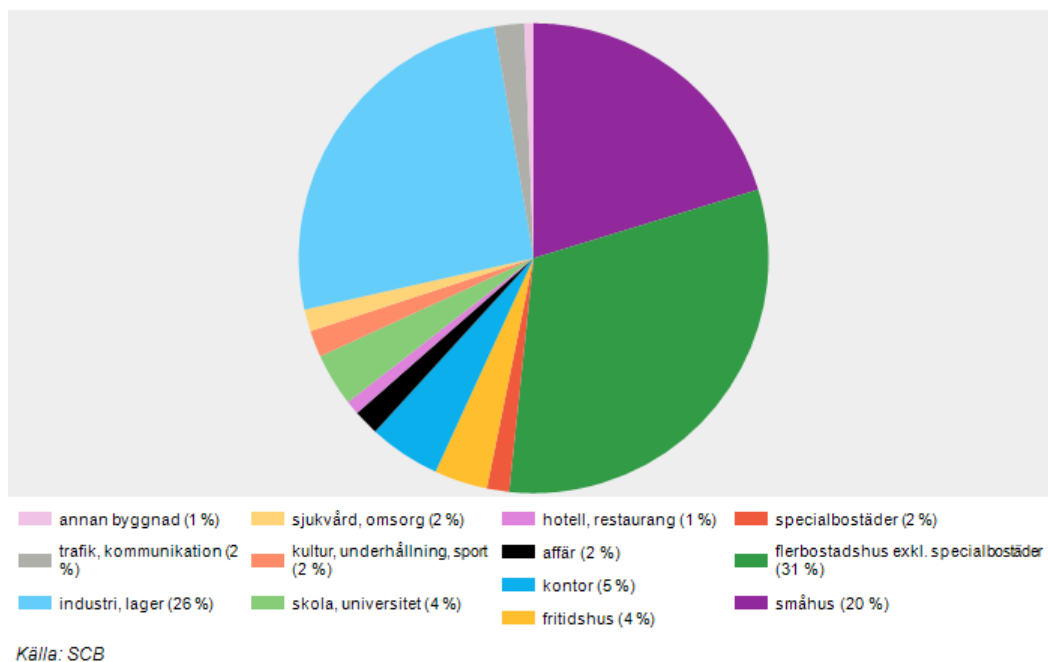
Bruttoarea har förkortningen BTA, vilken är summan av alla våningsplans area. Dessa areor räknas från byggnadens utsida, alltså yttervägarnas utsida. Boverket utgår från standarden SS 21054:2020 vid beräkning av bruttoarean (Boverket, 2023a). Enligt SIS (2020) ingår varken balkonger eller fläktrum i bruttoarean och vid snedtak begränsas ytan till 0,6 meter ut från där takhöjden är lägre än 1,9 meter.

Ett annat beskrivande areamått är byggnadsarea, som har förkortningen BYA. I BYA ingår arean som byggnaden tar i anspråk på marken. Utkragande byggnadsdelar som till exempel balkonger och burspråk räknas med i BYA om delarna är belägna lägre än 3 meter ovan mark med ett djup större än 0,5 meter. De utkragande byggnadsdelarna räknas också med om delarna är 3-5 meter ovan mark med ett djup som är större än 1,5 meter. Däremot inräknas inte ramp, yttertrappa, altan eller skärmtak över entré i BYA (SIS, 2020).

2.3 Sveriges byggande

Fördelningen av vilken typ av hus som beviljades bygglov under 2022 ses i Figur 2.2. Denna visar fördelningen efter antal kvadratmeter och för bostäder utgör småhus och flerbostadshus de två största posterna, 20% respektive 31%.

Nybyggnation av bostäder har varierat mycket över åren. Antalet färdigställda lägenheter i småhus har sedan 2000 varit ungefär lika stort, medan antalet färdigställda lägenheter i flerbostadshus efter en nedgång 2010 ökat markant för att de senaste fem åren omfatta ungefär fyra gånger så många som antalet lägenheter i småhus (SCB, 2023a). Totalt fanns i Sverige i december 2021 cirka 5,2 miljoner bostäder varav 41% var lägenheter i småhus, 52% lägenheter i flerbostadshus, 5% specialbostäder och 2% övriga hus (SCB, 2022).



Figur 2.2: Andel bygglov för nybyggnad under 2022, BTA, efter hustyp. Hämtad från SCB (2023b).

2.4 Grundläggning

2.4.1 Dimensionering av grundläggning

Enligt Eurokod 7 del 1 (SIS, 2004) gäller att *”För varje geotekniskt dimensioneringsfall ska det verifieras att inget relevant gränstillstånd enligt EN1990:2002 överskrids.”*. Gräns-tillstånd uppstår antingen i jorden, i bärverket eller i båda dessa samtidigt och kan kontrolleras på flera sätt. Vilka kontroller som ska göras beror på konstruktionens geotekniska kategori - 1, 2 eller 3. Denna baseras på vilken typ av konstruktion som ska uppföras och aktuella markförhållanden. Grovt förenklat klassas normala konstruktioner som geoteknisk kategori 2, enklare konstruktioner som geoteknisk kategori 1 och mer komplexa konstruktioner som geoteknisk kategori 3. Tillvägagångssätt för högre kategorier än den aktuella är tillåtet att använda, men inte tvärtom (IEG, 2010b). Kontroll i både brott- och brukgränstillstånd ska genomföras, för det förstnämnda genom att jämföra dimensionerande lasteffekt med dimensionerande bärförmåga, för det andra genom jämförelse mot ett brukbarhetskriterium (SIS, 2004).

En av kontrollerna i bruksgränstillstånd är konsekvenserna av sättningar, vilket är deformationer i marken som uppstår till följd av lastförändringar. Dessa kan exempelvis uppstå då laster påförs jorden från byggnader eller massor eller till följd av grundvattensänkning (Berg, 2013). Grundläggningen kontrolleras för både total sättning och sättningsdifferenser. Den totala sättningen ger estetiska förändringar och kan göra att ledningar lutar annorlunda eller bryts av. Sättningsdifferenser innebär sättningar av olika storleksordning i olika delar av byggnaden vilket ger vinkelförändringar i byggnaden. Dessa vinkelförändringar kan i sin tur ge upphov till sprickor och problem att stänga dörrar och fönster (Hansbo, 1975). Absoluta gränsvärden för tolererade

sättningar saknas i Eurokod, men gränsvärden för grundläggningen bestäms med syfte att undvika deformationer och skador i byggnaden. Gränser kan även ges av myndigheter eller beställare, men i praktiken är sättningsberäkningar ofta osäkra (IEG, 2010a).

2.4.2 Markförhållanden

Principiellt består marken av berggrund överlagrad av jord, och dess beskaffenhet utreds enklast med en geoteknisk undersökning. Undersökningen kartlägger markens deformations- och hållfasthetsegenskaper, jordartsfördelning och djup till fast botten och läge för grundvattenytan. Även risk för markradon kan ingå i en geoteknisk undersökning. Informationen används sedan för att förutsäga sättningar, bestämma jordens bärighet och ligga till grund vid beslut om grundläggningssätt och om eventuella markförstärkningar. Att bygga direkt på berg anses bra ur bärighetssynpunkt då sättningar och risk för tjälskador eller brott i jorden är minimal. Det medför dock ofta sprängning och masshantering. Vissa typer av berg kan generera höga halter av radon vilket bör tas i beaktning både vid byggnation men även vid hantering av de massor som uppstår (Berg, 2013).

Generellt kan jorden delas in i två typer: mineraljord som består av bergartsmaterial, samt organisk jord som även består av nedbrutet biologiskt material. Organisk jord finns ofta vid ytan och schaktas bort inför byggnation (Nilsson, 2003). Mineraljord kan baserat på sin kornstorlek delas in i tre olika typer - friktions-, kohesions- och mellanjordarter. Generellt har jordar bestående av korn av större kornfraktion högre hållfasthet, med undantag av silt som anses olämpligt att bygga på (Berg, 2013). Den vanligaste jordarten i Sverige är morän, vilken beskrivs vidare senare i avsnittet.

Kohesionsjord

En kohesionsjord består av finkorniga korn som binds samman med kohesionskrafter mellan kornen. Detta gör att den kan ta upp både tryck- och dragspänningar. Lera är den vanligaste formen av kohesionsjordart, där jordar med ett lerinnehåll över 15% ingår (Berg, 2013). I kohesionsjordar uppstår sättningar till följd av konsolidering av jorden, vilket är utströmning av porvatten (SGI, 1993a). Eftersom jorden har en relativt låg vattengenomsläpplighet tar detta lång tid, den låga vattengenomsläppligheten bidrar även till att många jordar med högt lerinnehåll är måttligt tjälfarliga. De impermeabla egenskaperna beror till viss del på att vattnet binds till kornen med kohesion, vilket även medför att lera har ett högt vatteninnehåll. Detta medför i sin tur att ett tjockt lerlager får stora sättningar. Det är därför viktigt att kontrollera dessa vid byggnation på lera, en vanlig metod för att minska deras omfattning är pålning (Berg, 2013). Det är vanligt att de översta metrarna i en lerjord består av torrskorpelera, vilket är lera som exponerats mot uttorkning, vittring och tjälning. Denna är hårdare än vanlig lera och har ofta sprickbildning som möjliggör vattentransport. Dessa sprickor minskar även jordens bärförmåga (Nilsson, 2003). I kohesionsjordar uppstår brott längs glidytor, där jordens hållfasthet främst beror på dess skjuvhållfasthet. Genom inblandning av osläckt kalk kan jordens skjuvhållfasthet höjas (Berg, 2013).

Friktionsjord

Friktionsjordar består av korn av större kornfraktion, såsom grus och sand. Jordarnas korn vilar i direktkontakt med varandra och krafter tas upp genom kontakttryck och friktion mellan kornen, varför friktionsjordar endast kan ta upp tryckkrafter. Jordens egenskaper påverkas främst av dess friktionsvinkel (Berg, 2013). I friktionsjordar uppstår sättningar till följd av lastökning då kornskelettet stabiliseras för den nya, påförda, spänningen. Sättningarna uppstår då kornen omlagras och uppstår nästintill momentan. De är sedan konstanta tills dess att lasten förändras igen. Hur stora sättningar som kan uppstå beror på jordens lagringstäthet, men kan förväntas vara mindre än för kohesionsjordar. Eftersom grovkorniga jordar inte har någon nämnvärd kapillär stighöjd anses de inte tjälfarliga. Friktionsjord anses genomsläppliga och i dessa jordar uppstår bara tillfälliga ansamlingar av vatten (SGI, 1993a).

Mellanjordart

En mellanjordart är ett mellanting mellan kohesions- och friktionsjord, och består till övervägande del av silt. Mellanjordarter är mycket tjälfarliga eftersom de har ett högt vatteninnehåll och en hög kapillär stighöjd i kombination med en högre permeabilitet än kohesionsjordar. Silt kan vara mycket fast i torrt tillstånd men börja flyta vid vibration eller grävning i kombination med högt vatteninnehåll. Det anses inte lämpligt att bygga direkt på en mellanjordart (Berg, 2013).

Morän

Morän är en jordart som innehåller alla kornfraktioner och är den allra vanligaste jordarten i Sverige. Om en kornfraktion är dominerande brukar denna nämnas i benämningen, såsom grusig morän då grus är den dominerande kornfraktionen (SGU, 2020b). Kornen i jorden är osorterade (Nilsson, 2003). Generellt anses morän vara bra att bygga på men dess egenskaper varierar och påverkas av dess beståndsdelar. En morän med hög halt av lera uppträder mer likt en lerjord än en morän med låg andel lera men högre andel av grövre korn (SGU, 2021).

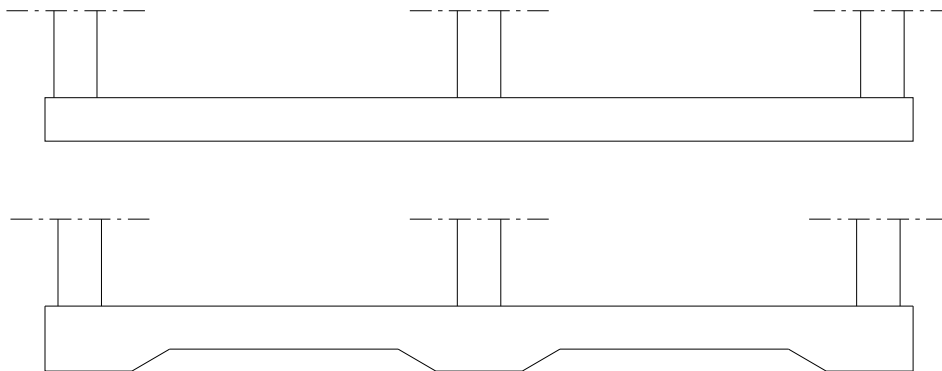
2.4.3 Grundläggningstyper

Grundkonstruktionen tar upp laster och för dessa vidare till undergrunden (Berg, 2013), och beroende på markförhållanden och tillåtna sättningar kan olika grundläggningsalternativ väljas (Hansbo, 1975). Vilken metod som väljs och hur denna utformas beror på flera olika faktorer, typiskt sättningsbegränsningar och markförhållanden. Även stommens utformning har betydelse då bärande innerväggar och pelare ger stora linje- respektive punktlast. Intilliggande bebyggelse, vegetation och omgivande marknivå är faktorer som också måste tas i beaktning. Tjälldjupet på platsen ger erforderligt grundläggningsdjup och erosionsskydd kan behöva anläggas vid grundläggning nära strömmande vatten. Grundvattennivån behöver också tas i beaktning, och om

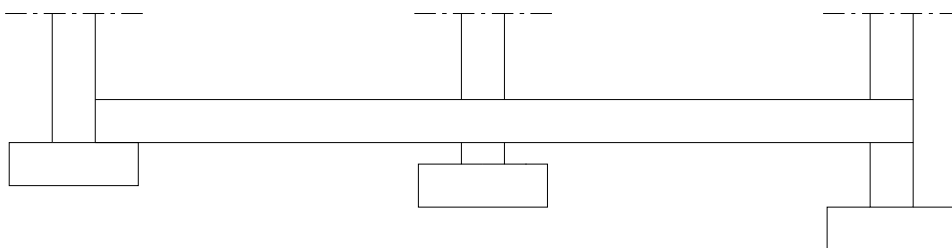
grundläggning under grundvattenytan sker behöver risk för bottenuppluckring och -uppträckning kontrolleras (SGI, 1993a). De olika grundläggningsmetoderna kan delas in i yt- och djupgrundläggning. Vid ytgrundläggning fördelas lasterna till marken genom anläggande av någon typ av platta. Om bärigheten i jordens ytliga lager är för liten kan lasterna föras ned till djupare lager med större bärighet med hjälp av pålar, detta kallas djupgrundläggning. Både yt- och djupgrundläggning kan vid behov kombineras med kompensationsgrundläggning eller andra metoder för att begränsa sättningarna (Nationalencyklopedin, 2023).

Ytgrundläggning

Som tidigare nämnts sker ytgrundläggning med någon typ av platta, här inkluderas alla sorters plattor som används vid ytlig grundläggning. Dessa kan sedan delas in i grundläggning med bottenplatta, vilken täcker hela byggnadens yta, och grundläggning med sulor, då olika delar av byggnaden vilar på olika mindre plattor, se exempel i Figur 2.3 och 2.4. Vid grundläggning med sulor kan en sula stödja en eller flera pelare eller en vägg. Dessa kan då kallas för pelarsula, kombinerad pelarsula respektive väggsula. Kontakttrycket mellan platta och jord ser olika ut beroende på markens och plattans styvheter. Genom att ändra plattans böjstyvhet kan ett annat beteende i jorden uppnås. Detta utnyttjas exempelvis genom att gjuta förstävningar i plattan under bärande konstruktionsdelar (Busk, 1985). Genom att göra på detta sätt fördelas byggnadens laster över en större area (Berg, 2013).



Figur 2.3: Grundläggning med hel (ovan) och kantförstävad (nedan) platta.



Figur 2.4: Olika typer av sulgrundläggningar.

Vid grundläggning med en hel bottenplatta likt den övre figuren i Figur 2.3 kan denna ha olika tjocklek och utföranden. En platta som är tunn och vek kan vid beräkningar ses som flera sammangjutna väggsulor. Plattan kan även utföras med förstyvning under bärande väggar och där övriga plattan är fribärande mellan förstyvningarna, likt den nedre figuren i Figur 2.3. De förstyvade delarna kan då ses som balkar som fördelar lasterna till marken, dessa balkar kallas kantbalkar. Övriga plattan fördelar då enbart laster från våningsplanet till nämnda kantbalkar, vilka sedan för lasten vidare till marken (Busk, 1985). Vid kombination med pålar agerar pålarna upplag för kantbalkarna (Berg, 2013). Liknande verkningssätt uppnås genom de olika typer av sulgrundläggning som visas i Figur 2.4, dessa kallas dock inte kantbalk. Sulgrundläggningarna består istället av en sula, plattan som vilar mot marken, samt en eventuell grundbalk, den stående del som ses i det mittersta och högra alternativet i Figur 2.4 (Busk, 1985).

Motfyllda väggar

Motfyllda väggar, även kallade jordtrycksväggar är väggar som utöver de laster en vanlig vägg utsätts för även dimensionerats för jordtryck. Jordtrycket är en horisontell last orsakad av jordmassor som återfyllts mot väggen (Berg, 2013).

Djupgrundläggning

Djupgrundläggning används då jordens bärighet inte klarar av lasterna från planerade konstruktioner. För att minimera risken för stora sättningar används då pålning (Nationalencyklopedin, 2023). Pålarnas syfte är att överföra laster från byggnader, broar och andra konstruktioner till djupare jordlager (SGI, 1993b).

Det finns flera olika sorters pålar och dessa kan klassificeras enligt materialet på pålarna, drivningsmetod, intilliggande mark och lastpåverkan (Tudisco och Dahlblom, 2019). Pålar förs på plats genom slagning, grävning eller borrar, där slagpålar är vanligast i Sverige. Det finns pålar i olika material och de mest förekommande är av betong och stål, men även trä används (Nationalencyklopedin, 2023). Pålkommisionen släpper årligen en sammanställning över pålningsverksamheten i Sverige. För alla nya pålgrundläggningar för år 2021 såg fördelningen av påltyp ut enligt: 57% slag-na betongpålar, 24% slag-na stålpålar, 14% borrade stålpålar och 5% övriga pålar (Pålkommisionen, 2022).

Betongpålar har genom tiderna varit dominerande i Sverige, och är även idag den vanligaste pålmetoden. De vanligaste förtillverkade betongpålarna har tidigare benämnts SP1, SP2 och SP3. Dessa standardtyper finns inte längre, men benämningarna används fortfarande i branschen (Hercules, 2018). Vilka övriga material som använts har förändrats över tid, pålar av trä var vanligare förr och användandet av stålpålar ökar i modern tid. Beroende på omgivande mark används två olika typer av pålar, friktionspålar och kohesionspålar. Friktionspålar används i friktionsjord såsom sand, grus och morän, och kohesionspålar används i lera (Tudisco och Dahlblom, 2019).

Lastöverföringen från pålarna till marken kan sedan ske på två sätt, med spets- eller mantelburna pålar. När pålarna är spetsbärande innebär det att lasterna överförs vid spetsen av pålen och när pålarna är mantelbärande innebär det att lasterna överförs längs pålens längd. Dessa är två speciella, renodlade, fall. Oftast är lastöverföringen en blandning av de båda (Tudisco och Dahlblom, 2019). Den karakteristiska geotekniska bärförmågan beräknas som summan av den totala mantelbärförmågan och den totala spetsbärförmågan (SGI, 1993b).

2.4.4 Metoder för att begränsa sättningar

Det finns metoder för att begränsa storleken av de sättningar som uppkommer vid byggnation. Två av dessa, vilka tidigare tagits upp, är inblandning av osläckt kalk i lera och pålning. Nedan beskrivs förbelastning och kompensationsgrundläggning vilket är två andra metoder som används. Förbelastning innebär att jorden belastas av en last motsvarande den slutliga lasten innan byggnation påbörjas. Detta medför att de slutliga sättningarna uppstår redan innan byggnaden är på plats. Metoden förutsätter att belastningen sker under tillräckligt lång tid för att den slutliga sättningen ska uppstå (Berg, 2013). Kompensationsgrundläggning innebär att jord schaktas bort och eventuellt återfylls med lättare material så att den slutliga spänningen efter byggnation är lika med den ursprungliga spänningen i jorden. Detta är särskilt lämpligt vid byggnation på lera, då stora sättningar annars är väntade. Metoden kan även användas genom att schakta bort en mängd motsvarande en vikt mindre än byggnadens. Lasten från byggnaden ger då upphov till sättningar, men dessa kan förväntas vara mindre än om schaktning inte genomförts (Busk, 1985).

3 Metod

Livscykelanalyser för grundläggningen av 11 projekt har genomförts och analyserats. Mängden av varje ingående material har listats och deras klimatpåverkan beräknats. Areor för projekten och hur stora laster de ger upphov till har sammanställts för att kunna göra jämförelser och deras aktuella markförhållanden har klassificerats. De projekt som analyserats beskrivs i kapitel 4.1. I de fall projekten grundlagts med pålar har utnyttjandegraden för dessa undersökts.

3.1 Val av projekt

Som tidigare nämnt i kapitel 2.3 är det främst flerbostadshus och småhus som byggs i Sverige. Då projekten valdes ut gjordes ett urval för att vara representativt för Sveriges bostadsbyggande. Ett antal punkthus och ett antal lamellhus valdes ut som representativa för flerbostadshusen, därutöver valdes ett antal småhus. Dessutom önskades hus byggda på varierande markförhållanden grundlagda med och utan pålning.

I detta arbete har punkthus definierats som en byggnad som är hög i förhållande till sin byggnadsarea. Detta innebär en byggnad som har en stor BTA i förhållande till sin BYA. Lamellhus har definierats som lägre huskroppar som är långsträckta i förhållande till sin höjd. Detta innebär att lamellhusen antas ha en större BYA i förhållande till sin BTA än punkthus. Lamellhusen kännetecknas även av att de har en stomme med tydliga inre bärande väggar parallellt med husets kortsida. SCB (2022) definierar småhus som ”... *friliggande en- och tvåbostadshus samt par-, rad- och kedjehus (exklusive fritidshus)*”. I rapporten har de småhus som undersökts varit mindre fristående villor eller radhus med max två våningars höjd, vilka innefattas av SCBs definition.

Arbetet har genomförts i samarbete med Stomkon AB. Stomkon AB är en konstruktionsbyrå med ett 70-tal medarbetare fördelade på fem kontor i Sverige och utför idag små och stora uppdrag i hela Sverige. I genomsnitt utför Stomkon AB 170 uppdrag per år. Stomkon har uppdrag både inom allmän konstruktion och prefabricerade konstruktioner. Många av uppdragen omfattar projekt med en stomme av prefabricerad betong eller stålpelare med betongbjälklag. I detta arbete har Stomkons projektdatabas varit tillgänglig, vilket har lett till ett stort underlag att välja på. Alla projekt som har analyserats i detta arbete har projekterats och dimensionerats av Stomkon.

3.2 Livscykelanalyser

Beräkningen av klimatpåverkan från grunden har genomförts, alla ingående delar har listats och hur stor mängd som projekterats av varje material har dokumenterats. Hur stor klimatpåverkan varje material har per mängdenhet har sedan noterats. Värdet som använts är GWP-GHG för modul A1-A3 i första hand och GWP-total för modul A1-A3 då denna saknats. Den totala klimatpåverkan från varje material har sedan fått genom att multiplicera mängden material med klimatpåverkan per mängdenhet för materialet.

3.2.1 Konstruktionsdelar som inkluderas

I klimatkalkylen har klimatavtrycket från alla ingående material delats upp efter konstruktionsdel. De konstruktionsdelar som inkluderats är grundplatta, kantbalk, pälår, väggar och platta för hissgrop samt motfyllda väggar. För varje konstruktionsdel redovisas mängden koldioxidekvivalenter för varje material separat. De material som redovisats är betong, armering, antal pälår, isolering, markduk och makadam. Mängder och volymer som använts i beräkningarna har hämtats från 3D-modeller modellerade i Revit.

Rör och installationer har inte inkluderats i beräkningarna. Inte heller har spill, energi eller transporter tagits med. Detta eftersom det exakta värdet för dessa inte är känt och en uppskattning inte bidrar till större exakthet i resultaten. Transporter och bygg- och installationsprocessen utgör modul A4-A5 i livscykelanalysen. Detta innebär att det är modul A1-A3 som inkluderats i beräkningarna.

I de fall då delar under mark tätats utvändigt med polymerasfaltsmatta eller dylikt har denna bortsetts från. Utkragande tjälisolering har inte heller tagits med. Detta eftersom de utgör en mycket liten del av den totala klimatpåverkan, samt att tjälisoleringen är platsberoende.

3.2.2 Area

För att kunna jämföra resultatet från beräkningarna har brutto- och byggnadsarean för de olika projekten beräknats. Bruttoarean har i första hand hämtats från arkitekturritningar, i andra hand uppskattats utifrån de konstruktionsritningar som funnits tillgängliga. Då bruttoarean för ett projekt med känt bruttoarea beräknades visade sig dessa överensstämma mycket väl, därför antas uppskattningarna vara en metod som ger ett värde tillräckligt nära det verkliga. Byggnadsarean har beräknats enligt anvisningar i Boverket (2023a).

3.2.3 Laster/lastnedräkning

En sammanställning av lasterna för varje hus har gjorts, detta för att undersöka 'last' som jämförelsetal för de olika projekten. I rapporten är det den dimensionerande brottlasten som avses om inte annat skrivs. Generellt har två olika metoder använts för att få den totala lasten från huset. För många av de projekt som pålats var en FEM-beräkning utförd under projekteringen. Där var alla laster inlagda och pålar modellerade som enda upplag. Den totala lasten för varje enskilt hus togs då fram genom att summera reaktionskraften för pålarna i modellen. För de projekt som inte var pålade, samt de som saknade FEM-modell, användes en annan metod. För dessa projekt var de laster som verkade på kantbalkarna under de bärande väggarna summerade i lastnedräkningen som använts vid dimensioneringen av huset. Denna last multiplicerades med respektive kantbalks längd för att på så sätt få den totala reaktionslasten, vilken antogs motsvara tyngden från huset.

3.2.4 Klassificering av markförhållanden

De aktuella markförhållandena för de olika projekten har grovt delats in i tre klasser, där 1 är bäst och 3 är sämst. Dessa baserades på indelningen som Trafikverket (2018) gör i sin Geokalkyl, vilken redovisas i Bilaga A. Som indata har jordartsfördelningen som uppges i den geotekniska undersökningen samt SGUs jordarts-, borrhål- och brunnkartor (SGU, 2020a) använts. Markförhållandena har delats in enligt Tabell 4.2 i kapitel 4.1.12.

3.2.5 Utnyttjandegrad pålar

Utnyttjandegraden för pålarna beräknades genom att den aktuella lasten dividerades med pålens kapacitet. Den aktuella lasten har i alla fall utom ett tagits från de FEM-beräkningar som tidigare nämnts där pålarna modellerats som enda upplag. Pålarna har dimensionerats av en extern pålleverantör och den exakta kapaciteten är inte känd, den kapacitet som använts är istället den last som uppgetts till pålleverantören att dimensionera för. För det projekt där lasten för varje specifik påle inte var känd har istället den totala lasten dividerats med antalet pålar för att på så sätt få en genomsnittlig utnyttjandegrad för pålarna i projektet.

3.3 Modifikationer

3.3.1 Alternativa utföranden

För vissa av projekten har alternativa grundläggningar analyserats. Detta har exempelvis skett då projektet har grundlagts med pålar men den geotekniska undersökningen visat att grundläggning kunnat ske utan pålar om byggnadens egentyngd varit mindre. Dessa redovisas i resultaten med en asterisk efter projektnumret och beskrivs vidare i del 4.1.

3.3.2 Borttagning av källare/motfyllda väggar

För projekten med källare/motfyllda väggar har det undersökts hur resultatet förändrats om grundläggningen hade utförts utan källare/motfyllda väggar.

För projekten med källare har detta förenklats genom att anta att samma hus utförts identiskt, men utan källarplanet. Eftersom husen antogs ha en våning mindre än det ursprungliga utförandet har motsvarande area subtraherats från den tidigare bruttoarean och den totala lasten från huset reducerats med en last motsvarande ett våningsplan.

För Projekt 8, 10 och 11 där några av väggarna var motfyllda antogs dessa ha samma grundläggning som tidigare, men att marken mot de motfyllda väggarna schaktats bort. På så sätt hade väggarna inte behövt dimensioneras för jordtrycket som uppstår. Arean har inte reducerats i dessa fall. Även lasterna antogs vara lika stora som tidigare.

4 Resultat och analys

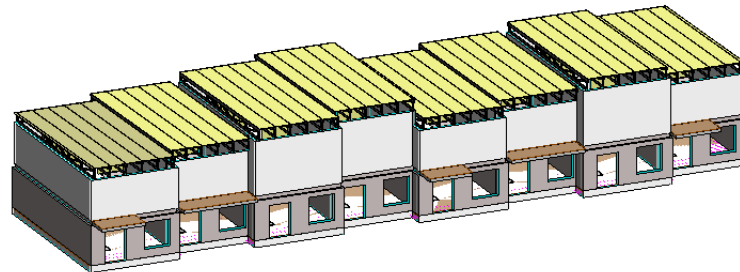
I detta kapitel presenteras de analyserade projekten och information om dessa, resultat från livscykelanalyser och en skattning på grundläggningens andel av klimatpåverkan för en hel byggnad. Även utnyttjandegraden för pålarna presenteras.

4.1 Analyserade projekt

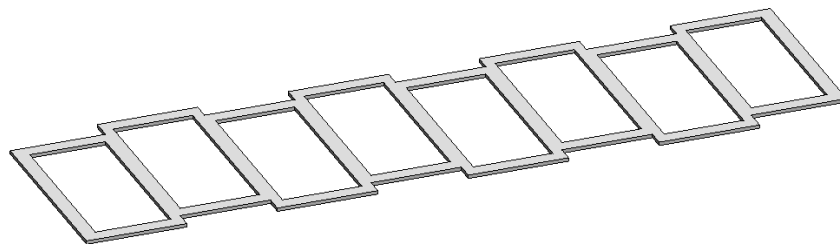
De analyserade projekten beskrivs här. Samtliga figurer på projekt och deras grundläggningar i detta kapitel har tillhandahållits av Stomkon. Information om pålarnas placering visas i pålplan i Bilaga C.

4.1.1 Projekt 1

Projekt 1 är ett radhus med två våningar beläget i Laholm. Enligt den geotekniska undersökningen består marken av sand ner till cirka 5 meters djup, följt av lera. Byggnaden tillhör geotekniska kategori 1. Den grundläggs med en kantförstyvad platta på mark. Projekt 1 kan ses i Figur 4.1 samt dess grundläggning i Figur 4.2.



Figur 4.1: 3D-ritning över Projekt 1.



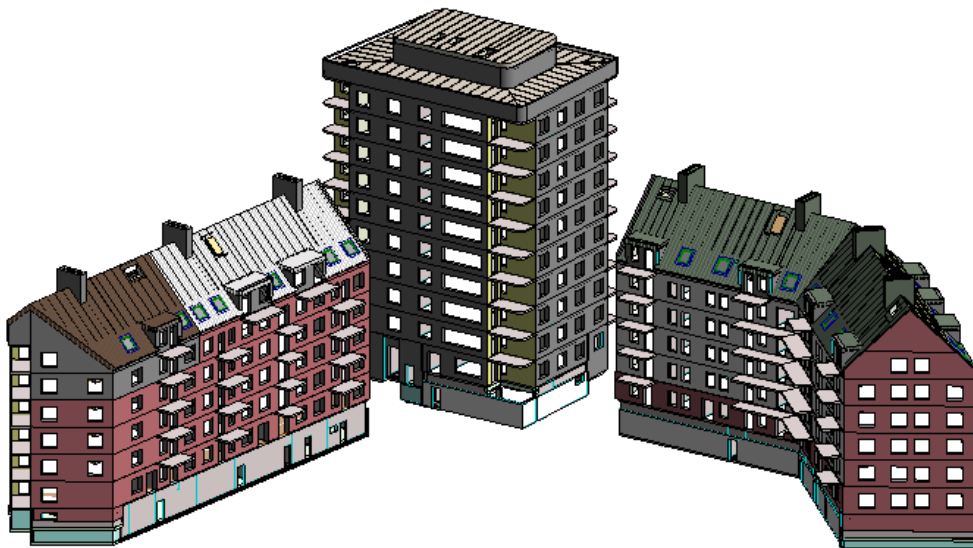
Figur 4.2: Grundläggningen för Projekt 1.

4.1.2 Projekt 2-4

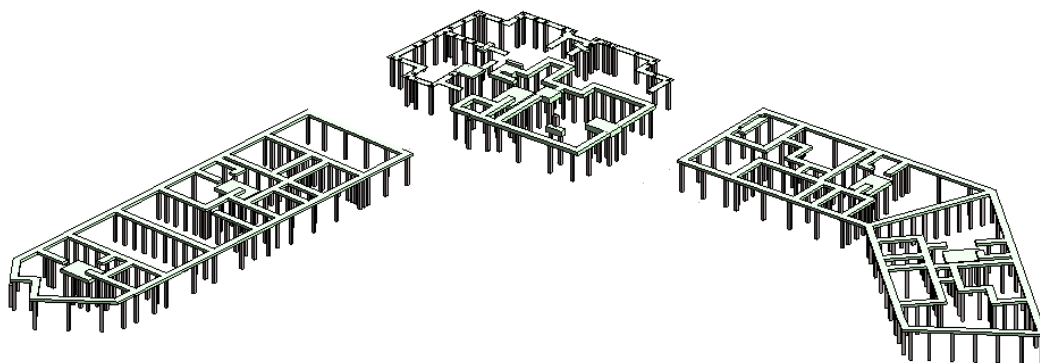
Projekt 2-4 är belägna i Västerås. Projekten ingår i ett större projekt vilket består av fyra flerbostadshus i form av ett punkthus med 11 våningar, två lamellhus med 7 våningar vardera, samt ett mindre hus med 3 våningar. Det är punkthuset och lamellhusen som inkluderats i analysen, för dessa har källarplanen inkluderats.

Husen är placerade runt en innergård, under denna samt alla huskroppar finns en gemensam källare. Under punkthuset och lamellhusen består källaren av förråd och dylikt, under innergården och radhuset rymmer den ett garage. Vid analys av projekten tas inte garaget med i beräkningarna, däremot tas källarplanet under husen med, detta för att bättre kunna jämföra mot andra projekt. Varje hus räknas separat och som om garaget inte funnits, vilket innebär att väggar som ligger mot garaget antas vara armerade som om de vore motfyllda. Det mindre huset har inte inkluderats i analysen eftersom det är placerat ovanpå garaget och grundläggningen därför är dimensionerad även för garaget, varför grundläggningen inte anses representativ. Inkluderat i fallstudien hade detta hus troligen gett upphov till en stor avvikelse i resultaten varför huset uteslutits. Det är därför endast punkt- och lamellhusen som inkluderas i studien.

Enligt den geotekniska undersökningen för området består jordlagerföljden av cirka 1 meter äldre fyllnadsmaterial följt av lera med djup varierande mellan 6 och 13 meter. Byggnaderna tillhör geoteknisk kategori 2. De grundläggs på fribärande platta som vilar på kantbalkar vilka bärs upp av spetsbärande pålar i betong. Husens placering visas i Figur 4.3 och husens grundläggning i Figur 4.4.



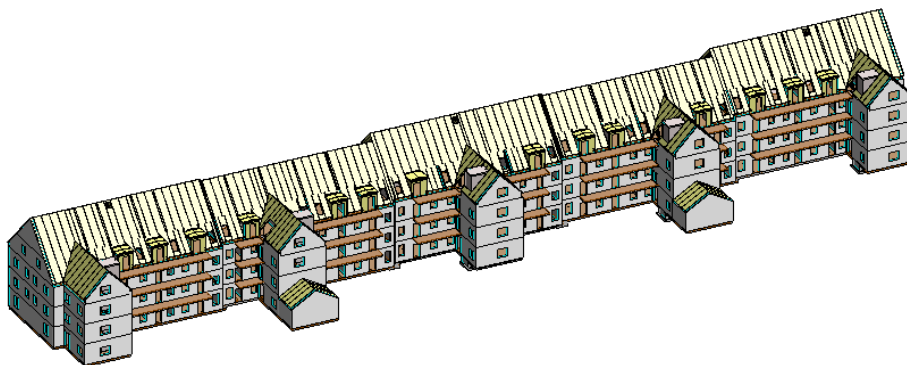
Figur 4.3: 3D-ritning över Projekt 2-4. Till vänster: Projekt 2 - lamellhus; i mitten: Projekt 3 - punkthus; till höger: Projekt 4 - lamellhus



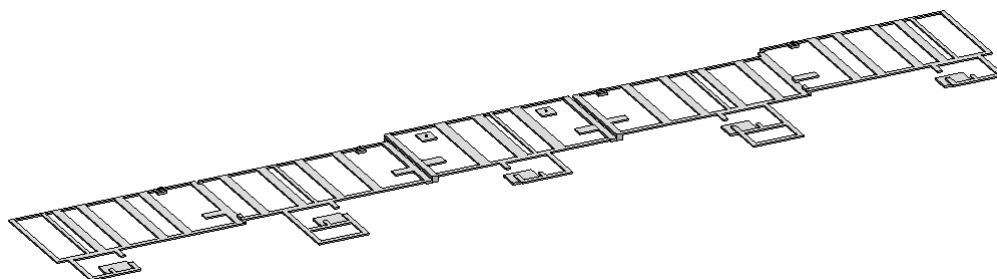
Figur 4.4: Grundläggningen för Projekt 2-4. Till vänster: Projekt 2 - lamellhus; i mitten: Projekt 3 - punkthus; till höger: Projekt 4 - lamellhus

4.1.3 Projekt 5

Projekt 5 är ett lamellhus i Sigtuna med fyra våningar. Enligt den geotekniska undersökningen består marken av cirka 2,5 meter sandig siltig morän på berg. Byggnaden tillhör geoteknisk kategori 2. Grundläggningen består av en fribärande bottenplatta med längsgående grundsulor under bärande väggar. I Figur 4.5 visas lamellhusets utformning och i Figur 4.6 visas lamellhusets grundläggning. Vid tiden för analysen var detta projekt fortfarande stämplat som förfrågningsunderlag, den slutgiltiga dimensioneringen är således ännu inte fastställd. Då samtliga övriga fall i rapporten är från projekteringshandlingar antas analysen inte skilja sig nämnvärt från övriga projekt, varför resultatet antas vara tillräckligt nära för att användas.



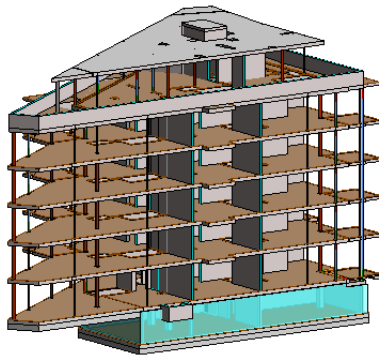
Figur 4.5: 3D-ritning över Projekt 5.



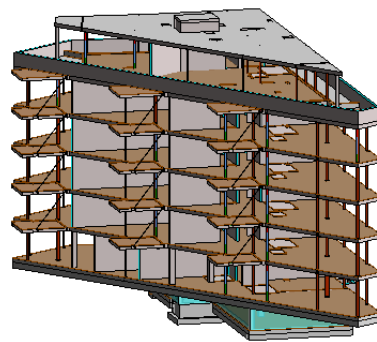
Figur 4.6: Grundläggningen för Projekt 5.

4.1.4 Projekt 6

Projekt 6 är ett lamellhus med 7 våningar, inklusive källarplan, byggt i centrala Karlstad. Detta projekt kan ses vara ett mellanting mellan lamellhus och punkthus, men har valts att klassificeras som lamellhus i denna studie. En geoteknisk undersökning gjord år 1985 visar att marken under ett inledande matjords- och fyllnadslager består av finsand ner till ca 4 meters djup, därefter övergår den till mellansand med varierande lagring. Jorddjupet uppges vara minst 20 meter. Byggnaden tillhör geoteknisk kategori 2 och dess grundläggning består av fundament vilandes på slagna stålrörspålar. Projektet kan ses i Figur 4.7 och byggnadens grundläggning visas i Figur 4.8. Byggnaden har ett källarplan under en del av byggnadens yta. Detta kan ses i Figur 4.8, där de motfyllda väggarna ses i blått.

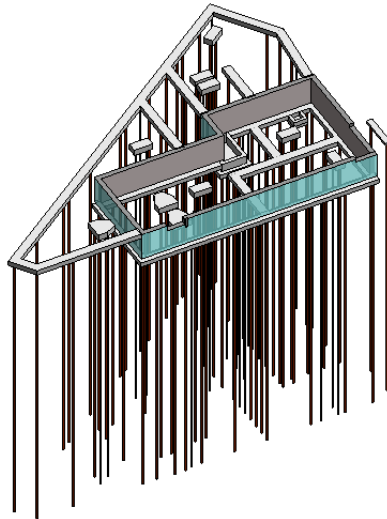


(a) 3D-ritning över Projekt 6.



(b) 3D-ritning över Projekt 6.

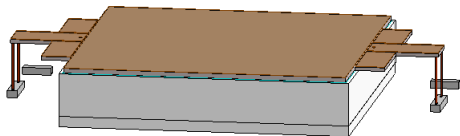
Figur 4.7: Projekt 6



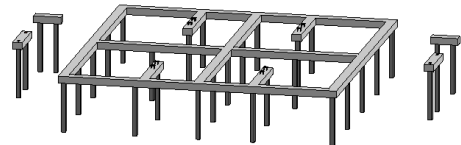
Figur 4.8: Grundläggningen för Projekt 6.

4.1.5 Projekt 7

Projekt 7 är ett 2 våningar högt hus i Göteborg, se Figur 4.9a. Figur 4.9a visar husets första våning. Enligt den geotekniska undersökningen består marken av ca 1,5 meter fyllning följt av ca 2 meter torrskorpelera som därefter övergår till ca 10-20 meter lera. Efter leran följer friktionsjord eller berg. Grundläggningen består av längsgående betongbalkar under grundplattan samt betongpålar. Byggnadens grundläggning visas i Figur 4.9b.



(a) 3D-ritning över Projekt 7.



(b) Grundläggningen för Projekt 7.

Figur 4.9: Projekt 7.

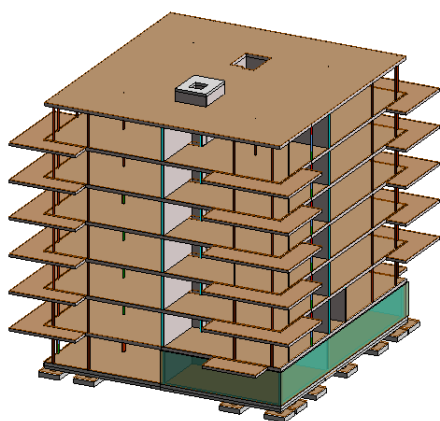
4.1.6 Projekt 7*

I den geotekniska undersökningen för Projekt 7 uppges att grundläggning kan utföras utan pålning om den totala lasten från byggnaden, eventuell grundvattensänkning och överbyggnad inte överstiger 15 kPa. Det har därför undersökts hur klimatpåverkan från grundläggningen påverkats av om samma hus byggts med en lättare stomme. Detta har utförts genom att ett projekt har skapats som är identiskt med Projekt 7 förutom att pålarna exkluderats vid beräkning av klimatpåverkan. Vid redovisning av resultat har detta projekt benämnts *Projekt 7**. För att kunna göra jämförelser med den nya totala lasten har denna beräknats genom att de innerväggar samt mellanbjälklag som i verkligheten utförts i betong istället antagits utförts med träregelstomme.

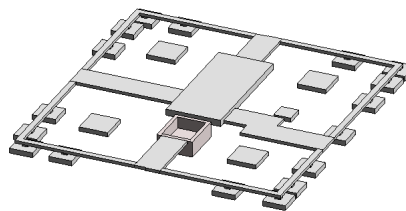
4.1.7 Projekt 8

Projekt 8 är ett punkthus med 8 våningar i Sigtuna, se Figur 4.10a. Enligt den geotekniska undersökningen består marken av ett 0,3-1,9 meter tjockt lager sandig friktionsjord på berg. Detta lager har schaktats bort och ersatts av kontrollerade massor. Byggnaden tillhör geoteknisk kategori 2.

Byggnaden grundläggs med en jämntjock lastspidande bottenplatta med längsgående kantbalkar vilande på grundsulor. Grundläggningen visas i Figur 4.10b. Byggnaden har också motfyllda väggar runt halva byggnaden, vilka ses i blått i Figur 4.10a.



(a) 3D-ritning över Projekt 8.

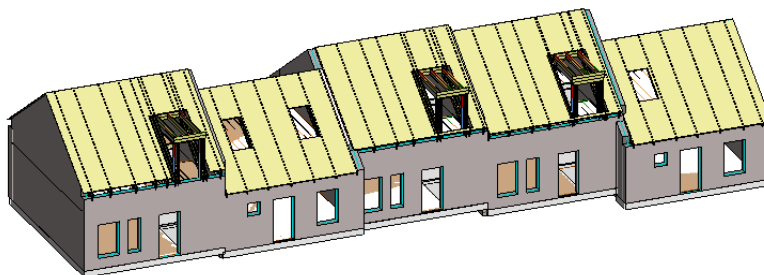


(b) Grundläggningen för Projekt 8.

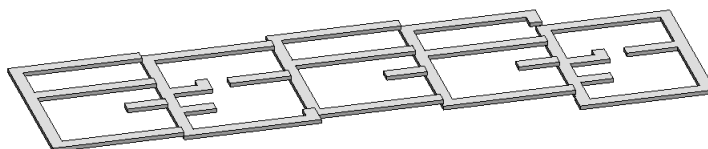
Figur 4.10: Projekt 8.

4.1.8 Projekt 9

Projekt 9 är ett radhus med 2 våningar i Simrishamn. Enligt den geotekniska undersökningen består marken av lera och lermorän ner till cirka 1-3,5 meters djup, följt av sand. Byggnaden tillhör geoteknisk kategori 2 och grundläggs med en kantförstyvad platta på mark. Projekt 9 och dess grundläggning visas i Figur 4.11 respektive Figur 4.12.



Figur 4.11: 3D-ritning över Projekt 9.

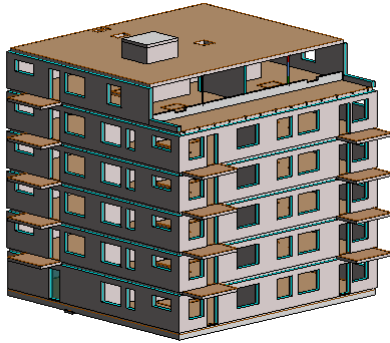


Figur 4.12: Grundläggningen för Projekt 9.

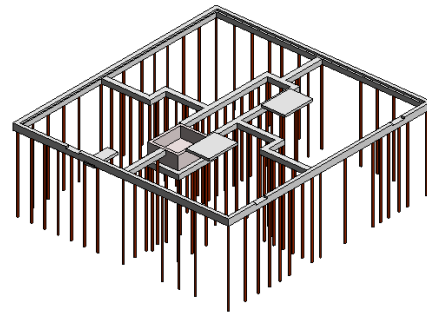
4.1.9 Projekt 10

Projekt 10 är ett punkthus med 6 våningar beläget i Stenungsund, se Figur 4.13a. Enligt den geotekniska undersökningen varierar djupet till berg mellan 0-13 meter under markytan, där jorden består av cirka 1 meter fyllnadsmaterial följt av siltig lera. Byggnaden tillhör geoteknisk kategori 2.

Punkthuset grundläggs på en fribärande platta som vilar på kantbalkar vilka bärs upp av stålplålar. Byggnaden har också en motfylld vägg. Grundläggningen visas i Figur 4.13b.



(a) 3D-ritning över Projekt 10.



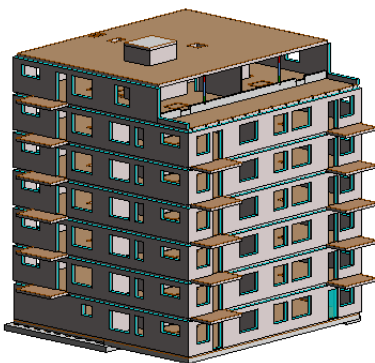
(b) Grundläggningen för Projekt 10.

Figur 4.13: Projekt 10.

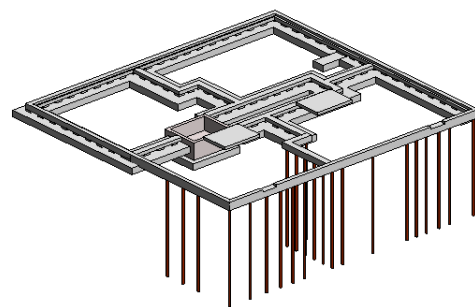
4.1.10 Projekt 11

Projekt 11 är ett punkthus med 7 våningar beläget i Stenungsund, se Figur 4.14a. Detta projekt är beläget bredvid Projekt 10 och därför är markförhållandena liknande detta projekt. Skillnaden är att bergytan här ligger närmre markytan, på vissa ställen med berg i dagen. På grund av detta behövde inte byggnaden pålas överallt. Byggnaden tillhör geoteknisk kategori 2.

Punkthuset grundläggs på en fribärande platta som vilar på kantbalkar. Även denna byggnad har en motfylld vägg. Kantbalkarna bärs för en del av byggnaden upp av stålplålar. Grundläggningen visas i Figur 4.14b.



(a) 3D-ritning över Projekt 11.



(b) Grundläggningen för Projekt 11.

Figur 4.14: Projekt 11.

4.1.11 Projekt 11*

Det analyserades hur stor grundläggningens klimatpåverkan för Projekt 11 hade blivit om det utförts utan pålning. Detta antas kunna genomföras genom att schakta bort all jord ovan berg för att sedan grundlägga direkt på berget med eventuell sprängning och återfyllning. I det verkliga fallet grundlades cirka halva huset med sulor direkt på berget och halva med kantbalk vilandes på spetsburna pålar. För det modifierade fallet antas all grundläggning vara identisk med den som använts vid grundläggning direkt på berg för det verkliga fallet. Det är i övrigt identiskt med Projekt 11 och benämns Projekt 11* vid redovisning av resultat.

4.1.12 Sammanställning och klassificering av markförhållanden

Projektens areor och de laster grunden dimensionerats för har tagits fram och visas i Tabell 4.1. Även vilken typ av hus de olika projekten tillhör, antalet plan och om projekten är grundlagda med pålar visas. De aktuella markförhållandena har sammanställts och klassificerats. Dessa har delats in enligt Tabell 4.2, vilken även visar den aktuella jordarten enligt jordartskartan från SGU (2020a) samt vilken geoteknisk terrängklass detta motsvarar enligt Trafikverket (2018), se Bilaga B. För projekten som har grundlagts med pålar har pålarnas typ och längd sammanställts i Tabell 4.3.

Tabell 4.1: Sammanställning av information om de olika projekten

Projekt	Typ av hus	Antal plan	Grundlagd med pålar	BYA [m ²]	BTA [m ²]	Laster [kN]
Projekt 1	Småhus	2	Nej	514	1 029	15 532
Projekt 2	Lamellhus	7	Ja	511	3 131	73 218
Projekt 3	Punkthus	11	Ja	350	3 877	69 238
Projekt 4	Lamellhus	7	Ja	593	3 628	84 261
Projekt 5	Lamellhus	4	Nej	2 058	7 560	141 019
Projekt 6	Lamellhus	7	Ja	388	2 254	36 558
Projekt 7	Småhus	2	Ja	266	547	8 113
Projekt 7*	Småhus	2	Nej	266	547	4 824
Projekt 8	Punkthus	7	Nej	404	2 556	40 778
Projekt 9	Småhus	2	Nej	277	389	9 244
Projekt 10	Punkthus	6	Ja	337	1 877	36 215
Projekt 11	Punkthus	7	Ja	337	2 190	40 196
Projekt 11*	Punkthus	7	Nej	337	2 190	40 196

Tabell 4.2: Sammanställning av klassificering av markförhållanden

Projekt	Jordart enligt SGU (2020a)	Geoteknisk terrängklass enligt Trafikverket (2018)	Klass
Projekt 1	Postglacial finsand	FRK	2
Projekt 2	Postglacial finlera	GTK3	3
Projekt 3	Postglacial finlera	GTK3	3
Projekt 4	Postglacial finlera	GTK3	3
Projekt 5	Sandig morän	MN1	1
Projekt 6	Älvsediment, sand	FRK	2
Projekt 7	Glacial lera	GTK4	3
Projekt 7*	Glacial lera	GTK4	3
Projekt 8	Urberg	B	1
Projekt 9	Moränfinlera	GTK2	2
Projekt 10	Glacial finlera och urberg	GTK2/B	2
Projekt 11	Glacial finlera och urberg	GTK2/B	2
Projekt 11*	Glacial finlera och urberg	GTK2/B	2

Tabell 4.3: Sammanställning av information om pålar

Projekt	Typ av pålar, samt dimension	Längd pålar [m]	Antal pålar
Projekt 2	Betongpålar PP2 270x270	11,5	113
Projekt 3	Betongpålar PP2 270x270	11,5	96
Projekt 4	Betongpålar PP2 270x270	11,5	140
Projekt 6	Stålpålar RR140/10	25,0	93
Projekt 7	Betongpålar P1 235x235	30,0	33
Projekt 10	Stålpålar RD140/8 och RR140/8	6,5	24 resp. 74
Projekt 11	Stålpålar RD140/8	2,5	25

4.1.13 Val av indata

Varifrån värdet för klimatpåverkan för olika material har hämtats visas i Tabell 4.4.

Tabell 4.4: Indata material

Material	Varifrån värdet för klimatpåverkan är hämtat	Kommentar
Betong	Medelvärde EPD, se Tabell 4.5	Medelvärde för ej klimatförbättrad betong framtaget utifrån EPD:er, se Kapitel 4.1.13.
Armering	EPD	CELSA antagen som leverantör. Mängd lösarmering hämtad från armeringsspecifikationer, mängd nätarmering uppskattad genom att ett näts vikt multiplicerades med grundplattans yta dividerad med ett näts täckande yta.
Isolering EPS	EPD	Den EPD som använts för EPS-isoleringen täcker flera vanligt förekommande leverantörer av denna typ av isolering. Volym beräknad genom isolerskiktets tjocklek multiplicerat med aktuell bottenplattas area.
Isolering XPS	EPD	Volym beräknad på samma sätt som för EPS.
Isolering dränerande	Boverkets generiska data	Den typ som användes var skivor bestående av kulor av EPS vilka sammanfogats med bitumenbaserat lim. EPD för liknande material saknas. Boverkets generiska värde för EPS har antagits vara ett representativt värde eftersom materialet främst består av EPS och att straffaktorn för det generiska värden antas täcka in bitumenlimmet. Klimatpåverkan beräknas genom att volymen för den dränerande isoleringen multipliceras med dess densitet och generiska värdet för EPS. Densiteten sattes till 20 kg/m^3 .
Makadam	EPD	Skanska antas representativ, tre krossteg. Volym beräknad genom tjocklek för makadam multiplicerad med aktuell bottenplattas area.
Markduk	EPD	Markduken antas ha samma area som bottenplattan. EPD som uppfyller kraven antas representativ.

Jämförelse betong

Ett medelvärde för betong från ett flertal olika leverantörer har tagits fram och använts eftersom betongleverantör inte var känd. De EPD:er för betong som funnits tillgängliga via Næringslivets Stiftelse for miljødeklarasjoner (2023) har sammanställts och jämförts med varandra. EPD:erna har delats upp efter betongkvalitet och vattencementtal. Två medelvärden har beräknats, ett där klimatförbättrade betonger har inkluderats och ett där det inte gjorts, se Tabell 4.5. Där inkluderas även Boverkets generiska data för jämförelse. Värdena anges i kilogram koldioxidekvivalenter per kubikmeter betong. Medelvärdena där den klimatförbättrade betongen uteslutits har använts vid beräkningarna. Detta eftersom information om betongval saknades och dessa medelvärden ses ligga nära det typiska värdet från Boverket.

Tabell 4.5: Klimatpåverkan redovisad i kgCO₂e/m³ för olika betongtyper

Betongtyp	C30/37 vct 0,50	C30/37 vct 0,55	C35/45 vct 0,40	C40/50 vct 0,55
Medelvärde med klimatförbättrade	253,82	226,21	320,42	359,67
Medelvärde utan klimatförbättrade	273,73	269,83	335,26	379,5
Boverkets generiska data, konservativt värde	340,75	340,75	383,05	411,25
Boverkets generiska data, typiskt värde	272,6	272,6	305,5	329

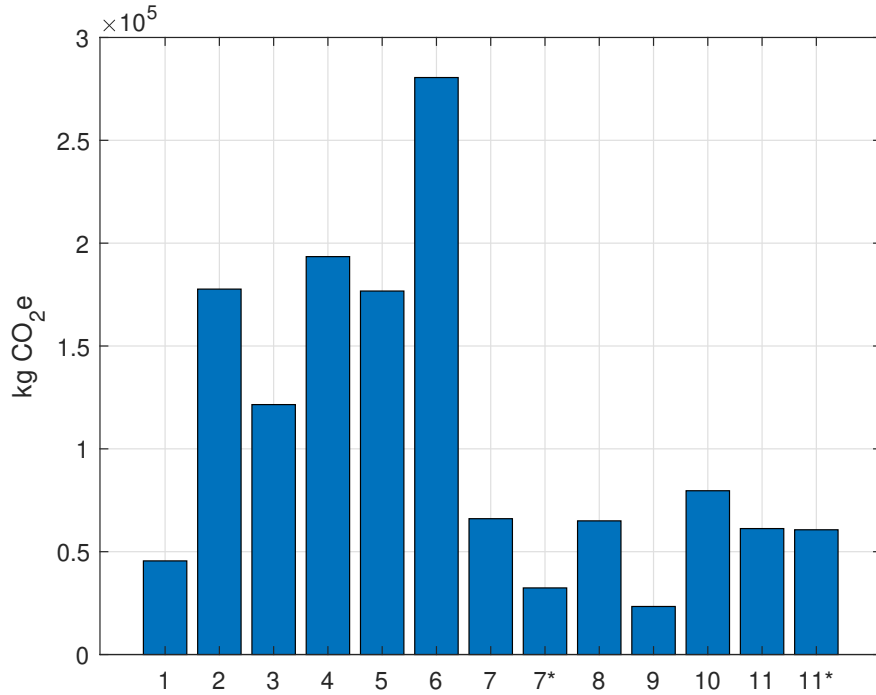
4.2 Livscykelanalyser

Resultat från genomförda livscykelanalyser redovisas i avsnitt 4.2.1. Därefter följer en analys av källarväggar, skattning av pålarnas andel av den totala klimatpåverkan för hela huset samt pålarnas utnyttjandegrad.

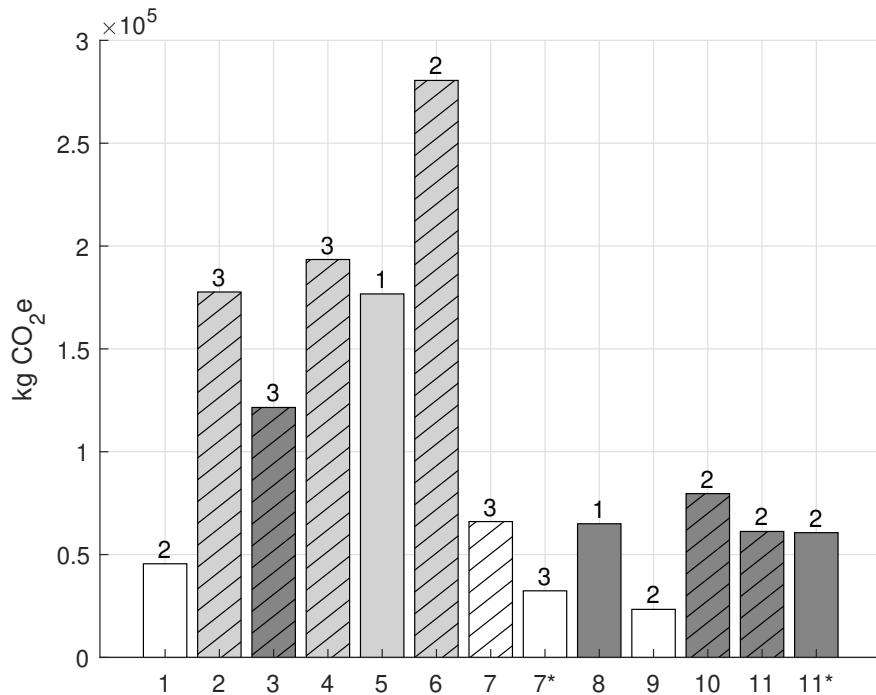
4.2.1 Klimatpåverkan

Den totala klimatpåverkan redovisad som kilogram koldioxidekvivalenter från grundläggningen för varje projekt visas i Figur 4.15. I Figur 4.16 redovisas klimatpåverkan med förtydligande om vilka projekt som pålats, vilken typ av hus projekten är samt klassificering av projektens markförhållanden enligt Tabell 4.2.

I Figur 4.15 syns en stor skillnad mellan Projekt 7 och 7*, där klimatpåverkan halverades då grundläggningen utfördes utan pålning. För Projekt 11 och 11* är klimatpåverkan nästan oförändrat. Anledningen till att skillnaden är större för Projekt 7 antas vara att det är ett småhus med två våningar och att pålarna därför utgör en större del av grundens klimatpåverkan. Projekt 11 däremot är ett punkthus där cirka halva huset var pålat, varför skillnaden då pålarna tas bort inte är lika stor. Värt att nämna är även längden på pålarna, pålarna för Projekt 7 är i genomsnitt 30 meter långa medan pålarna för Projekt 11 bara är ca 2,5 meter i genomsnitt.



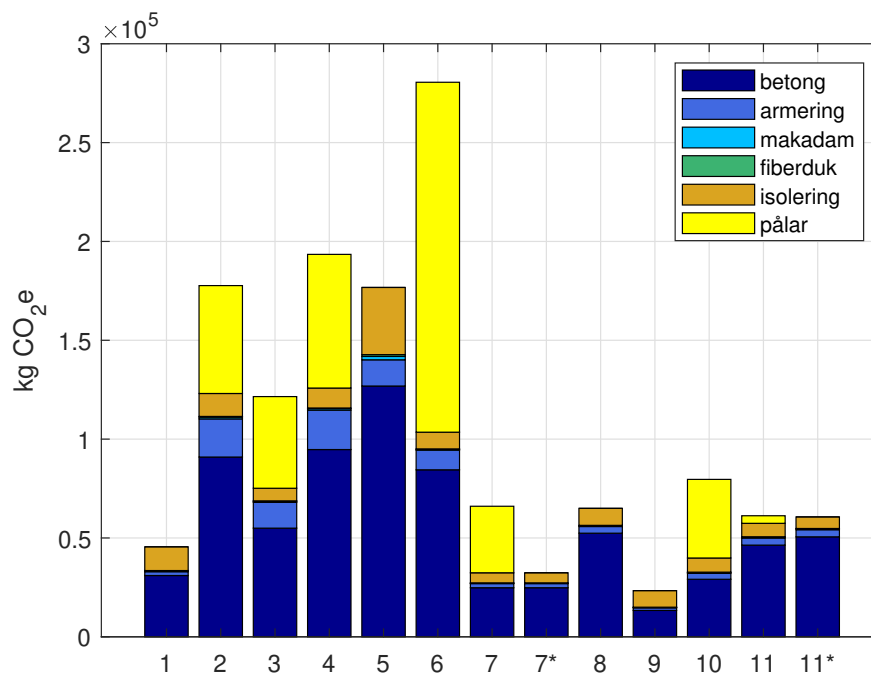
Figur 4.15: Klimatpåverkan av grundläggningen.



Figur 4.16: Grundläggningens klimatpåverkan för de olika projekten. Staplar för småhus, lamellhus och punkthus ses i vitt, ljusgrått respektive mörkgrått. Projekt som grundlagts med pålar har skrafferade staplar, siffror över staplar anger markens klass enligt Tabell 4.2.

Hur stor andel varje typ av material utgör av grundläggningens totala klimatpåverkan för varje projekt för sig visas i Bilaga A. Alla pålar redovisas här under pålar oavsett tillverkningsmaterial. För tydliggörande har även sammanställningar av alla projekt gjorts. Figur 4.17 visar hur stor andel varje material utgör för alla projekt. Sammanställningar där varje hustyp redovisas för sig, sammanställning för lamellhus, småhus och pålade och opålade punkthus, visas i Figur 4.18, 4.20, 4.19 respektive 4.21. Eftersom endast ett småhus var pålat har detta bortsetts ifrån vid sammanställningen i Figur 4.20, på samma sätt har det enda opålade lamellhuset bortsetts ifrån i Figur 4.18.

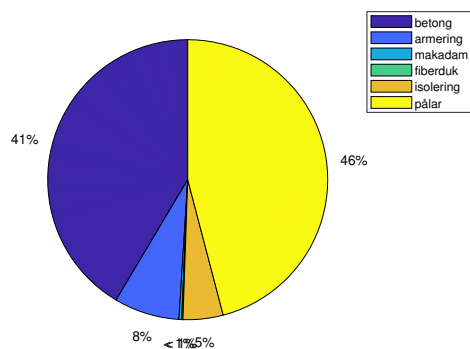
I Figur 4.17 kan tydligt ses att betongen tillsammans med pålarna utgör den allra största delen av grundläggningarnas klimatpåverkan. För projekt grundlagda med pålar varierar andelen de båda utgör, men i genomsnitt utgör pålarnas klimatpåverkan lika stor andel som betongens. För de projekt som inte pålats utgör betong fortfarande den största delen men armeringen ses utgöra en större andel än för de projekt som pålats. Detta beror på att mängden armering är samma men att den totala klimatpåverkan är mindre och att andelen från armeringen därför blir större.



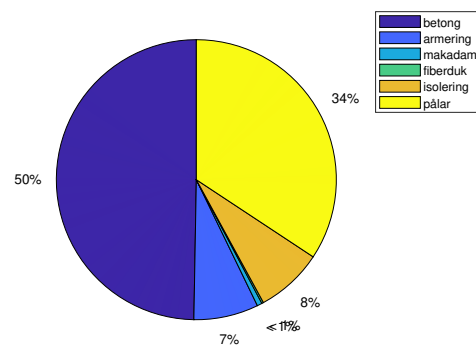
Figur 4.17: Fördelning av materialens klimatpåverkan, sammanställning av alla projekt.

Då Figur 4.18 jämförs med Figur 4.19 ses att fördelningen liknar varandra. För de båda utgör pålar och betong den största delen av klimatpåverkan, men fördelningen mellan de båda varierar. Att den del som pålarna står för är högre för lamellhus skulle kunna bero på att Projekt 6 drar upp snittet. Detta eftersom pålarna kan ses utgöra en väldigt stor andel för detta projekt vilket härleds till att dessa pålar är mycket längre än övriga projekts pålar.

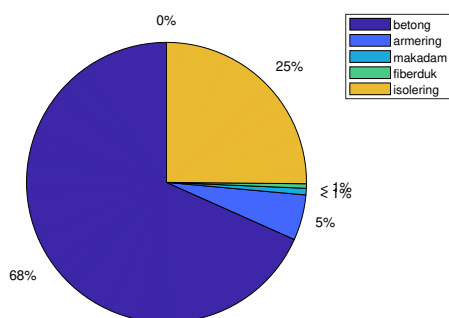
Då de projekt som inte pålats jämförs med avseende på byggnadstyp ses att isoleringen utgör en större andel av småhus klimatpåverkan än punkthus, se Figur 4.20 och 4.21. Detta antas bero på att mängden betong är mindre då grundplattans tjocklek är mindre för ett småhus än ett punkthus.



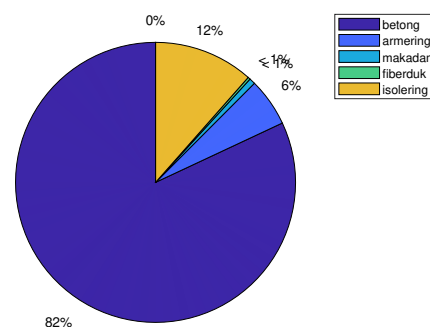
Figur 4.18: Fördelning av materialens klimatpåverkan för pålade lamellhus.



Figur 4.19: Fördelning av materialens klimatpåverkan för pålade punkthus.



Figur 4.20: Fördelning av materialens klimatpåverkan för opålade småhus.



Figur 4.21: Fördelning av materialens klimatpåverkan för opålade punkthus.

4.3 Vidare analys

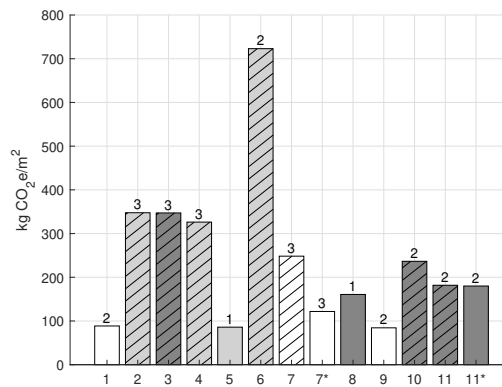
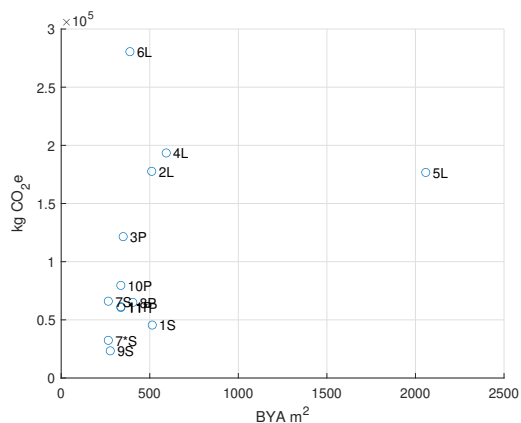
4.3.1 Jämförelser

Projektens klimatpåverkan per BYA, BTA, BTA/BYA och last har undersökts och redovisas i Figur 4.22 - 4.25.

Då jämförelser per både BYA och BTA görs mellan pålning och de olika hustyperna kan det ses att de hus med lägst klimatpåverkan oavsett typ är de som inte pålats, se Figur 4.22 respektive 4.23. Störst skillnad mellan de pålade och opålade husen ses för lamellhus, men detta kan bero på att Projekt 6 har en hög klimatpåverkan. Om detta projekt bortses ifrån ses dock fortfarande mer än en halvering av klimatpåverkan för projektet som inte pålats. Det lamellhus som inte pålats, Projekt 5, har en låg klimatpåverkan per både BYA och BTA. Detta antas bero på dels att markförhållandena varit så goda att ingen pålning krävts, dels att projektet har stor BTA och BYA. Även för småhus syns en tydlig skillnad, dock syns inte särskilt stor skillnad mellan de punkt-hus som pålats och inte. Detta antas bero på att punkthusens höga BTA gör att den höjda klimatpåverkan pålarna medför blir mindre sett till husets bruttoarea.

Det har tidigare tagits upp att pålarnas längd påverkar projektets totala klimatpåverkan. Detta syns tydligt då de pålade projektens klimatpåverkan per BTA jämförs med varandra, de projekt med längst pålar har även högst klimatpåverkan per BTA, se Figur 4.23 samt Tabell 4.3.

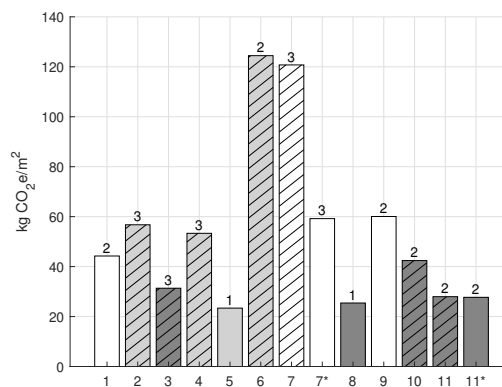
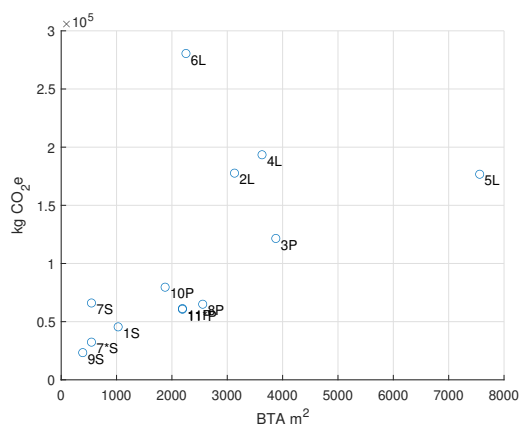
Det kan ses i Figur 4.22 och 4.23 att Projekt 6 har högst klimatpåverkan per både BYA och BTA. Detta antas bero på att projektet är grundlagt på 25 m långa slagna stålrörspålar vilka utgör en stor del av grundläggningens klimatpåverkan. Projekt 7 har däremot en hög klimatpåverkan per BTA, men per BYA är den mycket lägre, jämför Figur 4.23 och 4.22. Detta antas bero på att projektet har väldigt låg BTA per BYA, eftersom det bara har två våningar. Vid jämförelse med BYA ser det därför ut som att projektet har en låg klimatpåverkan, trots att så inte är fallet. Av denna anledning bör klimatpåverkan per BYA analyseras tillsammans med klimatpåverkan per BTA för att på så sätt ta hänsyn till husets geometri.



(a)

(b)

Figur 4.22: a) Grundläggningens klimatpåverkan mot BYA (småhus, lamellhus och punkthus markerade med S, L respektive P); b) Grundläggningens klimatpåverkan per BYA. Staplar för småhus, lamellhus och punkthus ses i vitt, ljusgrått respektive mörkgrått. Staplar som grundlagts med pålar har skrafferade staplar, siffror över staplar anger markens klass enligt Tabell 4.2.



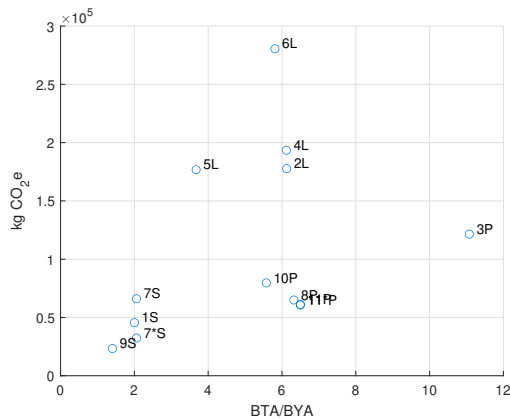
(a)

(b)

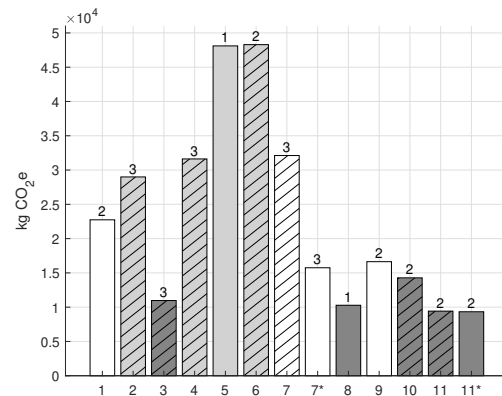
Figur 4.23: a) Grundläggningens klimatpåverkan mot BTA (småhus, lamellhus och punkthus markerade med S, L respektive P); b) Grundläggningens klimatpåverkan per BTA. Staplar för småhus, lamellhus och punkthus ses i vitt, ljusgrått respektive mörkgrått. Staplar som grundlagts med pålar har skrafferade staplar, siffror över staplar anger markens klass enligt Tabell 4.2.

För att kunna ta hänsyn till projektens BTA och BYA samtidigt undersöktes projektens klimatpåverkan mot kvoten BTA per BYA, se Figur 4.24.

BTA per BYA kan ses som utnyttjande av markanspråk, vilket i normala fall korrelerar väl med antal våningar. Ett hus med många våningar får då en hög BTA per BYA, och en lägre klimatpåverkan per BTA/BYA. Den typ av hus som då ger lägst klimatpåverkan är punkthus, vilka har en hög BTA per BYA. Detta ses även i Figur 4.24, där punkthusen ses ha lägst klimatpåverkan. Störst skillnad ses för lamellhus, vilka har lägre BTA per BYA än punkthusen. Ett projekt där stor skillnad ses är Projekt 5, vilken har en låg klimatpåverkan per BTA, som visas i Figur 4.23, men ses ha en lika stor klimatpåverkan per BTA/BYA som Projekt 6, se Figur 4.24. Projekt 5 har bara 4 våningar, vilket gör att dess BTA/BYA blir förhållandevis liten. Eftersom markförhållandena klassats till klass 1 är det möjligt att huset kunnat utföras med fler våningar vilket höjt BTA per BYA. Småhus kan ses ha en mindre klimatpåverkan per BTA/BYA än lamellhus, se Figur 4.24. Detta antas bero på att de har en låg klimatpåverkan och att värdet för klimatpåverkan per BTA/BYA därför blir låg trots att deras BTA/BYA är förhållandevis liten.



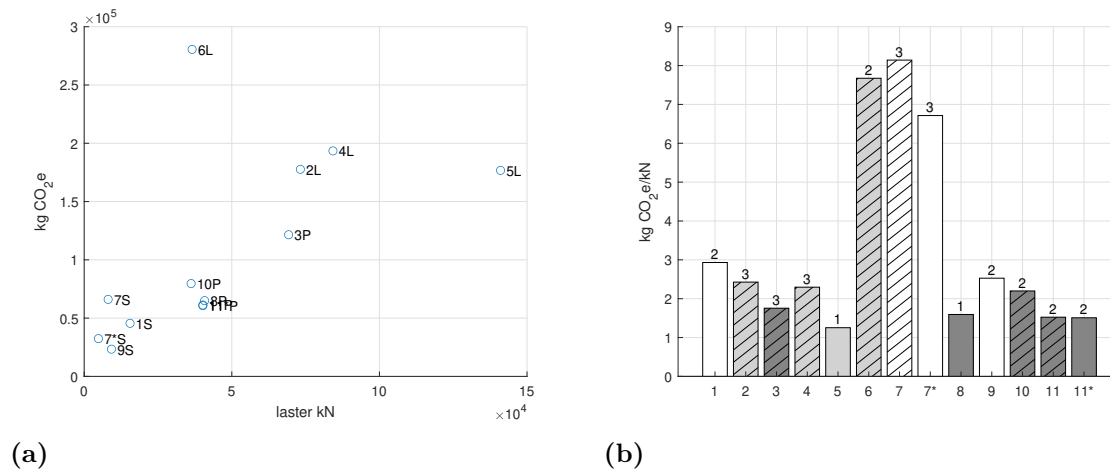
(a)



(b)

Figur 4.24: a) Grundläggningens klimatpåverkan mot BTA/BYA (småhus, lamellhus och punkthus markerade med S, L respektive P); b) Grundläggningens klimatpåverkan per BTA/BYA. Staplar för småhus, lamellhus och punkthus ses i vitt, ljusgrått respektive mörkgrått. Projekt som grundlagts med pålar har skrafferade staplar, siffror över staplar anger markens klass enligt Tabell 4.2.

Att jämföra klimatpåverkan mot lasterna grunden dimensionerats för bör ses vara ett dåligt jämförelsemått, se Figur 4.25. Ett tydligt exempel på detta är Projekt 7, i Figur 4.15 ses klimatpåverkan minska till nära hälften för Projekt 7* till följd av att pålning inte utförs. I Figur 4.25 kompenseras denna minskning av den lägre egentyngden, och skillnaden mellan Projekt 7 och 7* blir då obetydlig. Detta är ett tydligt exempel på att resultatet för klimatpåverkan varierar kraftigt beroende på projektets egentyngd. Detta skulle kunna innebära att om jämförelse gjordes mellan två likvärdiga stommar, den ena utförd i betong och den andra i trä, skulle kanske inte värdet på klimatpåverkan per last skilja sig, trots att trä kan antas ha en mycket mindre klimatpåverkan än betong. Den lättare stommen missgynnas då, och en tyngre stomme får ett lägre jämförelsetal.



Figur 4.25: a) Grundläggningens klimatpåverkan mot last. Staplar för småhus, lamellhus och punkthus ses i vitt, ljusgrått respektive mörkgrått. Projekt som grundlagts med pålar har skrafferade staplar, siffror över staplar anger markens klass enligt Tabell 4.2.

En sammanställning av medelvärdena för klimatpåverkan för punkt- och lamellhus med och utan pålar visas i Tabell 4.6. Klimatpåverkan för de opålade flerbostadshusen kan, oavsett jämförelsemått, ses vara hälften så stor som de pålade flerbostadshusen.

Tabell 4.6: Medelvärden för klimatpåverkan för pålade flerbostadshus (Projekt 2, 3, 4, 6, 10 & 11) och opålade flerbostadshus (Projekt 5, 8, 9 & 11*)

Typ av hus	Medelvärde [kgCO ₂ e/m ² BTA]	Medelvärde [kgCO ₂ e/m ² BYA]	Medelvärde [kgCO ₂ e/kN]
Flerbostadshus, pålat	56	360	3
Flerbostadshus, opålat	25	142	1.5

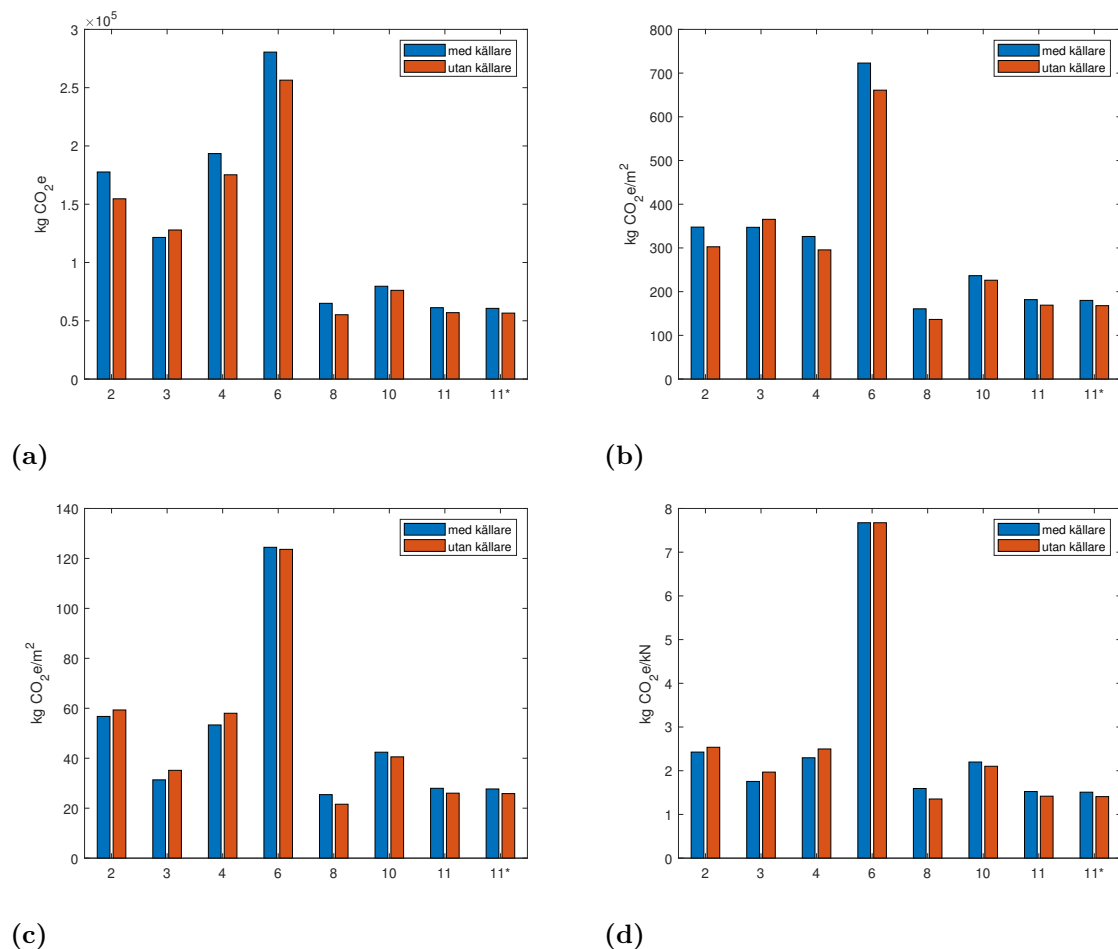
4.3.2 Källare och motfyllda väggar

Projekt 2, 3, 4 och 6 är grundlagda med källare och projekt 8, 10, 11 och 11* har motfyllda väggar. För alla dessa har det undersökts hur stor skillnaden blivit om dessa bortses ifrån. Den totala klimatpåverkan med och utan källare redovisas i Figur 4.26a. Jämförelse mot BYA, BTA och last har genomförts och dessa redovisas i Figur 4.26b-d.

I Figur 4.26a kan skillnaden när källarplanet togs bort ses vara marginell. Eftersom korrektion gjorts med ny BTA anses detta värde mest korrekt vid jämförelse. Klimatpåverkan per BTA kan ses vara något mindre för de flesta projekt utan källare, men skiljer sig inte nämnvärt från då projektet byggts med källare. Detta skulle kunna bero på att utsläppen kopplade till de motfyllda väggarna för många av projekten utgör en väldigt liten del av den totala klimatpåverkan.

Vissa av projekten ses ha högre klimatpåverkan per BTA då källaren tagits bort. Detta beror på att projekten är utförda med källare under mark samt varit pålade, då källaren har tagits bort har motsvarande längd lagts till pålarna. Detta skulle kunna tyda på att det skulle kunna vara ett alternativ att utföra hus som behöver pålas med källare för att förkorta pålarnas längd. Här bör dock tilläggas att i rapporten har hänsyn endast tagits till modul A1-A3 samt att de utsläpp som markarbeten såsom schaktning och sprängning inte inkluderats.

Gällande projekten där de motfyllda väggarna togs bort är klimatpåverkan mindre. Detta eftersom area, laster och pällängd fortfarande är desamma, men klimatpåverkan har minskat.



Figur 4.26: Grundläggningens klimatpåverkan för de projekt med källare/motfyllda väggar. a) total klimatpåverkan; b) klimatpåverkan per BYA; c) klimatpåverkan per BTA; d) klimatpåverkan per last.

4.3.3 Skattning av andel av klimatpåverkan för hela huset

Enligt Boverkets underlagsrapport, är den andel av husets klimatpåverkan husunderbyggnaden står för cirka 11 % för flerbostadshus, vilket motsvarar ungefär 36 kgCO₂e/m²BTA (Malmqvist m. fl., 2021). Detta inkluderar modul A1-A5 för de delar av grundläggningen som idag inkluderas i klimatdeklarationer för systemgränsen år 2022. De delar som ingår i husunderbyggnaden är de grundkonstruktionerna som tas med i klimatdeklarationer, garage, platta på mark samt huskompletteringar.

Vid beräkning av grundläggningarnas klimatpåverkan i föreliggande studie inkluderades bara modul A1-A3, varför modul A4 och A5 behövde exkluderas från värdet i underlagsrapporten för att kunna jämföra de båda. Andelen av den totala klimatpåverkan som utgjordes av modul A4 och A5 antogs proportionella för byggnadens olika delar, varför den andel som utgjordes av husunderbyggnaden för modul A1-A3 fortfarande antogs vara cirka 11 %. I husunderbyggnaden inkluderas inte pålarna. Detta innebär att de 11% som husunderbyggnaden står för innefattar alla delar som inkluderas i beräkning av klimatpåverkan för fallstudiens projekt förutom pålarna.

I Figur 4.18 och Figur 4.19 ses pålarna för flerbostadshus motsvara cirka 40% av grundläggningens totala klimatpåverkan och de delar som ingår i husunderbyggnaden övriga cirka 60%. Det antogs att förhållandet mellan den andel husunderbyggnaden utgör i Malmqvist m. fl. (2021) och den andel husunderbyggnaden utgör i fallstudien var lika stort som motsvarande för pålarna. Den andel pålarna utgjort i Malmqvist m. fl. (2021) beräknas då, efter korrektion för den nya totala klimatpåverkan, till cirka 7% av husets totala klimatpåverkan. Detta innebär att husunderbyggnadens och pålarnas klimatpåverkan tillsammans motsvarar cirka 17% av hela husets klimatpåverkan då bara modul A1-A3 beaktas.

4.3.4 Utnyttjandegrad pålar

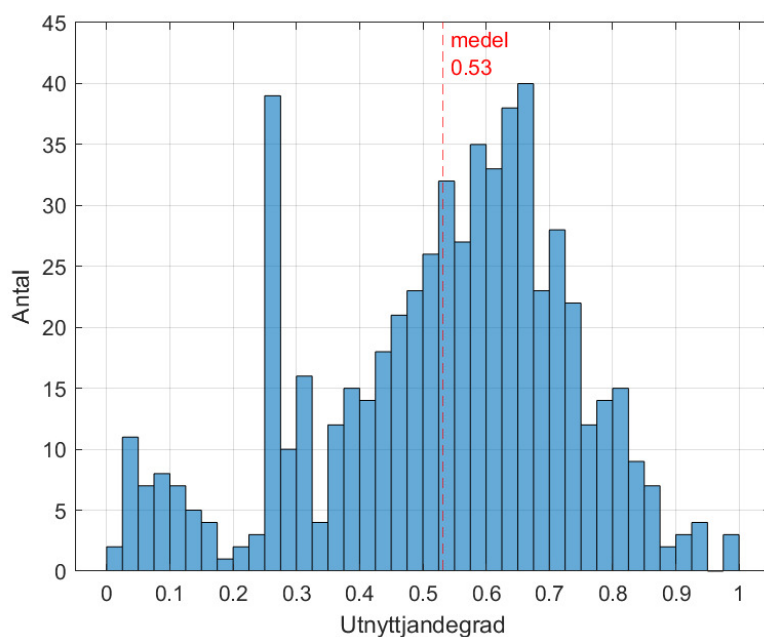
I Figur 4.27 och 4.28 visas en sammanställning av pålarnas utnyttjandegrad för alla projekt. Medelutnyttjandegraden för pålarna för de olika projekten visas i Tabell 4.7.

Som ses i Figur 4.27 är medelutnyttjandegraden för alla pålarna i de analyserade projekten cirka 53%. Detta innebär att ungefär hälften av pålarnas kapacitet utnyttjas. För Projekt 7 var lasten för varje påle inte känd och därför beräknades en genomsnittlig utnyttjandegrad för just detta projekt. Den genomsnittliga utnyttjandegraden för Projekt 7 var cirka 27%, den kraftiga toppen i Figur 4.27 förklaras av detta. Då Projekt 7 exkluderas, se Figur 4.28, ökar medelutnyttjandegraden från 53% till 55%, en ökning med 2 procentenheter.

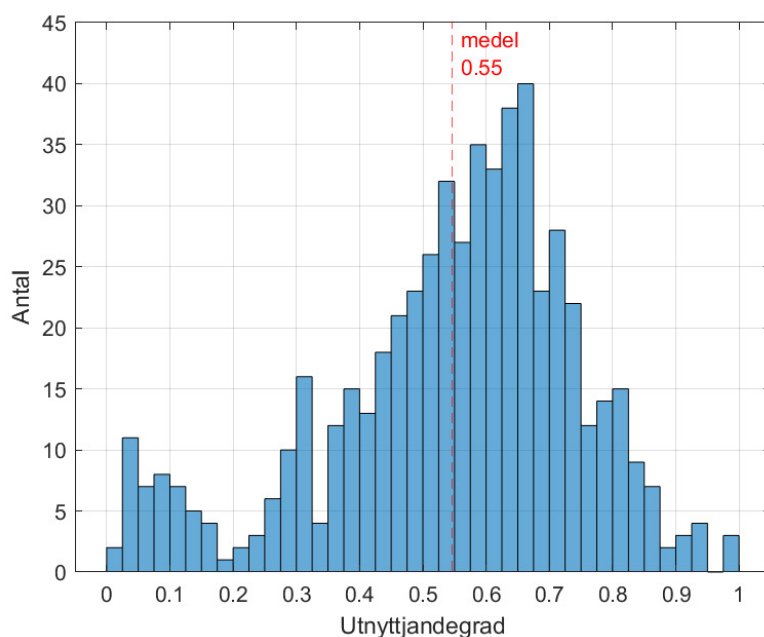
Projekt 2-4 ingår som tidigare nämnt i samma större projekt. Under projekteringen beslutades att alla pålar för dessa projekt skulle dimensioneras efter den mest belastade pålen, vilken var placerad under Projekt 3. Att alla pålar fick samma dimension underlättade arbetet på byggarbetsplatsen. Eftersom alla pålar har dimensionerats efter punkthuset, är utnyttjandegraden för pålarna placerade under lamellhusen lägre. Detta skulle kunna förklara staplarna med låga värden i Figur 4.27 och Figur 4.28. Om pålarna hade optimerats hade förmodligen medelutnyttjandegraden varit högre.

Tabell 4.7: Sammanställning av medelutnyttjandegraden för pålarna i de olika projekten

Projekt	Medelutnyttjandegrad för pålar [%]
Projekt 2	54,2
Projekt 3	60,1
Projekt 4	50,7
Projekt 6	45,8
Projekt 7	27,3
Projekt 10	61,9
Projekt 11	61,1



Figur 4.27: Sammanställning av utnyttjandegraden för pålarna för alla projekt.



Figur 4.28: Sammanställning av utnyttjandegraden för pålarna för alla projekt, exklusive Projekt 7.

5 Diskussion

5.1 Klimatberäkningar

5.1.1 EPD:er och generiska data

Eftersom alla delar av grundläggningen inte inkluderas i lagen om klimatdeklarationer idag saknas produktspecifika klimatdata för många av de ingående komponenterna. Både EPD:er och generiska data behöver tas fram om dessa delar ska inkluderas i lagen framöver. En produkt som använts i projekten som analyserats och som saknar EPD är dränerande cellplast, som isodrän och dylikt. Företaget håller på att ta fram en EPD för denna produkt, men denna har inte färdigställts innan detta arbete avslutades. Att alla delar inte inkluderas antas även vara orsaken till att Boverkets klimatdatabas inte har generiska data för alla byggprodukter, databasen saknar exempelvis generiska data för makadam.

5.1.2 Andelen som inte inkluderas i klimatdeklarationer

De medelvärden för klimatpåverkan per BTA som tagits fram visas i Tabell 4.6. Där utläses värdet till 56 kgCO₂e/m²BTA för pålade flerbostadshus och 25 kgCO₂e/m²BTA för opålade flerbostadshus, dessa värden inkluderar modul A1-A3. Malmqvist m. fl. (2021) har i sin underlagsrapport till Boverket beräknat livscykelanalyser för flertalet hus och sammanställt dessa resultat. När de undersökt värden på klimatpåverkan per BTA för husunderbyggnaden blev resultatet 36 kgCO₂e/m²BTA för flerbostadshus och 45 kgCO₂e/m²BTA för småhus, dessa innefattar modul A1-A5. I underlagsrapporten uppskattas modul A4-A5 utgöra en femtedel av hela modul A1-A5. Om det antas att detsamma även gäller för de resultat som tagits fram i fallstudien skulle klimatpåverkan per BTA för modul A1-A5 bli 31 kgCO₂e/m²BTA för de flerbostadshus som inte har grundlagts med pålar och 70 kgCO₂e/m²BTA för de som har grundlagts med pålar. Om värdet för hus grundlagda utan pålar jämförs med de resultat som Malmqvist m. fl. (2021) tagit fram ses att dessa ligger relativt nära varandra, 31 respektive 36 kgCO₂e/m²BTA. Därför kan det antas att det värde som tagits fram för flerbostadshus grundlagda med pålar, 70 kgCO₂e/m²BTA, kan ge en fingervisning om hur stort värdet kunnat vara då även pålar inkluderas.

I Larsson m. fl. (2016) har en livscykelanalys av ett nyproducerat flerbostadshus genomförts. Det aktuella huset har 8 våningar och en massiv stomme av trä. Huset har grundlagts med borrarade stålrörspålar fyllda med betong. Deras resultat visar att markarbeten, pålning och stödmur utgör 8% av klimatpåverkan från hela huset för modul A1-A5, där även garage är inkluderat. I vårt arbete beräknas att pålarnas andel av hela husets klimatpåverkan utgör cirka 7%, och att motsvarande andel för hela grundläggningen utgör cirka 17%. Resultaten kan inte direkt jämföras med resultaten från tidigare nämnda rapport. Detta eftersom olika delar har inkluderats, samt

att huset i rapporten har en trästomme. En annan skillnad i underlaget är längden på pålarna. Pålarna för Larsson m. fl. (2016) har en medellängd på cirka 3,8 meter, utifrån Tabell 4.3 beräknas medelvärde för de projekt som undersökts i fallstudien till 13,4 meter vilket är betydligt större. Eftersom huset har en stomme i trä, borde den totala klimatpåverkan för hela huset vara mindre i jämförelse med resultaten från detta arbete, vilket kan förklara att andelen som grundläggningen utgör trots pålarnas kortare längd ändå är lika stor som det beräknade värdet i arbetet. Trots skillnaderna i indata visar båda resultaten att pålarnas klimatpåverkan utgör en så stor del av husets totala klimatpåverkan att de borde beaktas i klimatdeklarationer.

5.1.3 Jämförelsemått

I avsnitt 4.3.1 har projektens klimatpåverkan jämförts mot deras BTA, BYA, BTA per BYA och last. BTA är det jämförelsemått som används i klimatdeklarationer idag, och det kan ses vara ett bra jämförelsemått. Däremot konstaterades BYA vara ett dåligt jämförelsemått eftersom det inte tar hänsyn till antal våningar för huset. Detta eftersom ett hus med många våningar bör kunna tillåtas ha en grund med större klimatpåverkan än ett hus med få våningar. Om enbart klimatpåverkan per BYA undersöks blir resultaten då missvisande eftersom höga hus inte kan särskiljas från de som överdimensionerats. Av samma anledning kan inte hus där grunden optimerats särskiljas från de med stort markanspråk. Därför undersöktes projektens klimatpåverkan mot deras BTA per BYA. BTA per BYA ses vara, då enbart grundläggningens klimatpåverkan undersöks, ett mått där höga hus med lågt markanspråk gynnas. Då istället övriga husets klimatpåverkan per BTA/BYA undersöks kan denna, om stommen är likadan för alla våningar, antas vara ungefär lika stor oberoende av hur många våningar huset har. Då byggnaden byggs högre blir grundens klimatpåverkan per BTA/BYA mindre, men övriga husets dito oförändrat. Detta innebär att ett högre hus tillåts ha en grundläggning med större klimatpåverkan. Då jämförelse görs per BTA ses ingen skillnad mellan punkthus och lamellhus om de har samma BTA. Genom att istället jämföra byggnadens klimatpåverkan per BTA/BYA kommer punkthusets värde att vara lägre än lamellhusets. I de fall då det är önskvärt att premiera höga hus, exempelvis vid begränsad markyta, skulle därför detta värde kunna användas vid jämförelse av olika byggnaders klimatpåverkan. Att använda last som jämförelsemått har liksom BYA setts vara dåligt. För hus med liknande stommar i samma material visar detta ungefär hur många våningar huset har, men då hus med olika typer och material av stomme jämförs kan last inte användas som jämförelsemått. Detta eftersom två hus som grundlagts på samma sätt men med olika egentyngd på stommen på grund av materialval kommer att få olika klimatpåverkan per last. Den lättare stommen missgynnas, vilket sågs i resultatet då Projekt 7 och 7* jämfördes.

Skillnaden mellan hus utförda med eller utan källare har setts vara marginell, se avsnitt 4.3.2. Inte heller Malmqvist m. fl. (2021) har sett några tydliga skillnader för byggnader som utförts med eller utan våningar under mark. Även Larsson m. fl. (2016) har jämfört husets totala klimatpåverkan då grundläggningen utförs med ett källarplan med garage och som platta på mark med parkering i markplan. Klimatpåverkan mätt i $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2A_{\text{temp}}$ minskade från 265 till 161 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2A_{\text{temp}}$ då grundläggningen utfördes som platta på mark istället för med garage i källarplan. Detta resultat anses

dock inte vara direkt jämförbart med de som tidigare nämnts. Detta dels eftersom huset som undersökts byggts i en stomme av KL-trä med ett källarplan i betong, då källarplanet tas bort kan husets totala klimatpåverkan antas minska kraftigt. Dels har jämförelsen gjorts i klimatpåverkan per A_{temp} , vilket är summan av de uppvärmda utrymmenas area och inte innefattar garagets area. Detta innebär att den area som jämförs med är lika stor då källaren tagits bort. Som tidigare nämnt är det endast källarplanet som utförts i betong, övrig stomme är utförd i KL-trä. Detta innebär att klimatpåverkan från den våning som kan antas ha störst dito helt tas bort, men att byggnadens totala klimatpåverkan fortfarande jämförs mot samma area. Det hade varit intressant att undersöka om skillnaden mellan alternativen varit lika stor då den jämförts mot BTA, och att jämföra denna med de resultat som tagits fram i andra rapporter. Det kan även konstateras att vid klimatberäkningar för hus där även källare ska inkluderas är BTA ett bättre jämförelsemått än A_{temp} .

5.1.4 Markförhållanden

En ambition med arbetet var att hitta en korrelation mellan grundens klimatpåverkan och de aktuella markförhållandena. Detta visade sig vara komplicerat då marken ofta består av en jordlagerföljd av varierande beskaffenhet vilket försvårade klassificeringen av markförhållandena. I de enklaste fall skulle jorden bestå av samma typ av jord från ytan ner till berget, och en grov indelning skulle då kunna göras baserat på jordens huvudsakliga kornstorlek. I praktiken följer dock olika lager efter varandra, och beroende på varje lagers egenskaper och tjocklek påverkas jordens totala hållfasthet. I vilken ordning de olika lagren följer antas även ha betydelse, då lastspridningen gör att ytligare lager utsätts för en större spänningsökning än djupare lager. Även hur tjockt jordlagret är antas ha betydelse. Vid en mer noggrann indelning borde de två parametrarna, jordlagerföljden samt djupet till berg, undersökas var för sig för att sedan kunna klassificera jordens totala bärighet. Ytterligare en faktor till att klassificeringen försvårades var att moräns egenskaper varierar beroende på dess kornstorleksfördelning och att en grov indelning enbart beroende på jordens huvudsakliga kornfraktion inte är applicerbart för denna typ av jord.

5.2 Optimering

5.2.1 Minska klimatpåverkan från material

För att kunna minska klimatpåverkan från grundläggningen kan flera åtgärder göras. I resultaten ses betong utgöra en stor del av klimatpåverkan, här kan därför en liten minskning göra stor skillnad för grundläggningens totala klimatpåverkan. I rapporten av Svensson, Heinegård och Jönsson (2021) minskade betongens klimatpåverkan upp till 20% då klimatförbättrad betong användes. I den föreliggande studien har det antagits att den betong som använts i projekten inte varit klimatförbättrad. Om det istället antogs att klimatförbättrad betong användes minskade klimatpåverkan med cirka 20% för de projekt som grundlagts utan pålar och 9% procent för de projekt som grundlagts med pålar. Att siffran är lägre för de projekt som pålats antas bero på att

pålar utgör en stor del av grundläggningens totala klimatpåverkan och att de inte antagits utföras i klimatförbättrad betong. Det vore intressant att undersöka hur även betongpålarnas klimatpåverkan kan minskas genom att använda klimatförbättrad betong. Den gröna betongens längre härdningstid nämns ofta som ett hinder då den förlänger byggtiden vid gjutning på plats. Eftersom betongpålar oftast är prefabricerade skulle användning av klimatförbättrad betong kunna minska dessa pålars klimatpåverkan utan att påverka byggtiden på samma sätt. Svensson, Heinegård och Jönsson (2021) har även undersökt hur stor skillnad energikällan vid tillverkningen av armering ger. De såg att den klimatförbättring som medfördes av att armeringen tillverkats med vattenkraft som enda energikälla, till skillnad från armeringen där energikällan bestod av en blandning av förnybara och fossila bränslen, kompensades av utsläppen som uppstod till följd av de längre transportsträckorna. Därför är det svårt att dra generella slutsatser utan att hela byggnaden och dess komponenters hela livscykel analyseras.

5.2.2 Pålar

Det visas tydligt i resultaten att pålar utgör en stor del av grundens totala klimatpåverkan, och att de projekt som grundlagts utan pålar har en lägre klimatpåverkan per BTA. Pålarnas klimatpåverkan är störst under byggskedet, modul A1-A5. Då pålar inte har några utsläpp under driftskedet och i dagsläget är återvinning av pålar avlägset, är det i byggskedet klimatvinsterna görs.

Pålarna i studien har generellt en låg utnyttjandegrad, då dimensionen valts av pragmatiska skäl istället för konstruktionstekniska. Markens och pålarnas bärighet är uppskattad och innefattar ofta stora osäkerheter. Pålarna har dimensionerats av en extern pålleverantör, vilket innebär att den last som i studien använts som pålens kapacitet är den som uppgetts som dimensionerande brottlast för pålen, inte pålens verkliga kapacitet. Den verkliga kapaciteten är troligen högre, vilket medför att den verkliga utnyttjandegraden för pålarna är ännu lägre än den redan låga utnyttjandegrad som beräknats i avsnitt 4.3.4.

Det hade varit intressant att undersöka hur stor klimatvinsten blivit om pålarna optimerats och dimensionerats för att uppnå en högre utnyttjandegrad och på så sätt se hur stor skillnad som kunnat ses för grundläggningens totala klimatpåverkan. Det är inte säkert att en mindre dimension på pålarna hade gett en signifikant skillnad på klimatpåverkan. En möjlighet skulle kunna vara att använda färre pålar med högre kapacitet, detta skulle dock kunna medföra att kantbalkens dimension behöver ökas. Därför borde hela grundläggningens klimatpåverkan tas i beaktning vid undersökning av eventuell klimatvinst.

Det kan ses att för de projekt som grundlagts med stålpålar är dessa pålar mycket längre än för de projekt som grundlagts med betongpålar. Dessutom har det utifrån EPD:erna som undersökts setts att stålpålar har en större klimatpåverkan per meter än betongpålar. Detta har medfört att de projekt som grundlagts med stålpålar fått en markant högre klimatpåverkan per både BTA och BYA. Stålpålar används då det är långt till berg eller då pålning utförs nära bebyggelse, men eftersom de är dyrare än betongpålar brukar stålpålar undvikas då det inte är nödvändigt. I de fall stålpålar

krävs kan det vara en god idé att bygga ett hus med högre BTA och BTA/BYA för att på så sätt minska klimatpåverkan per BTA och utnyttja marken mer effektivt.

Det kan utifrån resultaten fastställas att pålar utgör en stor del av den totala klimatpåverkan, varför även en liten minskning är motiverad. Det kan även diskuteras om det är bättre att undvika pålning i de fall det är möjligt. Ett sätt att undvika pålning skulle kunna vara att bygga lättare hus. Detta kan ske genom att bygga huset med färre våningar eller att använda en stomme av lättare material. Någon stomanalys har inte gjorts i denna rapport, men Projekt 7 analyserades och då det projekterats som ett hus med lättare stomme hade det kunnat leda till att det inte behövt pålas. Den minskning av klimatpåverkan detta syns medföra gör det tydligt att stora vinster kan göras genom att inte påla.

Vid analys av skillnad i klimatpåverkan då källare tas bort, ses inte klimatpåverkan minska nämnvärt. För vissa av de pålade projekten ökar även klimatpåverkan per BTA då källaren tagits bort. Att klimatpåverkan inte minskar nämnvärt då hus grundläggs utan källare är som tidigare nämnt även något som Malmqvist m. fl. (2021) tar upp i sin rapport. Det är möjligt att anläggande av källarplan i vissa fall hade kunnat användas som ett sätt att undvika pålning, och på så sätt kunna minska grundläggningens klimatpåverkan. Detta då det ses tydligt att pålarna utgör en stor andel av grundens totala klimatpåverkan. Ett exempel på när detta skulle kunna vara aktuellt är då berggrunden eller fasta jordlager ligger så nära markytan att schaktning medfört att ett källarplan kunnat anläggas direkt på berget eller jorden. Om det är stora sättningar som är dimensionerande skulle även anläggande av källare kunna användas som ett slags kompensationsgrundläggning, då bortschaktning av jorden medför att underliggande lager avlastas.

5.2.3 Andra krav

Något som har kommit upp flertalet gånger i arbetet är hur andra krav än de rent bärighetsmässiga blir dimensionerande för grundkonstruktionen. Två exempel som kan nämnas är att prefableverantörer lägger in extra armering för att kunna säkerställa källarväggens funktion och att alla pålar för några av projekten dimensionerades efter den tyngst belastade pålen för att undvika förväxling på bygget och på så sätt förenkla produktionen. Krav för akustik och radonhalt kan göra att grundplattan förtjockas kraftigt. Ekonomin påverkar också dimensioneringen: standardiserade pålar väljs för att de är det billigaste alternativet och tidsaspekten gör att förenklingar görs. Det är tydligt att många delar av konstruktionen hade kunnat optimeras om dimensioneringen enbart hade berott på bärighetskraven. De senaste åren har byggbranschens klimatpåverkan lyfts och det har blivit viktigare att bygga hållbart. Även om den ekonomiska aspekten är av stor vikt bör åtgärder vidtas för att uppnå klimatomfattiga fördelar, även om de innebär högre kostnader. För att uppnå Sveriges klimatomfattiga mål krävs omställningar, och genom att investera i en optimerad grund samt söka alternativa lösningar kan grundens klimatpåverkan minskas markant.

5.2.4 Markförhållanden

När projekten valdes ut var vissa kombinationer av hustyp, grundläggningstyp och markförhållanden svåra att hitta. Det var exempelvis svårt att hitta småhus grundlagda på pålar eller på berg. Det var även svårt att hitta punkthus grundlagda på sämre markförhållanden. Ett pålat småhus hittades, men inget småhus grundlagt på berg. Punkthus grundlagda med pålar har hittats, men detta för att det har gjorts ett tydligt urval av vilka projekt som önskades för detta arbete. Att vissa kombinationer var svårare att hitta anses vara ett bra resultat. Som exempel kan nämnas att de flesta småhus var grundlagda på sämre markförhållanden men trots detta inte var pålade, att anlägga en byggnad som ger så små laster på mark med en högre kapacitet kan ses som resursslöseri. På samma sätt kan småhus som behöver pålas också ses som slöseri, då pålarna då utgör en stor del av grundens totala klimatpåverkan. Ett förslag skulle kunna vara att om möjligt bygga ett högre hus då pålning krävs, vilket skulle medföra att pålarnas klimatpåverkan utgjort en mindre andel sett till hela huset. Vid jämförelse per BTA fördelas då pålarnas klimatpåverkan på en större area, och värdet blir lägre. Det här har även setts i Malmqvist m. fl. (2021), där de tar upp att det för småhusen är stor skillnad om bostadens klimatpåverkan kan slås ut på en eller två våningar.

De hus som grundlagts på markförhållanden där pålning inte krävts kan ses ha en tydligt mindre klimatpåverkan per BTA än de hus som pålats. Det är därför, som tidigare nämnt, angeläget att i den mån det går undvika pålning. Att då inte anlägga småhus på bättre markförhållanden utan istället spara dessa till större hus gör byggandet mer resurseffektivt. Mindre hus med mindre laster kan i många fall byggas på sämre förhållanden utan att pålas, där ett högre hus kanske krävt pålning. Detta kan dock vara svårt att ta hänsyn till i Sverige, där det inte alltid är möjligt att styra bostadsbyggandet på en sådan detaljnivå. Det finns även många platser i Sverige där markförhållandena inte varierar så kraftigt att det är möjligt att välja hur olika markförhållanden bebyggs.

Om gränsvärden för klimatpåverkan per BTA där även grunden inkluderas skulle införas hade det varit bra om det som tagits upp i diskussionen på något sätt kunnat inkluderas. Frågan är i praktiken mer komplex än att alla höghus ska byggas på bra markförhållanden och alla småhus på sämre. Detta försvåras bland annat av att det ofta finns befintlig bebyggelse att ta hänsyn till, att markytan ofta är begränsad och att det inte alltid är möjligt att välja vilka markförhållanden som ska bebyggas. Därför skulle det vara värdefullt att på något sätt kunna inkludera andra faktorer än enbart klimatpåverkan. Det är motiverat att införa flera gränsvärden för olika markförhållanden och byggnadstyper, där det skulle kunna prioriteras att i den mån det går undvika pålning, och att det i de fall pålning krävs premieras att bygga fler våningar. Beskrivning av byggnadstyper i begränsningar skulle exempelvis kunna vara antal våningar eller BTA per BYA, båda mått på hur stor byggnadens totala yta är jämfört med den markyta den upptar.

6 Slutsatser och vidare studier

6.1 Slutsatser

Syftet med detta arbete var att öka kunskapen om klimatpåverkan från grundläggning, med fokus på de delar som inte är med i dagens klimatdeklaration. Efter utfört arbete konstateras följande relaterat till de tre forskningsfrågorna:

Hur stor är grundläggningens klimatpåverkan och hur kan denna minskas?

- Betong utgjorde den största delen av grundläggningens klimatpåverkan för de hus som inte pålats. För de hus som pålats utgjorde även pålarna en stor del, i genomsnitt lika stor som betongen. Pålarna och betong har redovisats separat oavsett pålarnas material. Armeringens totala klimatpåverkan är snarare en spegling av mängden betong än armeringsinnehåll.
- Klimatpåverkan från grundläggningen för de flerbostadshus som pålats var dubbelt så stor som för de som inte pålats. Av de hus som pålats har punkthus den lägsta klimatpåverkan per BTA.
- Om pålar i framtiden skall inkluderas i klimatdeklarationer är det angeläget att undersöka om pålarnas utnyttjandegrad kan ökas och hur stor klimatvinst detta medför.
- De hus som grundlagts utan pålning sågs ha en tydligt lägre klimatpåverkan per BTA än de hus som pålats. Därför är det angeläget att undvika grundläggning med pålar i den mån det är möjligt, exempelvis genom att inte anlägga småhus på bättre markförhållanden utan istället spara dessa till större hus. I de fall markförhållandena kräver pålning blir klimatpåverkan per BTA lägre om huset byggs med fler våningar.
- Vid undersökning av grundläggningens klimatpåverkan då de projekt som utförts med källare eller motfyllda väggar antas utföras utan dessa ses endast en marginell skillnad med studiens jämförelsemått.

Hur stor andel av den totala klimatpåverkan utgör de delar av grundkonstruktionen som inte tas med i dagens klimatdeklarationer?

- Pålarna uppskattats utgöra cirka 7% av den totala klimatpåverkan för ett svenskt flerbostadshus, detta för modul A1-A3.

Vilka jämförelsemått kan användas för att beskriva klimatpåverkan?

- Om gränsvärden för klimatpåverkan per BTA, där alla delar i grunden inkluderas, skulle införas vore det värdefullt att inkludera andra faktorer än enbart klimatpåverkan. Detta eftersom frågan är komplex och hänsyn behöver tas till befintlig bebyggelse, begränsad markyta och aktuella markförhållanden.
- Att jämföra olika hus klimatpåverkan per last är ett dåligt mått då det missgynnar stommar med mindre egentyngd. BYA är också ett dåligt jämförelsemått då antal våningar inte tas hänsyn till. Detta eftersom hus med fler våningar, vilka kan tillåtas ha en grund med större klimatpåverkan, inte kan särskiljas från överdimensionerade hus.
- Jämförelsemåttet BTA/BYA anses vara lämpligt vid jämförelse av olika typer av hus när grundens klimatpåverkan inkluderas och markytan är begränsad. Detta eftersom en högre byggnad tillåts ha större klimatpåverkan från grundläggningen per BTA/BYA, medan övriga delen av husets klimatpåverkan förblir oförändrad.

6.2 Vidare studier

Några förslag på vidare studier har diskuterats under arbetet. Dessa är följande:

- Undersökning av markarbetens klimatpåverkan och hur stor del av hela husets klimatpåverkan dessa utgör. Det vore även intressant att undersöka hur grundens klimatpåverkan inklusive markarbeten varierar då samma hus placeras på olika markförhållanden. Detta eftersom olika markförhållanden medför olika typer av grundläggningar och markarbeten.
- Hur markförhållanden kan klassificeras, förslagsvis genom att inbördes jämföra olika markförhållanden med samma djup till berg respektive liknande markförhållanden med olika djup till berg. Detta skulle kunna användas till att ge rekommendationer om hur stor klimatpåverkan för grundläggningen får vara baserat på aktuella markförhållanden.
- Undersökning av grundläggningens klimatpåverkan för fler hus där hela byggskedet, modul A1-A5, inkluderas. Detta skulle kunna användas som underlag för framtagande av referensvärden för grundläggningen.
- Närmare studier av pålar och deras klimatpåverkan. Några förslag är hur mycket spill som uppstår och hur stor klimatvinst som kan göras genom att optimera pålarnas dimension och placering.
- Undersökning av vilka åtgärder som kan göras för att undvika pålning helt. Som förslag har givits att bygga hus med lättare stommar samt att använda källarplan som ett slags kompensationsgrundläggning. För det andra förslaget bör då hela byggskedet, inklusive eventuell pålning och schaktning, inkluderas för att kunna göra en mer korrekt jämförelse.
- Något som setts ha stor påverkan på grundläggningens totala klimatpåverkan är pålarnas längd, vilken för spetsbärande pålar antas bero på avståndet till berg. De projekt som undersökts var grundlagda med främst spetsbärande pålar. Därför hade det varit intressant att undersöka hur stor grundläggningens klimatpåverkan är för projekt där avståndet till berg är ungefär lika stort. Detta för att bättre kunna jämföra olika typer av hus samt markförhållanden.

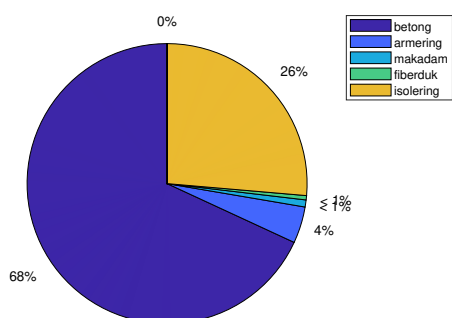
Litteratur

- Berg, Samuel A. (2013). *Grundläggning och undergrund*. Lärnö AB.
- Boverket (2023a). *Beräkna byggnadens klimatpåverkan*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/berakna/>. Hämtad: 2023-03-14.
- (2023b). *Bygghuset som ingår*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/bygghuset-som-ingar/>. Hämtad: 2023-02-01.
 - (2023c). *Dessa byggnader behöver inte klimatdeklareras*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/vilka-byggnader-inte-deklareras/>. Hämtad: 2023-02-01.
 - (2023d). *Klimatdeklarationens omfattning*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>. Hämtad: 2023-03-06.
 - (2023e). *Om Boverkets klimatdatabas*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/om-klimatdatabas/>. Hämtad: 2023-03-14.
 - (2023f). *Ordlista för klimatdeklaration*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/ordlista/>. Hämtad: 2023-05-04.
 - (2023g). *Slutredovisning av Gränsvärde för byggnaders klimatpåverkan och en utökad klimatdeklaration*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/nyheter/gransvarde-klimatpaverkan/>. Hämtad: 2023-06-12.
 - (2023h). *Syftet med att klimatdeklarera byggnader*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/syfte/>. Hämtad: 2023-02-01.
- Busk, G. (1985). 'Grundläggning med platta eller sula vid husbyggnadsarbeten'. I: *Grundläggningsarbeten - geoteknik*. Utg. av S. Hansbo. Stockholm: Ingenjörskyrkan, s. 29–48.
- CEN (2011). *Hållbarhet hos byggnadsverk - Värdering av byggnaders miljöprestanda - Beräkningsmetod*. Tekn. rapport SS-EN 15978:2011. Bryssel: European Committee for Standardization.
- Hansbo, S. (1975). 'Geoteknik - Byggnadsteknik'. I: *Grundläggningsarbeten - geoteknik*. Utg. av S. Hansbo. Stockholm: Ingenjörskyrkan, s. 29–48.
- Hercules (2018). *Betongpåleboken - Anvisningar för projektering, design och kontroll*. Tekn. rapport. Solna.
- IEG (2010a). *Tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 6, Plattgrundläggning*. Tekn. rapport IEG Rapport 7:2008. Stockholm.
- (2010b). *Tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 7, Pålgrundläggning*. Tekn. rapport IEG Rapport 8:2008, rev 2. Stockholm.
- IVL Svenska Miljöinstitutet (2023). *Miljövarudeklaration (EPD)*. <https://www.ivl.se/vart-erbjudande/vara-tjanster/miljo-varudeklaration-epd.html>. Hämtad: 2023-05-02.
- Larsson, M., M. Erlandsson, T. Malmqvist och J. Kellner (2016). *Byggandets klimatpåverkan - Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä*. Tekn. rapport. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Malmqvist, T., S. Borgström, J. Brismark och M. Erlandsson (2021). *Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader*. Tekn. rapport. Stockholm: KTH.

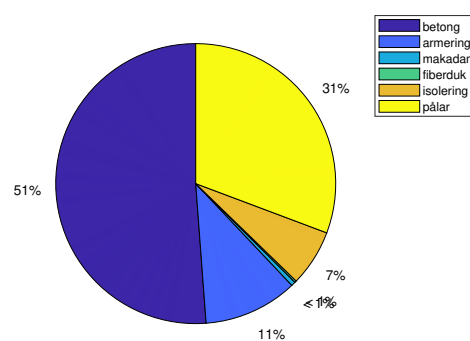
- Nationalencyklopedin (2023). *Grundläggning*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lng/grundlaggning>. Hämtad: 2023-02-07.
- Nilsson, G. (2003). *Handledning i jordartsklassificering för mindre markvärmesystem*. Tekn. rapport. Linköping: SGI.
- Næringslivets Stiftelse for miljødeklarasjoner (2023). *epd-norway*. https://www.epd-norge.no/?lang=no_NO. Hämtad: 2023-03-01.
- Pålkommisionen (2022). *Pålstatistik för Sverige 2021*. Tekn. rapport. Stockholm: Pålkommisionen.
- SCB (2023a). *Antal färdigställda lägenheter i flerbostadshus resp. småhus*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/bostadsbyggande-och-ombyggnad/bygglov-nybyggnad-och-ombyggnad/pong/tabell-och-diagram/nybyggnad/antal-fardigstallda-lagenheter-i-flerbostadshus-resp.-smahus/>. Hämtad: 2023-05-16.
- (2023b). *Boende, byggande och bebyggelse*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/>. Hämtad: 2023-05-16.
- (2022). *Nästan 5,2 miljoner bostäder i landet*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/bostadsbyggande-och-ombyggnad/bostadsbestand/pong/statistiknyhet/bostadsbestandet-31-december-2022/>. Hämtad: 2023-05-06.
- SGI (1993a). *Plattgrundläggning*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- (1993b). *Pålgrundläggning*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.
- SGU (2021). *Isälvs sediment, morän och berg*. <https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/geologi-i-oversiktsplanering/byggande-och-infrastruktur/kostnader-och-resurseffektivitet-for-byggnation-pa-olika-markforhallanden/naturgrus-moran-och-berg/>. Hämtad: 2023-05-09.
- (2020a). *Kartvisaren Jordarter 1:25 000-1:100 000*. <https://www.sgu.se/produkter-och-tjanster/kartor/kartvisaren/jordkartvisare/jordarter-125-000-1100-000/>. Hämtad: 2023-03-30.
- (2020b). *Morän – spår av inlandsisen*. <https://www.sgu.se/om-geologi/jord/fran-istid-till-nutid/inlandsisen/moran-spar-av-inlandsisen/>. Hämtad: 2023-05-09.
- SIS (2020). *Area och volym för byggnader - Terminologi och mätning*. Tekn. rapport SS 21054:2020. Stockholm: Svenska Institutet för Standarder.
- (2004). *Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner - Del 1: Allmänna regler*. Tekn. rapport EN 1997-1:2004 Sv. Avenue Marnix 17, B-1000 BRUSSELS: European Committee for Standardization.
- Svensson, S., M. Heinegård och E. Jönsson (2021). *Klimatförbättrat byggande av ytgrundläggningar*. Tekn. rapport SBUF Rapport 13942. Stockholm.
- Trafikverket (2018). *Geokalkyl Infrastruktur - tidiga skeden, Metodbeskrivning*. Tekn. rapport. Borlänge.
- Tudisco, E. och O. Dahlblom (2019). *Foundation Engineering*. Lund: Studentlitteratur.

Bilaga A

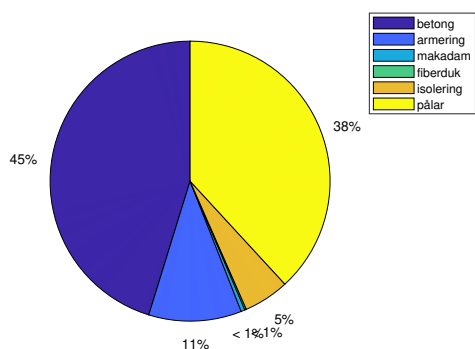
Fördelningen av grundläggningens totala klimatpåverkan per material för varje projekt



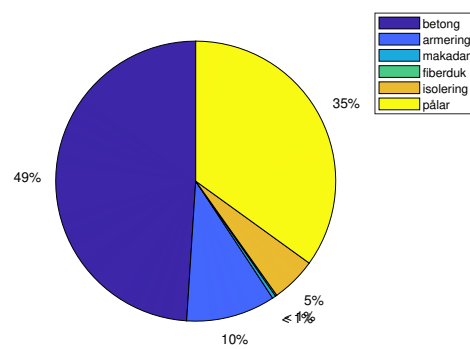
Figur A.1: Projekt 1, fördelning av klimatpåverkan per material.



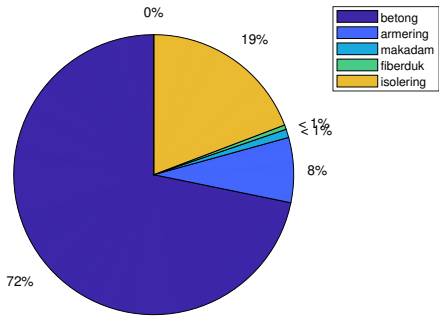
Figur A.2: Projekt 2, fördelning av klimatpåverkan per material.



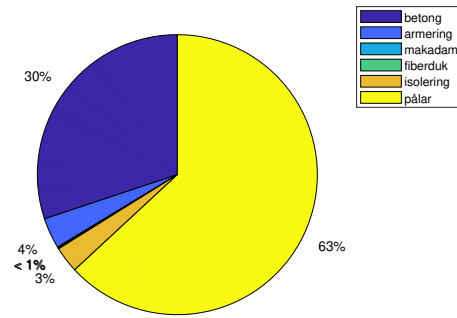
Figur A.3: Projekt 3, fördelning av klimatpåverkan per material.



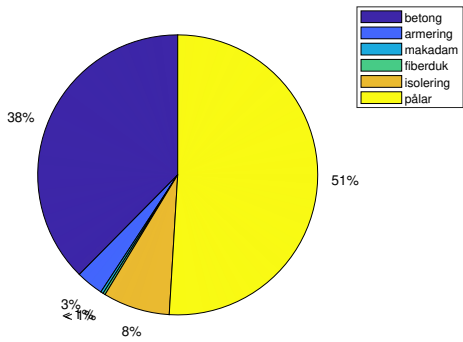
Figur A.4: Projekt 4, fördelning av klimatpåverkan per material.



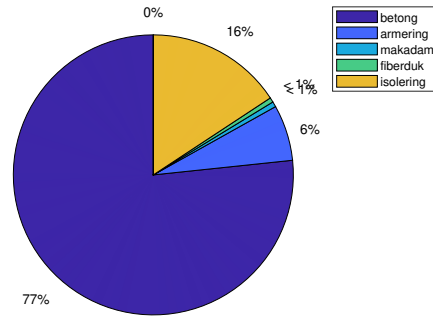
Figur A.5: Projekt 5, fördelning av klimatpåverkan per material.



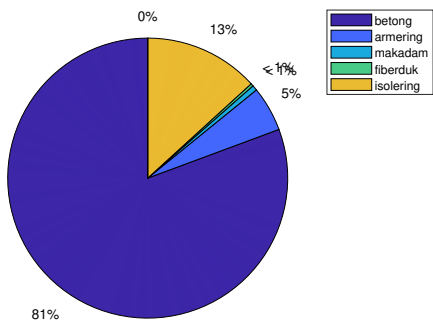
Figur A.6: Projekt 6, fördelning av klimatpåverkan per material.



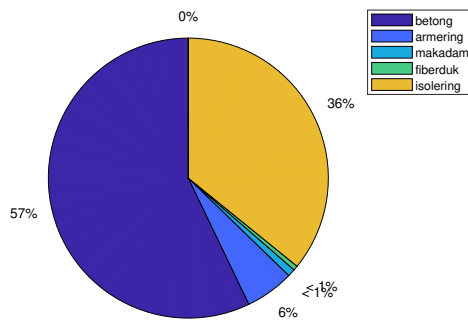
Figur A.7: Projekt 7, fördelning av klimatpåverkan per material.



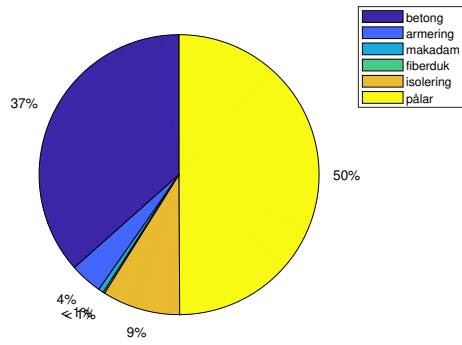
Figur A.8: Projekt 7*, fördelning av klimatpåverkan per material.



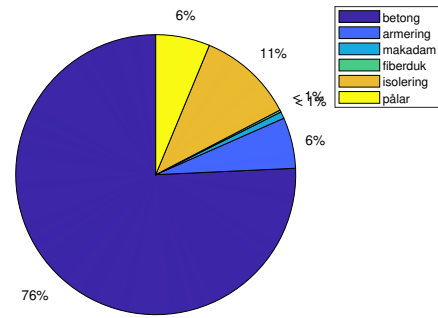
Figur A.9: Projekt 8, fördelning av klimatpåverkan per material.



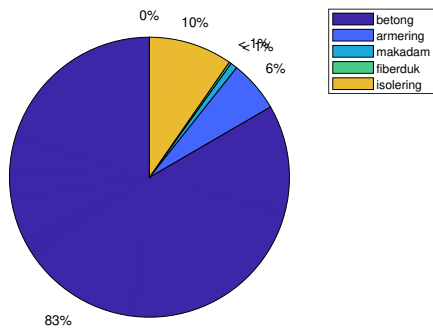
Figur A.10: Projekt 9, fördelning av klimatpåverkan per material.



Figur A.11: Projekt 10, fördelning av klimatpåverkan per material.



Figur A.12: Projekt 11, fördelning av klimatpåverkan per material.



Figur A.13: Projekt 11*, fördelning av klimatpåverkan per material.

Bilaga B

Geotekniska terrängklasser enligt Trafikverket

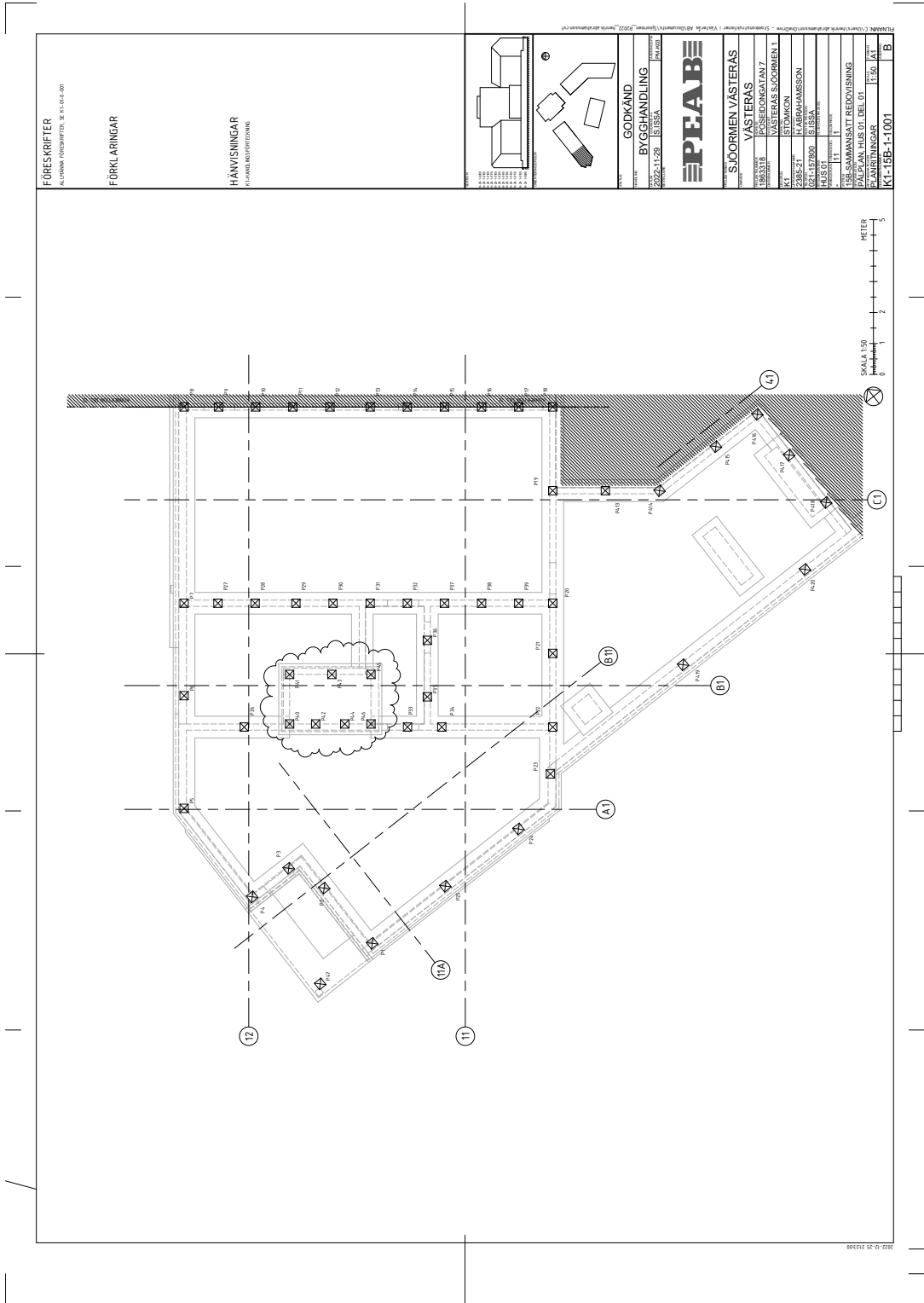
Tabell B.1: Geotekniska terrängklasser efter Trafikverkets geokalkyl (2018)

Marktyp	Geoteknisk terrängklass	Mäktighet	Beskrivning
Lös mark	GTK1	<5 m	Älvsediment, silt eller mycket siltig jord i denna klass.
	GTK2	5-10 m	MoränLera eller Lera, fast till mycket fast lera. Reducerad skjuvhållfasthet över 60 kPa.
	GTK3	10-15 m	Lera-silt (postglacial eller glacial). Lera eller siltig lera med reducerad skjuvhållfasthet över 20 kPa och under 60 kPa.
	GTK4	>15 m	Lera-silt (postglacial eller glacial). Lös lera eller sulfidjord. Reducerad skjuvhållfasthet under 20 kPa.
	GTK5		Torv (kärr eller ospecificerat) och organisk jord.
Fast mark	FRK		Gravitationsjord, sand-block (postglacial eller ospecificerat), flygsand, sten-block (glacial eller postglacial), isälvsediment, sand-block, talus.
	MN1		Morän, sandig eller morän ospecificerat, bottenmorän, mkt blockig morän, blockjord.
	MN2		Morän, sandig eller siltig sandig morän.
	MN3		Morän, siltmorän, siltig morän.
	B		Urberg eller ospecificerat berg.
	F		Fyllning
	V		Vatten
	I		Is
Oklassificerat	XXX		Oklassificerad jordart, alternativt okänd jordart.

Bilaga C

Pålplan

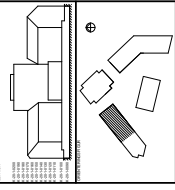
C.1 Projekt 2



FÖRESKRIFTER
ALTMARKA VÄSTERÅS FIB. 10.14.01-01-01

FÖRKLÄRNINGAR

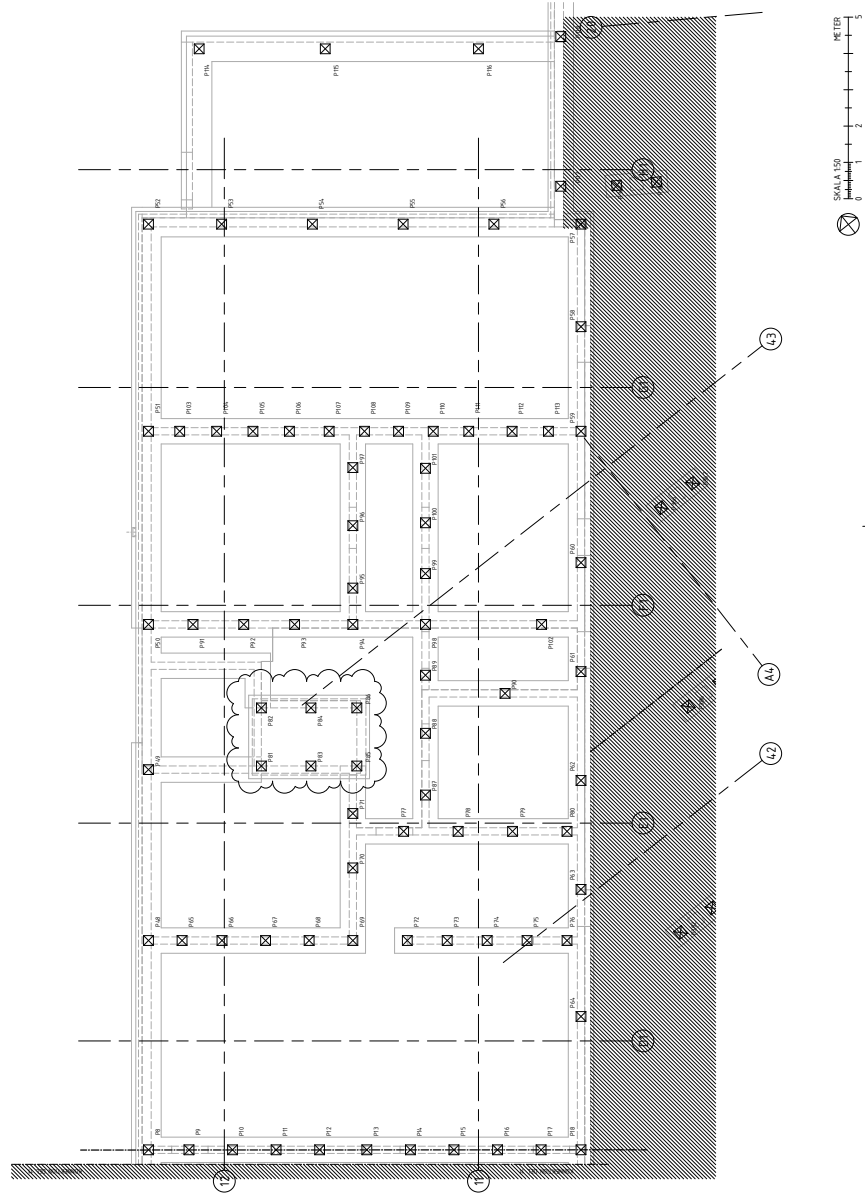
HÄNVISNINGAR
PÅ PLANER/DELAR/OMRÅDEN



GODKÄND
BYGGHANDLING
2024.11.11
S. ISSA

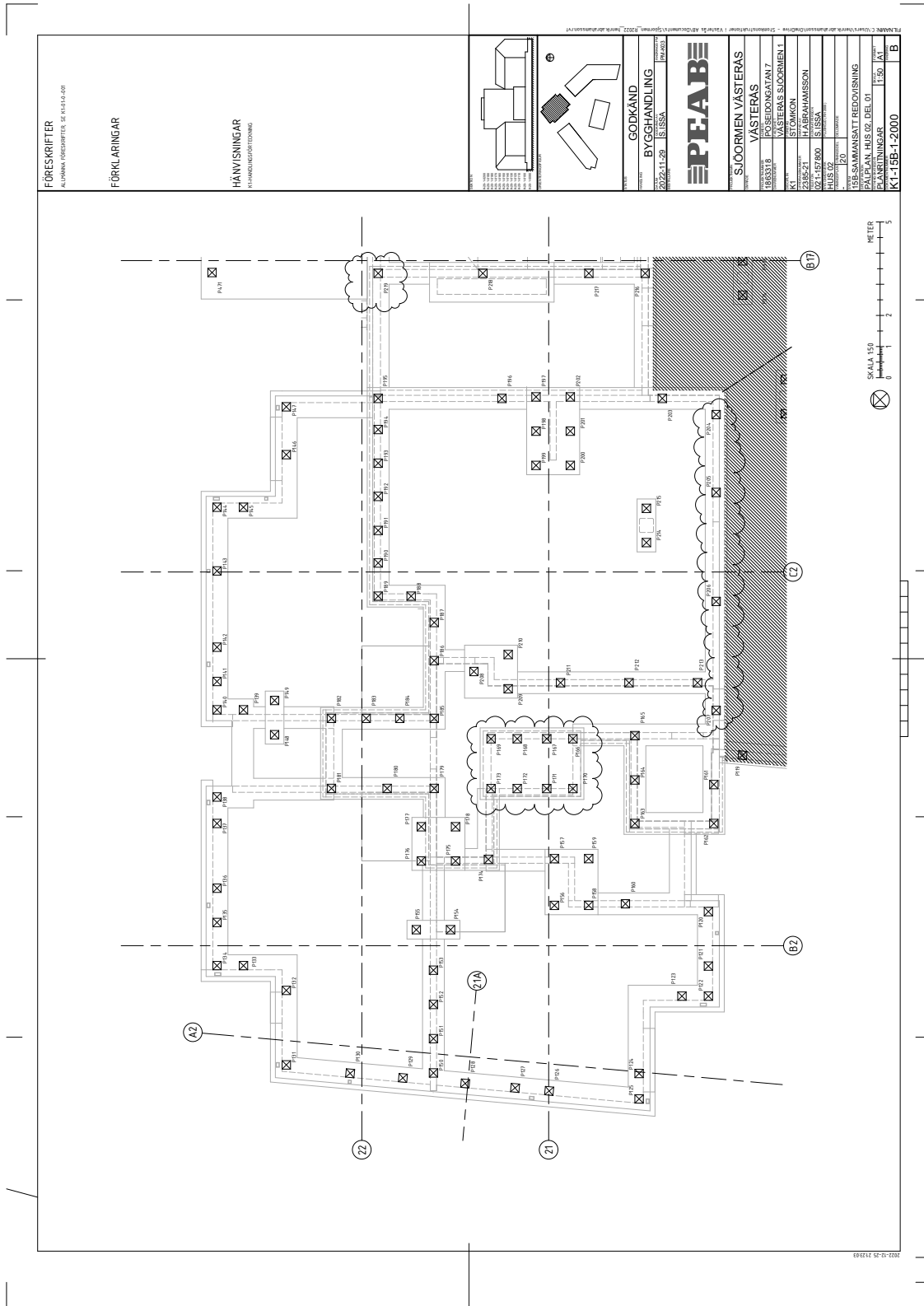


PROJEKT	SÖDRONIEN VÄSTERÅS
BYGGGÄMNA	VÄSTERÅS
BYGGGÄMNA	ROSEIDONGATAN 7
BYGGGÄMNA	VÄSTERÅS SÖDRONIEN 1
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 23
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 24
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 25
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 26
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 27
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 28
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 29
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 30
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 31
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 32
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 33
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 34
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 35
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 36
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 37
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 38
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 39
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 40
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 41
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 42
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 43
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 44
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 45
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 46
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 47
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 48
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 49
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 50
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 51
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 52
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 53
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 54
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 55
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 56
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 57
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 58
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 59
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 60
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 61
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 62
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 63
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 64
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 65
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 66
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 67
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 68
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 69
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 70
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 71
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 72
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 73
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 74
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 75
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 76
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 77
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 78
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 79
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 80
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 81
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 82
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 83
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 84
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 85
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 86
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 87
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 88
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 89
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 90
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 91
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 92
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 93
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 94
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 95
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 96
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 97
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 98
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 99
BYGGGÄMNA	BYGGGÄMNA 100



1002-01-01-2024

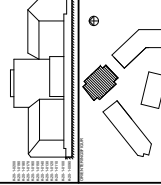
C.2 Projekt 3



FÖRESKRIFTER
ALLMÄN INRIKTNING FÖR FÖRKLÄRINGAR

FÖRKLÄRINGAR

HÄNVISNINGAR
H-SHEDINGENHET TITEL



PROJEKT
GODKÄND
BYGGHANDLING
2022.11.29
E. ISSA



SJOORMEN VÄSTERAS

VÄSTERAS

VÅRDESKANZ

PROJEKTANT

VÄSTERAS SJOORMEN 1

K1

SLOMÖRN

HÄROBOMISSON

02.14.157.800

S. ISSA

HUS 02

PROJEKT

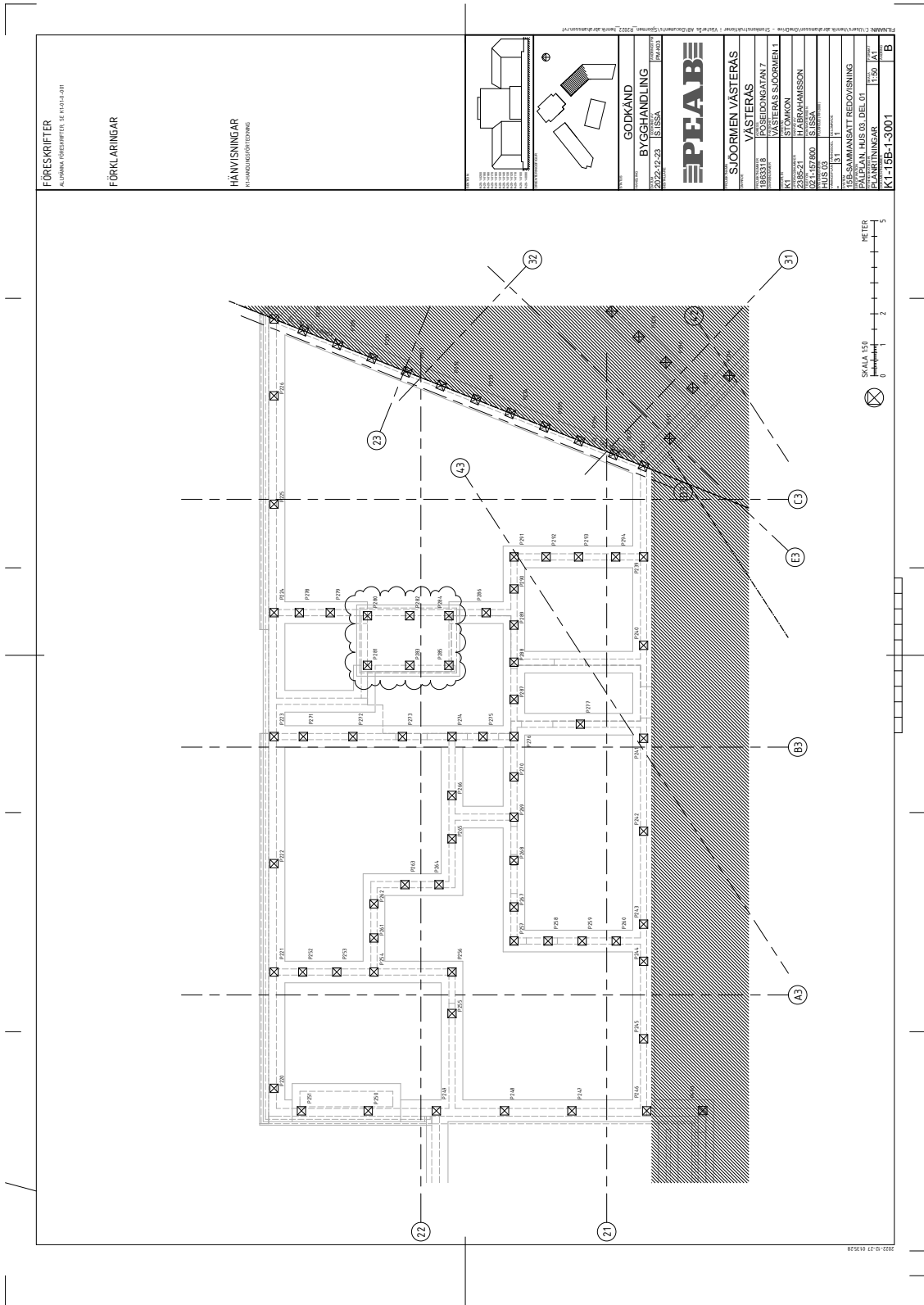
20

1:150

K1-15B-1-2000



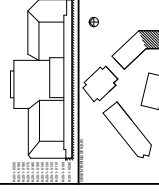
C.3 Projekt 4



FÖRESKRIFTER
ALLMÄNNA FÖRESKRIFTER, S. 101-104:01

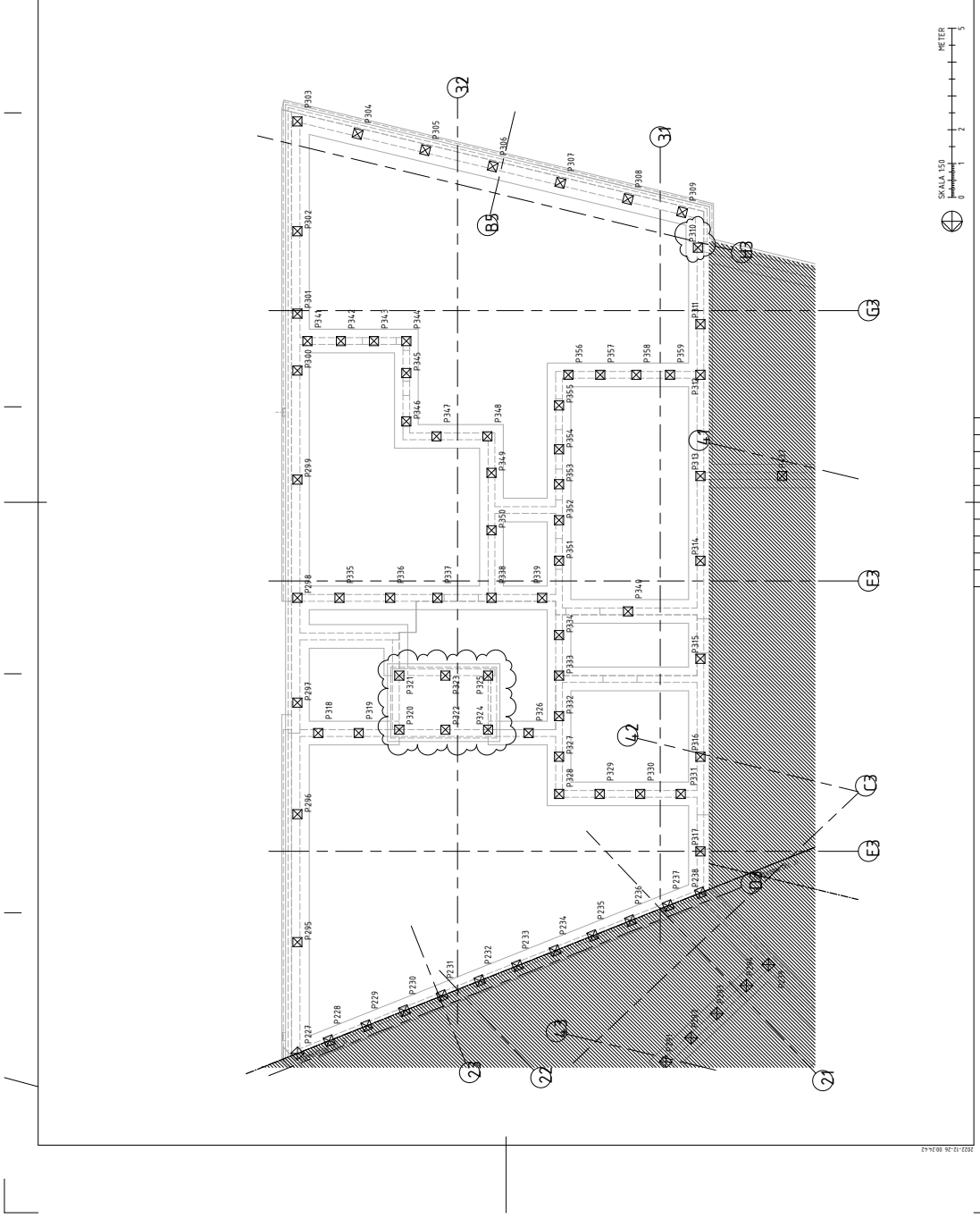
FÖRKLÄRNINGAR

HÄNVISNINGAR
KÄLLOR/FÖRFATTNING

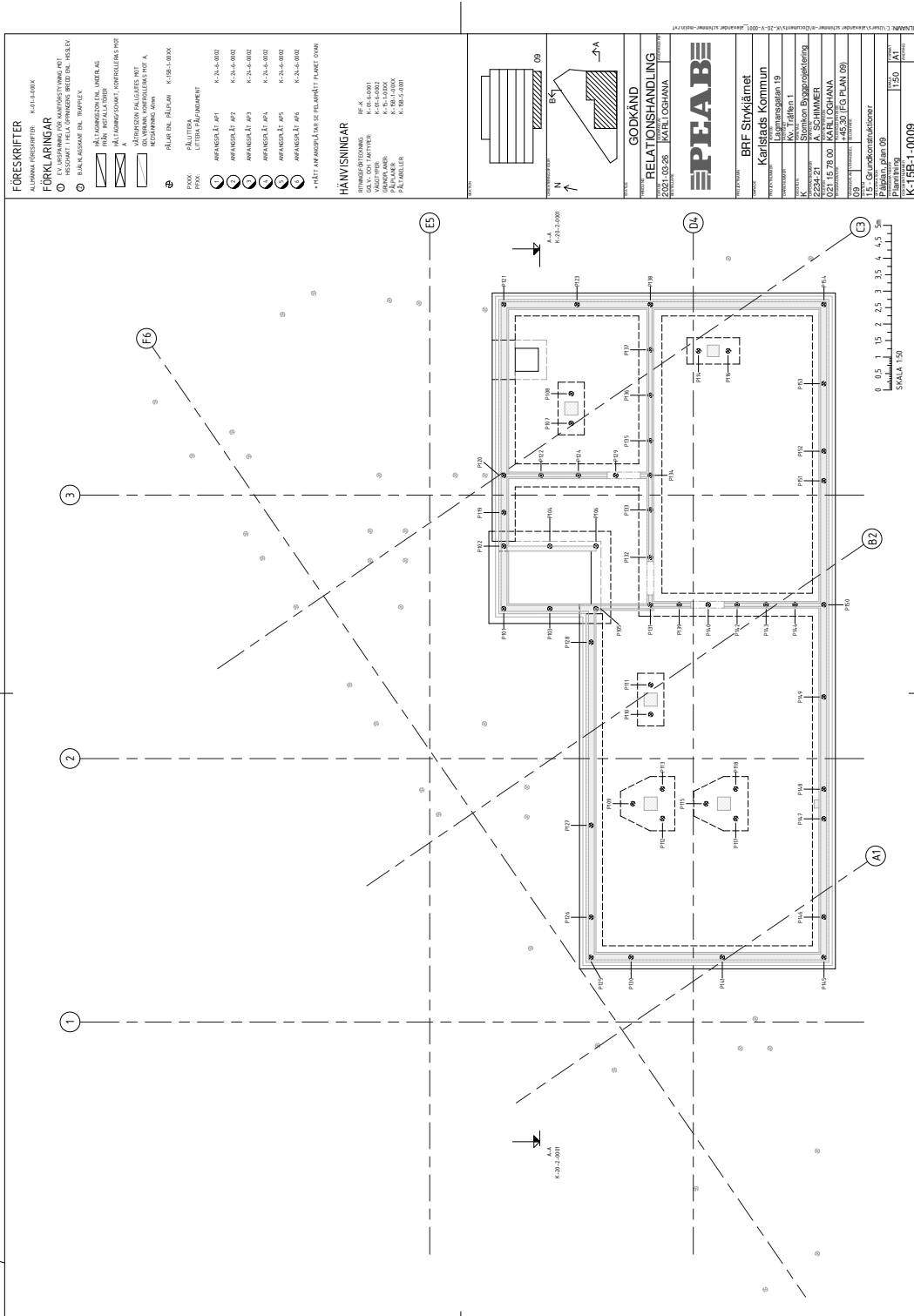


GODKÄND
BYGGHANDLINGS
FIRMA
PEABE

PROJEKT
SJÖORMEN VÄSTERÅ
ADRESS
VÄSTERÅS
ADRESS
ROSEIDONGATAN 7
K1
STÅLHUS-ÅSÅS-SJÖORMEN
K1
22855 21 H. LARSSON
K1
002145728 H. LARSSON
HUS 03
132
15B-SAMMANSATT-REDOVISNING
PÅ PLAN HUS 03, DEL 02
PLANRITNINGAR 1:150 A1
K1-15B-1-3002 A



C.4 Projekt 6

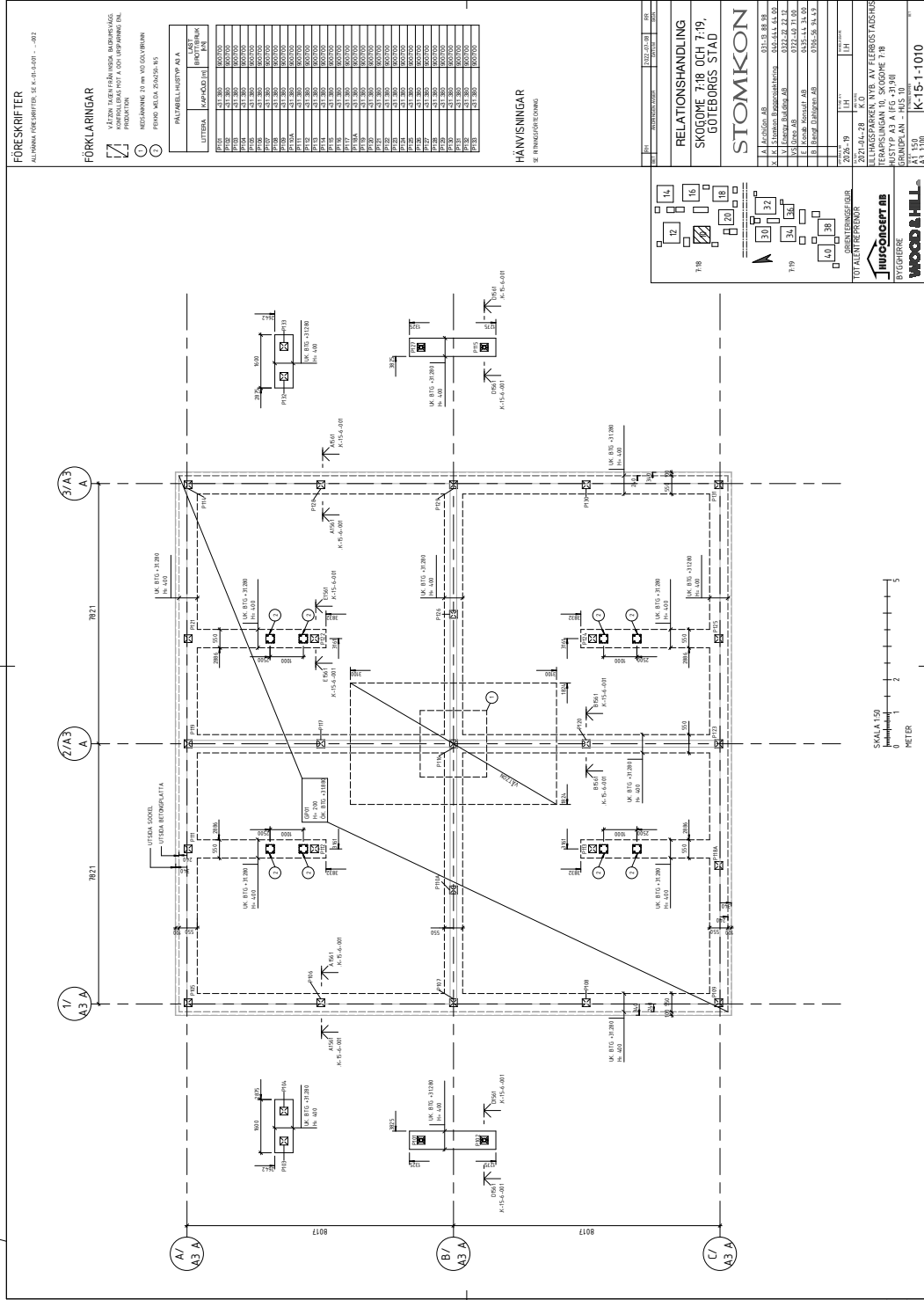


FÖRESKRIFTER	ALLIUMAL ÖVERSKRIFTER: K-01.13.000X
FÖRKLÄNINGAR	<ul style="list-style-type: none"> ○ GÖMMA OCH ÖPPNINGAR I TAKET ○ ISOLERINGEN OCH VÄRMEISOLERINGEN I TAKET ○ BÄLL, ÅSSAGE OCH TRAPPVÄY
<ul style="list-style-type: none"> ▭ HÖJDESKORREKTION OCH VÄRMEISOLERING ▭ FRÅN METALLKÖROR ▭ VÄRMEISOLERINGEN I VÄGGEN OCH TAKET ▭ VÄRMEISOLERINGEN I VÄGGEN OCH TAKET ▭ VÄRMEISOLERINGEN I VÄGGEN OCH TAKET ▭ VÄRMEISOLERINGEN I VÄGGEN OCH TAKET 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ PÅL OCH RÄDDVÄR: K-03.13.000X
<ul style="list-style-type: none"> POSK: FÄLLTERRASS PPOL: LITETID RÄDDVÄR 	<ul style="list-style-type: none"> AMPANGÖLJET P1: K-3.14.0002 AMPANGÖLJET P2: K-3.14.0002 AMPANGÖLJET P3: K-3.14.0002 AMPANGÖLJET P4: K-3.14.0002 AMPANGÖLJET P5: K-3.14.0002 AMPANGÖLJET P6: K-3.14.0002
HÄNVISNINGAR	<ul style="list-style-type: none"> BRK: K-6.00.0000 BRK: K-6.00.0001 BRK: K-6.00.0002 BRK: K-6.00.0003 BRK: K-6.00.0004 BRK: K-6.00.0005 BRK: K-6.00.0006 BRK: K-6.00.0007 BRK: K-6.00.0008 BRK: K-6.00.0009 BRK: K-6.00.0010 BRK: K-6.00.0011 BRK: K-6.00.0012 BRK: K-6.00.0013 BRK: K-6.00.0014 BRK: K-6.00.0015 BRK: K-6.00.0016 BRK: K-6.00.0017 BRK: K-6.00.0018 BRK: K-6.00.0019 BRK: K-6.00.0020 BRK: K-6.00.0021 BRK: K-6.00.0022 BRK: K-6.00.0023 BRK: K-6.00.0024 BRK: K-6.00.0025 BRK: K-6.00.0026 BRK: K-6.00.0027 BRK: K-6.00.0028 BRK: K-6.00.0029 BRK: K-6.00.0030 BRK: K-6.00.0031 BRK: K-6.00.0032 BRK: K-6.00.0033 BRK: K-6.00.0034 BRK: K-6.00.0035 BRK: K-6.00.0036 BRK: K-6.00.0037 BRK: K-6.00.0038 BRK: K-6.00.0039 BRK: K-6.00.0040 BRK: K-6.00.0041 BRK: K-6.00.0042 BRK: K-6.00.0043 BRK: K-6.00.0044 BRK: K-6.00.0045 BRK: K-6.00.0046 BRK: K-6.00.0047 BRK: K-6.00.0048 BRK: K-6.00.0049 BRK: K-6.00.0050 BRK: K-6.00.0051 BRK: K-6.00.0052 BRK: K-6.00.0053 BRK: K-6.00.0054 BRK: K-6.00.0055 BRK: K-6.00.0056 BRK: K-6.00.0057 BRK: K-6.00.0058 BRK: K-6.00.0059 BRK: K-6.00.0060 BRK: K-6.00.0061 BRK: K-6.00.0062 BRK: K-6.00.0063 BRK: K-6.00.0064 BRK: K-6.00.0065 BRK: K-6.00.0066 BRK: K-6.00.0067 BRK: K-6.00.0068 BRK: K-6.00.0069 BRK: K-6.00.0070 BRK: K-6.00.0071 BRK: K-6.00.0072 BRK: K-6.00.0073 BRK: K-6.00.0074 BRK: K-6.00.0075 BRK: K-6.00.0076 BRK: K-6.00.0077 BRK: K-6.00.0078 BRK: K-6.00.0079 BRK: K-6.00.0080 BRK: K-6.00.0081 BRK: K-6.00.0082 BRK: K-6.00.0083 BRK: K-6.00.0084 BRK: K-6.00.0085 BRK: K-6.00.0086 BRK: K-6.00.0087 BRK: K-6.00.0088 BRK: K-6.00.0089 BRK: K-6.00.0090 BRK: K-6.00.0091 BRK: K-6.00.0092 BRK: K-6.00.0093 BRK: K-6.00.0094 BRK: K-6.00.0095 BRK: K-6.00.0096 BRK: K-6.00.0097 BRK: K-6.00.0098 BRK: K-6.00.0099 BRK: K-6.00.0100

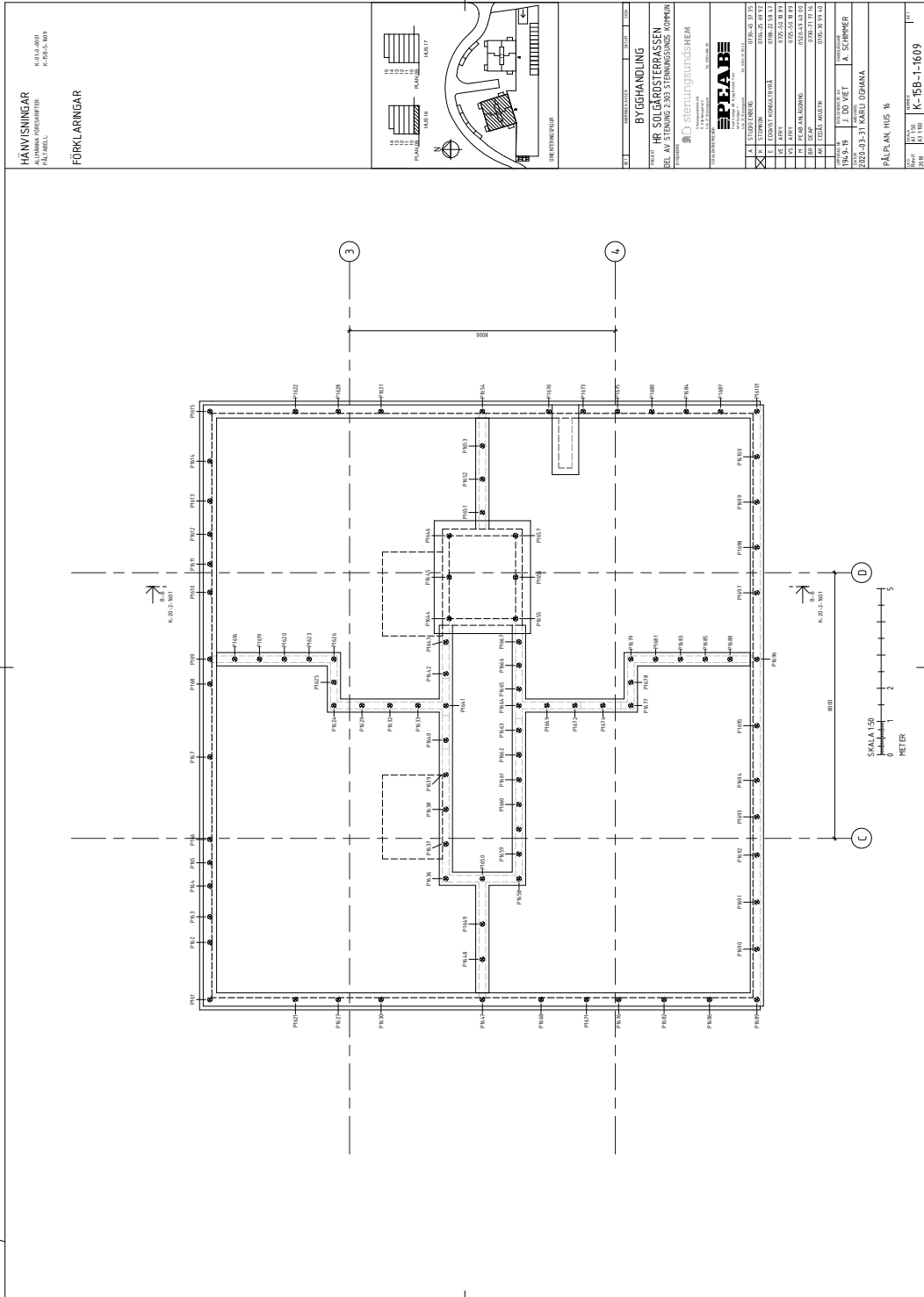
GÖKKÄND
RELATIONSHANDLING
 PLAN 001
 1:50

PEABE
 BRF Sirkämäet
 Karlskrona Kommun
 Karlskrona 19
 SOVNINGSHUSET
 K-SCHÄRMER
 0371 45 78 00
 046101 OSÄMMA
 046330 TEG PLAN 001
 15 - Grundkonstruktioner
 Plan 001, plan 001
 Plan 001
 1:50 A1

C.5 Projekt 7



C.6 Projekt 10



C.7 Projekt 11

