



CHALMERS



Klimatneutralitet – Vägen mot hållbart byggande

Är det möjligt att bygga klimatneutralt?

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

KARIN GUSTAFSSON
JOHANNA THEORIN

Klimatneutralitet – Vägen mot hållbart byggande

Är det möjligt att bygga klimatneutralt?

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

KARIN GUSTAFSSON

JOHANNA THEORIN

Klimatneutralitet – Vägen mot hållbart byggande
Är det möjligt att bygga klimatneutralt?

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

KARIN GUSTAFSSON
JOHANNA THEORIN

© KARIN GUSTAFSSON & JOHANNA THEORIN, 2017

Examensarbete BOMX03-17-01 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2017

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för Byggnadsteknologi
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Whites nyprojekterade klimatneutrala studentbostäder på Sven Brolids väg i Göteborg.
(White, 2015). Återgiven med tillstånd.

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2017

Klimatneutralitet – Vägen mot hållbart byggande

Är det möjligt att bygga klimatneutralt?

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

KARIN GUSTAFSSON

JOHANNA THEORIN

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

På senare tid har ett nytt begrepp inom hållbart byggande börjat dyka upp, nämligen ordet klimatneutralitet. Det betyder att nettosumman av en verksamhets eller produkts totala klimatpåverkan är noll. Idag är innebörden av ordet högaktuellt vid utformning av nya byggnader och för att kunna bygga klimatneutralt är klimatkompensation ett måste. Klimatkompensation innebär att utsläppen från en verksamhet eller en produkt kompenseras med samma mängd.

De klimatkompensationsåtgärder som tagits upp i denna rapport är vindkraft samt tre olika typer av solcellstekniker; mono- och polykristallina och tunnfilmssolceller. De olika kompensationsåtgärderna har utvärderats och en sammanställning av deras funktioner samt påverkan på miljön har redovisats. Där framkom att det fanns tydliga skillnader mellan de olika solcellsteknikerna och vindkraften.

White Arkitekter AB har projekterat ett område med studentbostäder i trä på Sven Brolids väg i Göteborg. Studentbostadsområdet består av sex hus, och i rapporten undersöks om hus D kan klimatkompenseras och på så sätt bli klimatneutralt. Studentbostäderna planeras att klimatkompenseras med hjälp av solceller på taket.

En norsk modell av LCA användes för att redovisa utsläppen för studentbostäderna. Den norska modellen är indelad i tre olika huvuddelar som innehåller ett antal mindre delar, däribland de stora posterna produkttillverkning och driftsel. Till hjälp togs grundvärden från en redan utförd LCA på ett liknande flerbostadshus i trä kallat Strandparken i Stockholm.

Den första slutsatsen som kunde dras var att de monokristallina solcellerna var betydligt mer effektiva än de två andra solcellsteknikerna vilket gjorde att valet föll på den typen av solcellsteknik för hus D. En beräkning av solcellernas energiproduktion gjorde det tydligt att compensationen från solcellerna inte skulle vara en tillräcklig klimatkompensationsåtgärd för att studentbostäderna skulle bli klimatneutrala. Slutsatsen blev därför att vindkraft skulle behöva köpas in för byggnaden som komplement till solcellerna.

Nyckelord: Klimatneutralitet, klimatkompensation, klimatkompensationsåtgärd, vindkraft, LCA, hållbart byggande, solceller: mono- och polykristallina och tunnfilmssolceller

Climate-neutrality – The road to sustainable building

Is it possible to build climate-neutral?

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

KARIN GUSTAFSSON

JOHANNA THEORIN

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Building Technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Lately a new concept in sustainable building has begun to emerge, the concept climate-neutrality. The meaning of this concept is that the amount of the total climate impact of an operation or product is zero. Today climate-neutrality is very important when creating new buildings. In order to build climate-neutral, climate compensation is a must. Climate compensation means that the emissions of an operation or product are compensated by the same amount.

The climate compensation measures that are presented in this report are wind power and three different types of solar technology; mono- and polycrystalline and thin-film solar cells. The various compensation measures have been evaluated and their functions and impact on the environment have been presented. This showed distinct differences between wind power and the three types of solar cell technologies.

White Arkitekter AB has designed a residential area for students, at Sven Brolids väg in Gothenburg. The residential area consists of six wooden houses, and this report investigates whether house D can be climate compensated and become climate-neutral. The plan is to climate compensate by using solar cells on the roof.

A Norwegian model of LCA was used to present the emissions for the student residences. The Norwegian model is divided into three main parts containing several smaller parts, for example the significant sectors of product manufacturing and operational electricity. As a help for the calculations, basic values were taken from an already performed LCA on a similar wooden house called Strandparken in Stockholm.

The first conclusion was that the monocrystalline solar cells were significantly more effective than the other two solar cell technologies which made the choice of solar cell for house D simple. A calculation of the energy production from the solar cells made it clear that the compensation from the solar cells would not be enough as climate compensation measure for the student residences to become climate-neutral. The conclusion was therefore that wind power would have to be purchase for the building in addition to the solar cells.

Key words: Climate-neutrality, climate compensation, climate compensation measure, wind power, LCA, sustainable building, solar panel: mono- and polycrystalline and thin-film solar panel

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
FÖRORD	V
BEGREPP	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	2
1.2 Avgränsningar	3
1.3 Syfte	3
2 UTGÅNGSPUNKTER	4
2.1 Klimatneutralitet	4
2.2 Tävling om nybyggnation av studentbostäder	4
3 METODER	5
4 KLIMATPÅVERKAN	6
4.1 Klimatkompensation	6
4.2 Att klimatkompensera	7
5 LIVSCYKELANALYS	8
5.1 Studentbostäder på Sven Brolids väg	10
5.1.1 LCA-beräkningar på studentbostäder	10
6 SOLCELLER	12
6.1 Kiselbaserade solceller	13
6.1.1 Polykristallina och monokristallina solceller	13
6.1.2 Funktion	13
6.1.3 Miljöpåverkan	14
6.1.4 Energiproduktion	14
6.2 Tunnfilmssolceller	16
6.2.1 Funktion	16
6.2.2 Miljöpåverkan	16
6.2.3 Energiproduktion	16
7 VINDKRAFT	17
7.1 Funktion	18
7.2 Miljöpåverkan	18

8	RESULTATANALYS	20
9	DISKUSSION	22
10	VIDAREUTVECKLING	24
	REFERENSER	25

Bilagor

- Bilaga 1. Whites studentbostäder
- Bilaga 2. Ritningar på studentbostäderna
- Bilaga 3. Intervjufrågor
- Bilaga 4. LCA Strandparken

Förord

Med detta examensarbete avslutar vi vår utbildning på byggingenjörsprogrammet vid Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet är skrivet vid institutionen för Bygg- och miljöteknik och har genomförts tillsammans med arkitektkontoret White Arkitekter AB i Göteborg under våren 2017.

Vi vill passa på att tacka White för möjligheten att genomföra vårt examensarbete hos er och ett extra tack till vår handledare där, Jan Larsson för sitt stora engagemang och stöd under arbetets gång samt John Helmfridsson som varit till stor hjälp.

Vi vill även tacka vår handledare och examinator Holger Wallbaum, professor i hållbart byggande på institutionen för Bygg- och miljöteknik på Chalmers Tekniska Högskola för god vägledning och feedback under arbetets gång.

Göteborg juni 2017

Karin Gustafsson

Johanna Theorin

Begrepp

Absorption – egenskapen hos ett material att uppta något

A_{temp} – den invändiga arean i byggnaden för våningsplan, vindsplan och källarplan som värms upp till mer än 10°C

Bordopat skikt – ett skikt dopat med bor vilket ger ett underskott på elektroner

Deponi – soptipp

Dopningsmaterial – ett material där ett eller flera ämnen tillsatts för att förändra grundmaterialets egenskaper, kan ge ett överskott eller underskott på elektroner. Vid överskott benämns ämnet som n-dopat och vid underskott p-dopat.

Elektroder – skapar en elektrisk kontakt mellan icke-metalliska material

Greenwash – något som ska vara bra för miljön men som bara är strunt, ”grönt skitsnack”

Halvledarmaterial - en grupp material som leder elektrisk ström dåligt men som inte stoppar strömmen helt. En halvledare leder ström sämre än en ledare men bättre än en isolator.

Klimatneutralitet – när nettosumman av en verksamhets eller produkts totala klimatpåverkan är noll

Klimatnytta – att göra något bra för miljön

Klimatkompensation – utsläppen av en verksamhet eller en produkt kompenseras med samma mängd

Klimatstrategi – en strategi för ett företag att ta sig an klimatfrågor

Koldioxidekvivalenter – utsläpp av växthusgaser översatt till hur mycket koldioxid som skulle behöva släppas ut för att ge samma verkan på klimatet

Kontaktskikt – samlar ihop elektrisk laddning i en kopplingspunkt

Nollemissionsbyggnad – en byggnad som inte släpper ut några växthusgaser

Plastsubstrat – ett material i plast

PN-koppling – en koppling mellan n- och p-dopade (se förklaringen för dopningsmaterial) halvledare, exempelvis en glödlampa

Systemgränser – delar upp och synliggör olika energiflöden och energianvändningar

Toxisk – giftig

Vaggan till graven – när exempelvis en produkt följs genom hela livscykeln, från början till slut

Verkningsgrad – en dimensionslös storhet som betecknar förhållandet mellan nyttiggjord och tillförd energi

ZEB-OM – en nollemissionsbyggnad (Zero Emission Building) där byggnadens förnyelsebara energiproduktion kompenserar för utsläpp vid drift (O) och tillverkning av byggnadsmaterial (M)

Förkortningar

CDM – Clean Development Mechanism

CO₂e – Koldioxidekvivalenter

FN – Förenta Nationerna

EU – Europeiska Unionen

ISO – Internationella standardiseringsorganisationen

IVL – Svenska Miljöinstitutet

JI – Joint Implementation

KTH – Kungliga Tekniska Högskolan

kWh – Kilowatt timme

LCA – Life Cycle Assessment (Livscykelanalys)

LCI – Life Cycle Inventory (Inventeringsanalys)

LCIA – Life Cycle Impact Assessment (Konsekvensbedömning)

MW – Megawatt

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change

SMHI – Sverige Meteorologiska och Hydrologiska Institut

SGS – Stiftelsen Göteborgs Studentbostäder

TWh – Terawatt timme

VER – Verified/Voluntary Emission Reductions

ZEB – Zero Emission Buildings

ZEB-OM – Zero Emission Buildings, Operation and Production

1 Inledning

“Hållbar utveckling är utveckling som tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodose sina behov” (Brundtland, 1987). Idag är hållbar utveckling eller sunt byggande något som står högt upp på agendan då det blir allt mer tydligt vilka konsekvenser våra handlingar har på miljön. Vad innebär hållbar utveckling i byggbranschen i Sverige egentligen?

Med dagens brist på bostäder och en värld där klimatproblemen blir allt större är det viktigt att finna en balans. Att bygga nytt och hållbart är en utmaning där allt fler aspekter spelar in. Boverket har en vision att “Allt byggande sker med fokus på människors behov av livskvalitet, god hälsa och hushållning med resurser” (Boverket, 2012). Stämmer detta eller är det en livlig fantasi? För att komma till insikt behöver allt fler bli överens om att det ska ske en omställning.

"Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas" (Boverket, 2016). Idag arbetas det för fullt med att göra byggnader så miljövänliga som möjligt genom kloka val av material till olika komponenter i en byggnad. Utöver detta arbetas det fram mer miljövänliga energikällor vilket gör att en stor del av en byggnads totala klimatpåverkan uppstår under byggprocessen. Klimatpåverkan från byggnadsbranschen i Sverige står för cirka 10 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år (Boverket, 2017). Det betyder att byggbranschen står för cirka 17% av Sveriges utsläpp av växthusgaser (Byggdialog, 2015). Det motsvarar ungefär utsläppen från landets alla personbilar tillsammans.

1.1 Bakgrund

I takt med att klimatproblemen ökar blir klimatfrågor allt mer aktuella. För att minska påverkan sätts ständigt nya mål och begränsningar upp, både nationellt och internationellt. Olika klimatmöten har lett till internationella överenskommelser där klimatpåverkan begränsas, exempelvis Kyotoprotokollet, Parisavtalet och Agenda 2030. I Sverige har 16 miljö kvalitetsmål tagits fram för att ha något konkret att arbeta med (Miljömål, 2017). Några av målen handlar om att arbeta mot friskare luft, begränsa klimatpåverkan, en giftfri miljö samt levande skogar.

År 2003 dök ett nytt begrepp upp runt om i världen för att bättre kunna beskriva de klimatpåverkningar en produkt eller verksamhet har (Svenska Naturskyddsföreningen, 2006). Begreppet klimatneutralitet. Det är än idag ett nytt begrepp då det tog några år innan det började användas och det är fortfarande många som inte känner till vad begreppet innebär.

Begreppet klimatneutralitet syftar på att nettosumman av en verksamhets eller produkts totala klimatpåverkan ska bli noll (Tricorona, 2016). Det innebär att de utsläpp verksamheten eller produkten har behöver kompenseras med samma mängd, detta kallas klimatkompensation. Innebörden av att klimatkompensera är idag central för utvecklingen av hållbart byggande. Alla människor bidrar till koldioxidutsläppen, vilket gör att klimatkompensationer blir ett viktigt inslag i vardagen.

Arbetet skrivs tillsammans med White Arkitekter AB, ett av Skandinaviens ledande arkitektföretag (White, 2017). Hållbarhet och god hushållning med naturens resurser är viktiga delar i Whites filosofi och i deras hållbarhetspolicy satsar företaget mot att vara ledande i utvecklingen av hållbar arkitektur, design och samhällsplanering (White, 2016). Att satsa på klimatneutralitet är ett steg mot hållbarhet och något som White arbetar med. I samband med en tävling där företaget deltog och vann med ett förslag på klimatneutrala studentbostäder, vill de nu veta mer om begreppet och om solceller räcker som kompensation för att studentbostäderna ska bli klimatneutrala.

1.2 Avgränsningar

Rapporten fokuserar på att reda ut begreppet klimatneutralitet för att med tydlighet kunna ge den okunnige en överskådlig förklaring av vad det innebär. Att undersöka och få en inblick av ordet i sin helhet, samt bakgrund till varför ordet används idag. Även begreppet klimatkompensation undersöks för att ge en uppfattning av vad det innebär och dess koppling till klimatneutralitet. Området som White projekterat fram består av sex hus, hus A-F enligt Figur 1. Detta arbete kommer att fokusera på hus D och är begränsat till att undersöka om de planerade solcellerna räcker till som klimatkompensationsåtgärd på detta hus. En undersökning kommer även göras om vindkraft kan användas som ett alternativ eller eventuellt som komplement till solcellerna.



Figur 1. Situationsplan över Whites studentbostäder där hus D är inringat. Författarnas egna bild.

Utsläppsberäkningarna i arbetet kommer att grundas på en av IVL redan utförd LCA av ett liknande trähus i Sundbyberg utanför Stockholm. Detta för att kunna göra en mindre omfattande LCA för studentbostäderna vid Sven Brolids väg. Utsläppsberäkningarna kommer innefatta del A-C i den norska LCA-modellen men ingen hänsyn kommer att tas till del D. Klimatpåverkan på solcellernas produktion och livslängd kommer inte att tas med i rapporten.

1.3 Syfte

White vann en tävling gällande nya studentbostäder som kommer att uppföras på Sven Brolids väg i Göteborg. Företagets egna miljöspecialister utnämnde byggnaderna till klimatneutrala och vill nu utveckla mer kunskap om begreppet för att kunna fortsätta arbeta med hållbar utveckling samt applicera det på framtida projekt. Syftet och målet med denna rapport är att ge människor en välgrundad och lättförståelig förklaring på vad klimatneutralitet är genom att presentera det tydligt och strukturerat. Arbetet kommer att ge lärdom om klimatkompensation samt om solceller och vindkraft som kompensationsåtgärder. Därefter utförs beräkningar på husets utsläpp för att sedan jämföras med solcellernas energiproduktion. Slutligen presenteras ett resultat som visar om det är möjligt att göra hus D klimat neutralt, om det räcker att klimatkompensera med de planerade solcellerna eller om ytterligare åtgärd krävs för att huset ska bli klimat neutralt.

2 Utgångspunkter

För att lättare kunna förstå rapporten presenteras här lite bakgrundsinformation som kommer att ligga till grund för arbetets vidare fördjupning.

2.1 Klimatneutralitet

Klimatneutralitet är ett komplext begrepp. Enligt Tove Malmkvist, docent från KTH, innebär klimatneutralitet: "att det system som betraktas som klimatneutralt inte ger några klimatpåverkande utsläpp".

För att förstå och kunna börja använda begreppet i vardagen måste dagens tänk gällande nybyggnationer förändras. Ordet klimatneutralitet har en stor innebörd och betyder att byggandet måste planeras, alltså vilka byggnadsmaterial som kommer att användas, samt hur dessa råvaror egentligen produceras. Även vid ombyggnationer och renoveringar är detta viktigt att ta hänsyn till.

Utsläppen i de olika faserna kan därefter börja minimeras. För att en förändring ska kunna ske krävs det även att de utsläpp som inte kan tas bort kompenseras för och att medvetenhet väcks om vilka påverkningar våra val har på klimatet.

2.2 Tävling om nybyggnation av studentbostäder

Det var från SGS, Stiftelsen Göteborgs Studentbostäder, som White fick förfrågan om att delta i en tävling som gick ut på att projektera fram ett förslag till nya studentbostäder vid Sven Brolids väg i Göteborg. "För att få fram idéer på bra lösningar har vi valt att gå ut på parallellt uppdrag till tre arkitektkontor. Ni är ett av dessa. Efter att ni har studerat förutsättningarna och kommit fram till ett första utkast träffas vi för en avstämning. Därefter återkommer ni med en slutredovisning" berättar Thomas Jaxing på SGS. Förslagen skulle sedan diskuteras tillsammans med Stadsbyggnadskontoret och Lokalsekretariatet.

Det var när förslagen till studentbostäderna bearbetades som idén växte fram att klimatneutrala byggnader skulle vara nischen. I en mejlkonversation med John Helmfridsson som arbetar med miljöfrågor på White, säger han att deras definition på klimatneutralitet är att "White har lutat sig mot Norges definition för ZEB-OM. En byggnad skapar klimatpåverkan under sin produktion och drift.

Genom att balansera det med

1. förnybar energiproduktion på plats
 2. lagring av kol
 3. viss mängd extern förnybar energiproduktion,
- kan byggnaden definieras som klimatneutral."

3 Metoder

Genom kvalitativ forskning bestående av litteraturstudier så som artiklar och rapporter presenteras vad klimatneutralitet och klimatkompensation innebär.

Med hjälp av sökmotorer som Google och Chalmers Publication Library har grundliga studier kunnat utföras. Nyckelord så som klimatneutralitet, klimatkompensation, solceller, vindkraft samt svenska miljömål med mera har använts för relevant fakta. Studierna har sedan sammanställts i en rapport med några tydliga citat från de mejlintervjuer enligt bilaga 3 som genomfördes med Tove Malmqvist, John Helmfridsson och Thomas Jaxing.

Resultaten applicerades sedan på ett av Whites nyprojekterade studentbostadshus och för att kunna tydliggöra resultatet gjordes utsläppsberäkningar. Utsläppsberäkningarna utgick från en norsk modell på livscykelanalys. Siffrorna på utsläppen är tagna från ett liknande flerbostadshus, vid namn Strandparken. Dessa siffrorna har sedan applicerats med hänsyn till areauppgifter på studentbostäderna, hus D.

4 Klimatpåverkan

De allra flesta är medvetna om de globala klimatproblem som finns idag. För att komma till rätta med eller i varje fall inte förvärra problemen måste första målet vara att minska koldioxidutsläppen. En minskning av koldioxidutsläppen vid exempelvis en nybyggnation kan genomföras vid val av material, transporter eller en effektivisering av produktionen. Oftast räcker dock inte dessa typer av val för att minska utsläppen tillräckligt mycket utan resterande del av utsläppen bör därför klimatkompenseras.

4.1 Klimatkompensation

Klimatkompensation innebär en finansiering av en åtgärd som leder till en reducering av utsläpp (Tricorona, 2017a). Den totala reduceringen ska vara av samma mängd som det utsläpp som kompenseras för. Klimatkompensationer kan göras på flera olika sätt, exempelvis genom;

- Utsläppsrätter
I början av varje år finns det ett visst antal utsläppsrätter och allt eftersom dessa handlas upp raderas de ur den totala kvoten (Utsläppsrätt, 2017a). Det finns några olika system för att köpa utsläppsrätter, exempelvis inom EU och FN. För att få företag att reducera sina utsläpp kan taket för mängden utsläpp minskas (Energimyndigheten, 2015a). Detta leder till att de tillgängliga utsläppsrätterna minskar i antal och blir dyrare vilket motiverar företagen att istället arbeta för att minska sina utsläpp.
- CDM (Clean Development Mechanism)
CDM är en åtgärd som kommer från Kyotoprotokollet och innebär att investeringar görs i projekt som strävar mot att hitta nya lösningar för att minska utsläppen (Utsläppsrätt, 2017b). Åtgärden innebär att för varje minskad ton koldioxid dessa projekt leder till skapas en så kallad ”certifierad utsläppsminskningsenhet”. Denna enhet kan sedan säljas. Dessa projekt regleras av Kyotoprotokollet och FN:s klimatkonvention UNFCCC. Många CDM-projekt är investeringar i förnybar energi så som exempelvis solkraft eller vindkraft (Tricorona, 2017b).
- Det finns fler liknande varianter av CDM, bland annat JI (Joint Implementation) och VER (Verified/Voluntary Emission Reductions) (Utsläppsrätt, 2017b).

Det finns även andra typer av klimatkompensationsåtgärder som inte ingår i de ovan nämnda, exempelvis solkraft och vindkraft som tas upp i detta arbete. Dessa åtgärder minskar klimatpåverkan genom att producera grön el och på så sätt konkurrera ut mindre miljövänliga alternativ.

4.2 Att klimatkompensera

Det finns flera sätt att argumentera varför det är så viktigt att klimatkompensera. I en mejlkonversation med Tove Malmqvist svarade hon att “det handlar ju framförallt om att man vill uppnå en viss “definition” vare sig det handlar om “klimatneutralitet” eller “nollemissionsbyggnad”. Om definitionen är heltäckande och robust, är klimatkompensation något bra. Men klimatkompensation kan också vara greenwash.”

Klimatkompensation bör göras för att minska utsläpp av växthusgaser, inte bara genom att ta bort de fossila bränslena utan ersätta de med nya metoder som solceller eller dylikt. Det kan även kompenseras med exempelvis vindkraft för att motverka utsläppen, vilket ger flera positiva effekter både ekonomiskt och socialt utöver klimatnyttan (Tricorona, 2017a). Ekonomisk trygghet och god hälsa bland människor är viktigt då människor idag lever i en stressad värld med högt tempo.

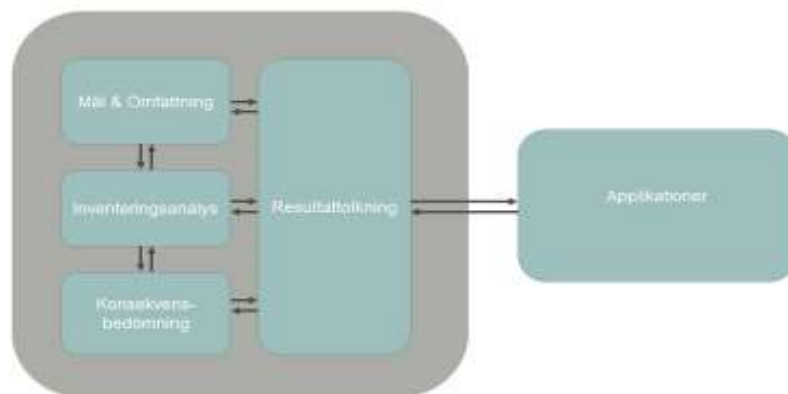
Inte minst är det idag viktigt att skapa sig en bra klimatstrategi då det är möjligt att göra stora kostnadsbesparingar för verksamheten (Tricorona, 2017a). Klimatkompensation kan ha en stor betydelse för varumärkets innebörd och företagets image samt att det kan öka dess trovärdighet. En organisations varumärke väger tungt och en klimatstrategi kan vara avgörande för att behålla kunder och medarbetare, men även för att vidga vyerna.

5 Livscykelanalys

LCA står för Life Cycle Assessment eller Livscykelanalys på svenska och är en metod som utforskar ”vaggan till graven”-principen (IVL, 2017). Det är en metod där alla faser i en process eller produkts livscykel utvärderas. Hela kedjan från råvaruutvinning till produktion och slutligen återvinning eller deponi tas med, exempelvis från det att en granplanta planteras till att den avverkas och blir material till en byggnad för att slutligen eldas upp. Syftet med en LCA är att ge en uppfattning om hur stor, men även vilken typ av miljöpåverkan samt vilka resursflöden som finns under en livscykel. Eftersom varje fas undersöks var för sig fås efter genomförd analys en tydlig uppställning av i vilka skeden störst utsläpp sker och även vilken typ av utsläpp det handlar om. Utifrån LCA:n kan företag sedan identifiera vilka åtgärder som behöver tas till samt var i kedjan de behöver sättas in för att utsläppen ska minska.

Enligt ISO 14040:2006 består utförandet av en LCA av fyra olika faser (ISO, 2006):

1. Beskrivning av mål och omfattning - undersökningens syfte, detaljnivå samt systemgränser beskrivs
2. Inventeringsanalys (LCI) - insamling av in- och utgångsdata som krävs för att utföra studien enligt beskrivna mål och syften
3. Konsekvensbedömning (LCIA) - ytterligare information ges för att bättre kunna förstå en produkts livscyklus miljöpåverkan
4. Resultattolkning - resultaten från LCI och LCIA summeras och diskuteras och leder till en slutsats med rekommendationer där hänsyn tagits till studiens syfte och mål

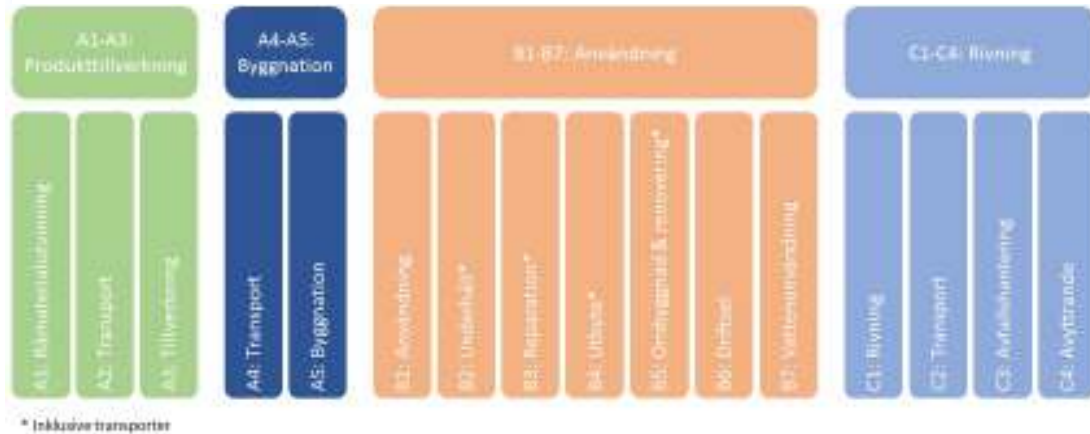


Figur 2. Faserna i en LCA enligt ISO 14040:2006. (ISO, 2006). Författarnas egna bild.

För att avgränsa en livscykelanalys används så kallade systemgränser. Med dessa gränser anges exempelvis hur långt de olika flödena följs, det geografiska läget där en produkt eller process tillverkas och används samt under vilken tidperiod undersökningen gäller (Sveriges Lantbruksuniversitet, 2017).

Det finns ingen generell metod för hur beräkningarna i en LCA ska utföras och det finns därför ett flertal olika. Denna rapport grundar sig på en norsk metod beskriven i rapporten ”A Norwegian ZEB Definition Guideline”. Metoden är indelad i tre olika huvuddelar som innehåller ett antal mindre delar enligt tabell 1 nedan.

Tabell 1. Systemgränser enligt NS-EN15978:2011. Författarnas egna tabell.



Del A symboliserar utvinning och produktion av de olika byggnadsmaterialen, tillhörande transporter samt bygge och installation av en byggnad (Fufa, Schlanbusch, Sørnes, Inman, & Andresen, 2016). Del B utgör driftsfasen och användandet. Där ingår delar som underhåll, reparationer samt energi- och vattenåtgång. Del C behandlar rivning, tillhörande transporter, avfallshantering och avyttrande. Den sista delen, del D, tas inte med i alla metoder men där tas hänsyn till återanvändning, återvinning samt exporterad energi.

5.1 Studentbostäder på Sven Brolids väg

I bilaga 1 skriver White att ”med dagens energidebatt och hotande klimatsituation är miljöriktigt byggande inte något konstigt.” Studentbostäderna skulle utformas så att de blev hållbara och klimatneutrala. Det var tanken som låg bakom när bostäderna på Sven Brolids väg i Göteborg ritades.



Figur 3. Whites studentbostäder där fasaden med ribbor i trä syns samt taket i plåt. (White, 2015). Återgiven med tillstånd.

Som byggnadsmaterial valdes trä då det är ett hållbart material och ett bra val för att kunna göra bostäderna klimatneutrala. White ansåg att det var det mest lämpliga alternativet. Trots val av ett hållbart material återstår att kompensera för den klimatpåverkan byggnaden orsakar under hela livscykeln, från utvinning och tillverkning av byggnadsmaterialen till byggnation, driftsfas och rivning. För att kompensera för detta valde arkitekterna att placera solceller på de delar av taken som vetter mot väst enligt bilaga 1.

Bilagan visar även att fasaden är uppbyggd av ribbor i trä med en mörk underliggande träskiva. För att lättare kunna producera fasaden utformades den på så vis att den fick en enhetlig rytm och kunde prefabriceras i fasadelement med en stomme av trä. Som materialet på taket bestämde sig arkitekterna för plåt. På plåten placeras solceller på den halvan av taket som ligger i västerläge, detta i förhoppning att göra byggnaden klimatneutral.

5.1.1 LCA-beräkningar på studentbostäder

Med hjälp av resultat från LCA-rapporten Byggandets klimatpåverkan från IVL (2016) enligt bilaga 4 som handlar om ett liknande flerbostadshus kallat Strandparken, kunde LCA-beräkningar göras på bostäderna på Sven Brolids väg. Flerbostadshuset Strandparken har även det stomme och fasad i trä, vilket gör att de värden som använts vid beräkningarna för det projektet även skulle kunna användas för en LCA-beräkning på Whites studentbostäder. De nya byggnaderna projekteras med en tänkt livstid på cirka 50 år vilket ger att även LCA-beräkningarna görs för 50 år.

Som nämnts i tidigare kapitel användes den norska modellen för LCA-beräkning. Siffrorna från "Byggandets klimatpåverkan" syns i den andra kolumnen i tabell 2 nedanför och areorna i tredje kolumnen kommer från ritningarna på Whites studentbostäder, se bilaga 2. Kolumn fyra i tabellen visar mängden CO₂e i kilogram för hus D under ett år beräknat på värden per m²A_{temp} och år från Strandparken. Den sista kolumnen visar samma värden fast beräknade över hela byggnadens livslängd på 50 år.

Tabell 2. LCA-beräkningar. Författarnas egna tabell.

	kg CO ₂ e/m ² A _{temp} år	m ² A _{temp}	År	
			1	50
			kg CO ₂ e	kg CO ₂ e
A1-A3	5	3 425	17 125	856 250
A4	0,32	3 425	1 096	54 800
A5	0,46	3 425	1 576	78 775
B1	-0,006	3 425	-20,55	-1 027,5
B2-B4	1,06	3 425	3 630,5	181 525
B6	7,34	3 425	25 139,5	1 256 975
B7	0,325	3 425	1 113	55 656
C1-C4	0,18	3 425	617	30 825
SUMMA:			50 276	2 513 779

Enligt Boverket är A_{temp} den ytan som en byggnads specifika energianvändning ska beräknas efter (Boverket, 2014). Med A_{temp} menas den i byggnaden invändiga arean för våningsplan, vindsplan och källarplan som värms upp till mer än 10°C.

På tabellens sista rad längst till höger syns de utsläpp byggnaden har under hela sin livscykel. Det är därmed cirka 2 515 000 kg CO₂e som behöver kompenseras under byggnadens livscykel. Är detta möjligt att utföra?

6 Solceller

Det var på 1950-talet som utvecklingen av solceller tog fart som en teknik att förse de första satelliterna som skulle skickas upp i rymden med energi (Energikunskap, 2013). Den fortsatta utvecklingen av solceller gick snabbt men förblev i jämförelse med andra energialternativ allt för dyr och enbart ett alternativ där avstånden till elnätet var långt. I Sverige var det först till fyrar vid haven och nödtelefoner i fjällen som solcellerna började etableras. Idag har tekniken blivit både billigare och mer effektiv samtidigt som kostnaden för energi ökat. Detta tillsammans med ett helt annat miljöfokus har på senare tid lett till en snabb utveckling. I dag drivs cirka 20 000 fritidshus med el från solceller och kunskapen för större hushåll finns och testas allt mer. Idag är dock den storskaliga produktionen av el från solceller relativt liten och motsvarar mindre än 0,1% av den totala elproduktionen i Sverige (Naturvårdverket, 2010).

Solen kan betraktas som vår absolut mest värdefulla förnyelsebara källa för energi (Vattenfall, 2017). Enligt SMHI ger solen en genomsnittlig strålningseffekt i Sverige över ett år på 1366 W/m^2 (SMHI, 2015).

Enkelt förklarat så är principen för solcellens funktion att: när solens strålar möter solcellernas yta uppstår genom cellens så kallade halvledarmaterial en elektrisk spänning, på cirka 0,5V, mellan cellens fram och baksida (Energikunskap, 2013). Varje enhet består sedan av ett flertal celler som kopplas ihop i serie för att öka spänningen till en nivå som går att använda. Det innebär att en kvadratmeter solcellspanel i Sverige ger i storleksordningen 150 watt/m^2 sett över en årscykel (Energimyndigheten, 2015b). Dock beror det även på vad det är för typ av system. I verkligheten kommer givetvis även panelens placering i förhållande till väderstreck och lutning få ytterligare inverkan på hur stort energiutbytet blir.

Det brukar diskuteras två olika huvudtyper av solceller, dels den kiselbaserade tekniken som kommer att avhandlas här tillsammans med den icke kiselbaserade tunnfilmstekniken som finns i ett par olika varianter. Idag sker mycket forskning och utveckling vilket gör att nya tekniker och kombinationer av olika material dyker upp i syfte att kunna producera billigare och miljövänligare el samt att öka verkningsgraden.

Likt vindkraft som behandlas i senare kapitel är solcellernas miljöpåverkan försumbar i driftfasen och det är i faserna före och efter som miljöpåverkan finns (Vattenfall, 2017). Vid tillverkningen används mycket energi samt en hel del relativt sällsynta metaller. Därefter ska den färdiga produkten distribueras till den plats den ska användas vilket bidrar till emissioner av koldioxid och kvävedioxid samt svavel och sotpartiklar. Detta kompenseras dock väl under solcellernas livscykel jämfört med om energin skulle komma från fossila bränslen. En modern solcellsmodul har en beräknad livslängd på cirka 25 år.

Demonteringen av solcellerna och vilken miljöpåverkan detta ger är idag okänd (Naturvårdverket, 2010). Tillgången på flertalet material som används i solceller är begränsade och det är sannolikt både ekonomiskt och miljömässigt intressant att försöka återvinna dessa. Emissioner från energin för återvinning av solcellerna antas därför vara den huvudsakliga faktorn vid demontering.

6.1 Kiselbaserade solceller

Det finns två olika varianter av de kiselbaserade solcellerna, polykristallina och monokristallina solceller.

6.1.1 Polykristallina och monokristallina solceller

De polykristallina solcellerna är de idag allra vanligaste solcellerna på marknaden då de är förhållandevis enkla att tillverka och har lång livslängd (Ultra Energi, 2010). Denna typ av solcell är tillverkad av flera mindre kiselkristaller i varje cell. Solcellen har en verkningsgrad på ungefär 12–14%. Efter 25 års användning beräknas solcellen ha kvar cirka 80% av sin ursprungliga verkningsgrad (Electrotec Energy, 2017).

De monokristallina solcellerna är den äldsta solcellstekniken, och är fortfarande den mest effektiva (Ultra Energi, 2010). Med någon procent högre verkningsgrad än de polykristallina uppnår de en verkningsgrad på mellan 12–16%. Denna typ av solcell består endast av tunna skivor från ett enkristallint kiselblock vilket är kvalitetsmässigt bättre men samtidigt svårare att framställa (Electrotec Energy, 2017). De monokristallina alstrar även mer energi vid icke optimala solljus förhållanden än de polykristallina.

6.1.2 Funktion

De båda varianterna av kiselbaserade solceller fungerar på ett likartat sätt, det är bara material och tillverkningsteknik som skiljer dem åt.

De kiselbaserade solcellerna är normalt sett uppbyggda i fyra olika skikt (Elinstallatören, 2015). Då kisel är ett halvledande material dopas det med olika material i olika skikt. Detta för att skapa skikt med olika laddning vilket skapar elektrisk spänning mellan dessa. Det översta skiktet i en kiselbaserad solcell fungerar som ett tunt skydd för de underliggande skikten. Genom sin mörka färg ökas absorptionen av solljus. Skiktet är försett med elektroder som binds samman vid en kopplingspunkt. Nästa skikt är det fosfordopade kiselskiktet som har ett överskott på elektroner. Det är där den så kallade PN-övergången finns. Det tredje skiktet är ett tjockt bordopat skikt, som har ett underskott på elektroner, följt av det fjärde sista skiktet som är ett kontaktskikt. Kontaktskiktet samlar också ihop elektrisk laddning till en kopplingspunkt.

Solcellerna fungerar på så sätt att när fotonerna i solljuset träffar det första fosfordopade skiktet börjar elektronerna långsamt förflytta sig ner mot det bordopade skiktet (Elinstallatören, 2015). De negativt laddade hålen förflyttar sig sedan upp mot borskiktet. PN-kopplingen gör så att spänningen i solcellen kvarstår och kan skickas från det undre till det övre skiktet via exempelvis en glödlampa, se Figur 3.



Figur 4. Den kiselbaserade solcellens skikt. (Elinstallatören, 2015). Återgiven med tillstånd.

6.1.3 Miljöpåverkan

I de kiselbaserade solcellerna används ren kisel (Tsoutsos, Frantzeskaki, & Gekas, 2005). Kisel framställs från ämnet kiseldioxid i en mycket energikrävande process. Andra material som används i produktionen av en kiselbaserad solcell är koppar, silver och dopningsmaterial (Naturvårdverket, 2010). Framställningen av dessa metaller är energikrävande och så kallat lakvatten från denna process innehåller miljöfarliga ämnen som restprodukt. Metallerna är ändå ytterst viktiga för att solcellen ska kunna fungera på rätt sätt och verkningsgraden ska bli så hög som möjligt.

6.1.4 Energiproduktion

Med hjälp av Mohamad Kharseh, som ingår i forskargruppen Hållbart Byggnade på Chalmers Tekniska Högskola, är Tabell 2 och 3 nedanför framtagna. Värdena togs fram med hjälp av en solbedömningsmodell han själv utvecklat och som nu testas på ett bostadsområde i Växjö.

Tabellerna visar hur mycket energi de två olika kiselbaserade solcellsteknikerna kan producera på ett år. Detta med hänsyn tagen till taklutning, riktning, plats och takyta på hus D.

Tabell 3. Polykristallina solcellers energiproduktion. Författarnas egna tabell.

Polycrystalline		Model Hanwha Solar One 310		
Month	Monthly available solar energy	Specific Monthly PV electricity output	PVs electricity generation	PV efficiency
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/(300m ²)	%
Jan	10	2	509	19
Feb	26	5	1362	19
Mar	80	13	3904	18
Apr	136	21	6373	17
May	168	25	7412	16
Jun	177	26	7720	16
Jul	168	24	7163	15
Aug	128	19	5563	16
Sep	94	14	4202	16
Oct	44	7	2098	17
Nov	15	3	784	18
Dec	8	1	437	19
Annual	1053	158	47 526 kWh	16,2

Tabell 4. Monokristallina solcellers energiproduktion. Författarnas egna tabell.

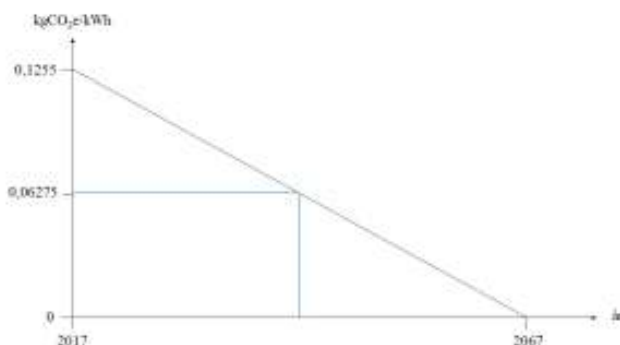
Monocrystalline		Model Motech XS72D3-320		
Month	Monthly available solar energy	Specific PV electricity output	PVs electricity generation	PV efficiency
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/(300m ²)	%
Jan	10	2	541	20
Feb	26	5	1446	20
Mar	80	14	4125	19
Apr	136	22	6710	18
May	168	26	7766	17
Jun	177	27	8079	16
Jul	168	25	7482	16
Aug	128	19	5821	16
Sep	94	15	4407	17
Oct	44	7	2211	18
Nov	15	3	831	19
Dec	8	2	465	20
Annual	1053	166	49 884 kWh	17,0

Siffrorna ovan avgör vilken teknik som passar bäst på hus D, vilket blir de monokristallina solcellerna i Tabell 4, med en energi på cirka 50 000 kWh på ett år. Räknat på en livslängd på 50 år för en byggnad skulle detta då generera el på cirka 2 500 000 kWh.

Genom att använda energin som de monokristallina solcellerna producerar, ersätts en del av den så kallade "smutsigare" elen som i dagsläget finns tillgänglig på marknaden. Solcellerna kan antas kompensera med samma mängd CO₂e som annars hade släppts ut vid produktion av "smutsigare" el.

I denna rapport räknas Nordisk elmix som den "smutsigare" elen och ersätts med solenergin. Nordisk elmix används vid beräkningar av växthusgasutsläpp från elanvändningen vid produktion av biobränslen i Sverige eftersom elen i landet

handlas från den nordiska marknaden. Enligt (Energimyndigheten, 2015d) släpper nordisk elmix idag ut cirka 125,5 gCO₂e/kWh.



Figur 5. Medelvärde för nordisk elmix under 50 år. Författarnas egna bild.

Figur 4. ovan beskriver grovt hur vårt antagande att den “smutsiga” Nordiska elmixen är idag och hur det kommer att se ut om 50 år, då antagandet är att all el är ren el. Eftersom den rena elen inte har några utsläpp kommer då värdet vara 0. För att kunna beräkna en ungefärlig siffra för utsläppen på hus D är medelvärdet för den Nordiska elmixen aktuell, alltså 62,75 gCO₂e/kWh.

För att producera samma mängd energi som solcellerna, alltså 2 500 000 kWh, hade detta lett till utsläpp enligt ekvation 1.1 nedan:

$$0,06275 \frac{kgCO_2e}{kWh} \times 2\,500\,000 \text{ kWh} = 156\,875 \text{ kgCO}_2e \quad (1.1)$$

Förhoppningen är att energiutvinningen från de monokristallina solcellerna kan kompensera alla utsläpp i byggnadens livscykel, från materialtillverkningen till demonteringen.

6.2 Tunnfilmssolceller

Tunnfilmssolceller, även kallade amorfa solceller är en annan typ av solcellsteknik.

De har en verkningsgrad på cirka 5–7%, och kapaciteten hos denna typ av solceller minskar relativt fort med tiden till skillnad från exempelvis de kiselbaserade solcellerna (Ultra Energi, 2010). Effektiviteten av tunnfilmssolcellerna är rätt låg vid jämförelse med den kiselbaserade solcellstekniken (Electrotec Energy, 2017).

6.2.1 Funktion

Tunnfilmssolceller består av solceller i långsmala band (Solar Region, 2016). Dessa band ligger tätt intill varandra i en tunn film av plastsubstrat. Solcellerna är tillverkade av plast som sedan är täckta av ett lager halvledande metaller eller halvmetaller (Naturvårdverket, 2010).

6.2.2 Miljöpåverkan

De halvledande metallerna eller halvmetallerna kan exempelvis vara kadmium, indium, gallium eller tellur (Alsema, de Wild-Sholten, & Fthenakis, 2006). Idag är dessa metaller relativt sällsynta och är energikrävande vid brytning och framställning. I produktionen påvisar även metallerna att de är toxiska.

Miljöpåverkan i produktionsfasen för tunnfilmssolceller är lägre än de kiselbaserade solcellerna, men med en minskad effektivitet är produktionen av el mindre än under de kiselbaserade solcellernas livstid (Alsema et al., 2006). Under tunnfilmssolcellens livstid tas den minskade miljöpåverkan ut på grund av den lägre effektiviteten.

6.2.3 Energiproduktion

Mohamad Kharseh hjälpte även till med att göra en exakt likadan utredning på tunnfilmssolcellerna som för den kiselbaserade solcellstekniken. Värdena för tunnfilmssolcellerna är redovisade i Tabell 5. Det framkom att det fortfarande var de monokristallina solcellerna som var de bästa för byggnaden.

Tabell 5. Tunnfilmssolcellers energiproduktion.
Författarnas egna tabell.

Thin-film		Model Stion STN-125		
Month	Monthly available solar energy	Specific Monthly PV electricity output	PVs electricity generation	PV efficiency
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/(300m ²)	%
Jan	10	1	331	12
Feb	26	3	893	12
Mar	80	9	2662	12
Apr	136	15	4452	12
May	168	18	5356	11
Jun	177	19	5618	11
Jul	168	18	5281	11
Aug	128	14	4057	11
Sep	94	10	3016	12
Oct	44	5	1454	12
Nov	15	2	522	12
Dec	8	1	286	12
Annual	1053	113	33 928 kWh	11,6

7 Vindkraft

Utvinnandet av energi och kraft från vinden har länge utnyttjats och det började med väderkvarnar redan för 3 000 år sedan (Energimyndigheten, 2015c). De drevs av vindenergi och har använts till ett antal olika ändamål såsom att mala säd och pumpa vatten. I Figur 5. här bredvid syns en bild av några gamla väderkvarnar i Lerkaka på Öland (Meister, 2008). Under 1200-talet kom väderkvarnarna till Europa och de var under den tiden ända fram till 1800-talets slut en av de viktigaste energikällorna. Det var då i slutet på 1800-talet som den danske uppfinnaren Poul la Cour insåg vindkraftens potential och år 1891 utvecklade han det första elproducerande vindkraftverket. I samband med den stora oljekrisen i slutet av 1970-talet började ett flertal länder bland andra Sverige, Danmark och Tyskland satsa på forskning och utveckling av vindkraft då de ville minska beroendet av olja och det var först då den moderna vindkraftstekniken började ta fart. Figur 6. här nedanför visar ett modernt vindkraftverk (Kubina, 2008).



Figur 6. Mühlen von Lerkaka [Lerkaka kvarnar] (Meister, 2008). CC BY-SA 3.0



Figur 7. Somerset Wind farm, Pennsylvania (Kubina, 2008). CC BY-SA 2.0

Under 2000-talet, och framförallt de senaste 10 åren, har vindkraften haft en snabb utveckling (Energimyndigheten, 2016a). Tidigare har vindkraftverk främst placerats i södra Sverige och på Gotland men under senare år har utvecklingen lett till att det nu finns ett antal anläggningar även i norra Sverige. Anledningen till att det först på senare år har börjat byggas anläggningar i norra Sverige beror på att det tidigare inte placerats vindkraftverk där, då energin inte kunnat utvinnas på ett effektivt sätt i kallt klimat och i skogar.

År 2040 har Sverige som mål att ha ett helt förnybart elsystem (Energimyndigheten, 2014). Vindkraft är precis som solkraft en förnybar energikälla som kommer att spela en stor roll för att uppnå detta mål. Utvecklingen ha hittills gått fort framåt. De svenska vindkraftverken producerade knappt 1 TWh år 2005 och till år 2015 har produktionen ökat till 17 TWh. Detta motsvarar en ökning från cirka 0,5% till 10% av Sveriges totala elproduktion. Detta trots att ett vindkraftverk endast kan tillvarata cirka 50% av vindens energi (Jämtkraft, 2017). Vindkraftverken placeras därför helst på platser där det blåser mycket och det finns idag både land- och havsbaserad vindkraft (Naturvårdverket, 2010). Den landbaserade är den som är störst och utgör cirka 95% av det totala antalet verk och svarade för cirka 89% av elen producerad av vindkraft år 2014. Till år 2020 har riksdagen satt upp ett planeringsmål som säger att vindkraften då ska ha ökat produktionen av el till 30 TWh (Energimyndigheten, 2016b).

7.1 Funktion

Enligt boken *Förnybar energi* skriven av Göran Sidén (2012) får ett vindkraftverk sin energi från att det fångar upp skillnader i luftens rörelseenergi före och efter verket (Sidén, 2012). Som nämnt i tidigare kapitel har ett modernt vindkraftverk en verkningsgrad på cirka 50%. Enligt Betz' lag, uppkallad efter den tyske fysikern Albert Betz, som beskriver förhållandet mellan vindhastigheten innan och efter verket, är utbytet som störst när vindhastigheten innan och efter verket sjunker till en tredjedel och en maximal effekt på 59,3% kan då tas ut. Detta är på grund av att om ett vindkraftverk skulle kunna utvinna all energi ur vinden skulle luften efter vindkraftverket vara helt stillastående. Enligt Sidén (2012) beror skillnaden från de 59,3% ner till de 50 som moderna vindkraftverk kan ta ut till stor del på olika förluster i överföring och omvandling. Utvecklingsarbetet av vindkraftverk fokuserar därför bland annat på att göra nya verk mindre materialkrävande, driftsäkrare, tystare och mer estetiska då moderna verk inte kan bli så mycket mer effektiva.

Ett vindkraftverk fungerar som så att när vinden träffar kraftverkets rotorblad så börjar dessa snurra (Energikunskap, 2009). Rotorbladen är i sin tur kopplade på en axel och en växellåda som leder vidare till en generator. Det är när vinden får rotorbladen att snurra som generatoren börjar generera ström. I ett modernt vindkraftverk är rotorbladen placerade på ett cirka 100 meter högt torn. Detta beror på att vindstyrkan ökar ju högre upp rotorbladen kommer. Dock får det inte blåsa för mycket heller, maximalt får det blåsa 25 m/s. Blåser det mer än så stängs vindkraftverket av på grund av säkerhetsskäl. Ett vindkraftverk producerar el när det blåser mellan 4–25 m/s men är som mest effektivt vid vindstyrkor runt 13 m/s. Då det på de höjder där vindkraftverkens rotorblad sitter är ovanligt att det blåser mindre än 4 m/s och mer än 25 m/s kan ett vindkraftverk producera el under cirka 90% av årets timmar (Svensk Vindenergi, 2017). Sidén (2012) hävdar även att de flesta moderna verk i Sverige idag har en effekt på cirka 2–3 MW.

7.2 Miljöpåverkan

Det finns både för- och nackdelar med såväl landbaserad som havsbaserad vindkraft och många av dem är lika. Enligt utförda LCA:er omnämnda i rapporten "Förnybara energikällors inverkan på de svenska miljömålen" från Naturvårdsverket (2010) sker den största miljöpåverkan i vindkraftverkens livscykel i tillverknings- och byggnadsfasen. Enligt Sidén (2012) är moderna verk konstruerade för att behöva minimalt servicebehov och behöver endast en årlig huvudservice som kompletteras med en mindre mellanservice efter sex månader. Minimalt servicebehov leder till att verkens miljöpåverkan i driftstadiet är i princip obefintligt. Miljöpåverkningarna i tillverknings- och byggnadsfasen beror främst på framställning av de olika materialen; metaller, glas- och kolfibermaterial samt betong (Naturvårdsverket, 2010). Brytning av malm och mineraler som behövs för utvinning av olika metaller som krävs till vindkraftverken kräver stor markanvändning och kan ge upphov till skadliga läckage från slagghögar.

Enligt LCA:erna är de två största miljöpåverkanskategorierna under tillverkningsfasen användning av fossila bränslen samt utsläpp till luft (Naturvårdsverket, 2010). Den största användningen av fossila bränslen uppkommer vid tillverkning av glas- och

kolfibermaterial till vindkraftverkens rotorblad medan de största utsläppen till luft beror på cementtillverkningen (Martínez, Sanz, Pellegrini, Jiménez, & Blanco, 2009). Koldioxid, kväveoxider, kvicksilver och partiklar är exempel på utsläpp på grund av den energikrävande tillverkningen av cementen till vindkraftverkens fundament (Lenzen & Munksgaard, 2002). Trots att cementtillverkningen är mycket energikrävande är tillverkningen av vindkraftverkens torn, som ofta består av stål, den aktivitet som är mest energikrävande i tillverkningsprocessen.

Kunskapen om vilken påverkan demontering har på miljön är fortfarande relativt begränsad då det precis som solceller är en så pass ny teknik att detta inte hunnit utforskats än (Lenzen & Munksgaard, 2002). Vid demontering av ett uttjänt vindkraftverk räknas det med att stora delar av materialet ska gå att återanvända. Koppar och stål är exempel på sådant material som kan tillvaratas. Vindkraftverkens rotorblad och de havsbaserade vindkraftverks fundament förväntas hamna på deponi respektive lämnas kvar på botten. I de fall där mindre vindkraftverk har behövt flyttas för att ge plats åt större har de mindre verken oftast kunnat återanvändas på annat ställe (Naturvårdverket, 2010). Trots de utsläpp som uppstår i produktions-, drifts- och demonteringsfaserna beräknas ett modernt vindkraftverk energimässigt vara återbetalt på mindre än ett år enligt ett flertal utförda LCA:er.

För att kunna räkna på hur stor elproduktion ett vindkraftverk kan ge kan ekvation 1.2 nedanför användas. Ekvationen inkluderar två faktorer och anger hur mycket energi ett specifikt vindkraftverk kan producera. Den första faktorn är antal timmar, sett över ett års tid och den andra är medeleffekten för den typen av vindkraftverk som kommer att användas.

$$W_{\text{år}} = 8\,760 \times P_{\text{verk,medel}} [kWh] \quad (1.2)$$

Formeln säger att 8 760 är antal timmarna under ett år, och $P_{\text{verk, medel}}$ är vindkraftverkets medeleffekt (Sidén, 2012).

8 Resultatanalys

Att klimatneutralitet är ett svårt och viktigt begrepp när det kommer till byggnation och klimatpåverkan går inte att bortse från. Att börja planera i tid och våga ändra tänket vid ny- och ombyggnation är något som bör ske. De klimatkompensationsåtgärder som redan finns, exempelvis solceller och vindkraft bör tas tillvara men det behöver även forskas mer kring nya och förbättrade åtgärder och grävas djupare i dess påverkan på miljön.

Det finns många olika sätt att klimatkompensera och organisationer som FN har flera olika system för att klimatkompensera på en högre nivå, då genom exempelvis utsläppsrätter och CDM. Då exempelvis CDM innebär en finansiering av utsläppsminskande projekt finns där även en möjlighet att skapa fler jobbtilfällen vilket gynnar oss både socialt och ekonomiskt samtidigt som det ger människor en trygghet. I slutändan gynnar klimattänk även företag då det idag är viktigt att ge företaget en bra klimatstrategi eftersom det ger företagen en fördel gentemot konkurrenter.

Av en tydlig sammanställning av energiberäkningar av olika solcellstekniker kom det tillslut fram att den monokristallina solcellstekniken var något bättre än polykristallina solceller och tunnfilmssolceller ur energisynpunkt. De monokristallina solcellerna hade en energiproduktion på cirka 2 500 000 kWh, vilket vid en jämförelse med Nordisk elmix enligt ekvation (1.1) motsvarar en kompensation med 156 875 kgCO_{2e}.

LCA-beräkningarna enligt den norska modellen tog hänsyn till utsläppen från del A-C vilka tar hänsyn till utsläpp som uppstår under hela byggnadens livscykel. Allt från materialproduktion och transporter till energianvändning vid drift av byggnaden till rivning togs med. Värden från en redan genomförd LCA på en liknande träbyggnad i Stockholm användes och applicerades på hus D vilket gav ett fingervärde på byggnadens totalt utsläpp. Utsläppen beräknades bli cirka 2 515 000 kgCO_{2e} vilka behöver kompenseras med solcellsenergin för att byggnaden ska bli klimatneutral.

Att solceller var ett bra och miljövänligt alternativ som klimatkompensationsåtgärd visste nog flertalet människor redan om. Sett över en solcells livscykel så kan det snabbt avgöras att det är på sommaren solceller är mest effektiva och det är då det utvinns mest energi. Detta beror på att det är på sommaren Sverige har som flest ljusa timmar på dygnet samt att det oftast blåser mindre till skillnad från på vinterhalvåret.

På vintern däremot när det då blåser mer är vindkraft att föredra. Det diskuteras därför om Sverige inte ska satsa mer på vindkraft än solkraft då behovet av energi är som störst på vintern då det är kallt. Ett vindkraftverk kan utvinna el under cirka 90% av årets timmar och den vindkraftsteknik som används idag kan inte göras mycket mer effektiv. Utvecklingen av framtida vindkraftverk fokuserar därför på att exempelvis minimera materialåtgång samt andra åtgärder för att minska påverkan på miljön.

Av de utsläppsberäkningarna och efterforskningar som sammanställts i ord och beräkningstabeller finns nu ett resultat. Det kan nu avgöras ifall enbart den monokristallina solcellstekniken kan driva runt studentbostadshuset hus D på Sven Brolids väg. Kommer det att fungera att enbart ha monokristallina solceller på taken

för att ta hand om klimatutsläppen eller behövs ytterligare klimatkompensationsåtgärder?

Med hjälp av tabell 6 till höger och beskrivningarna i tabell 1. kan det nu konstatera att de största utsläppen blir vid materialproduktion och från byggnadens behov av driftsel. Sett över ett flerbostadshus livscykel på 50 år kan klimatutsläppen med hänsyn till alla skeden summeras till cirka 2 515 000 kgCO₂e.

Det gäller nu att de båda sidor om likhetstecknet ska bli samma för att hus D ska bli klimatneutralt.

Eftersom byggnation och drift av hus D ger upphov till 2 515 000 kgCO₂e under en livslängd på 50 år och solcellerna kompenserar med 156 875 kgCO₂e räcker det inte med enbart solceller för att täcka hus D:s behov. Det kommer att behövas ytterligare någon form av klimatkompensationsåtgärd som komplement till solcellerna. Detta kan exempelvis vara att köpa in sig i ett vindkraftverk.

Mängden CO₂e som återstår att kompensera för är alltså:

$$2\,515\,000 - 156\,875 = 2\,358\,125 \text{ kgCO}_2\text{e} \quad (1.3)$$

För att kunna beräkna hur mycket effekt ett kompletterande vindkraftverk behöver ha måste den återstående mängden CO₂e översättas till kWh igen. Översättningen görs, likt i kapitel 6, med värdet för utsläpp vid användning av nordisk elmix och följande energibehov behöver då kompenseras med hjälp av vindkraft för att byggnaden ska bli klimatneutral:

$$\frac{2\,358\,125 \text{ kgCO}_2\text{e}}{0,06275 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}} \sim 37\,580\,000 \text{ kWh} \quad (1.4)$$

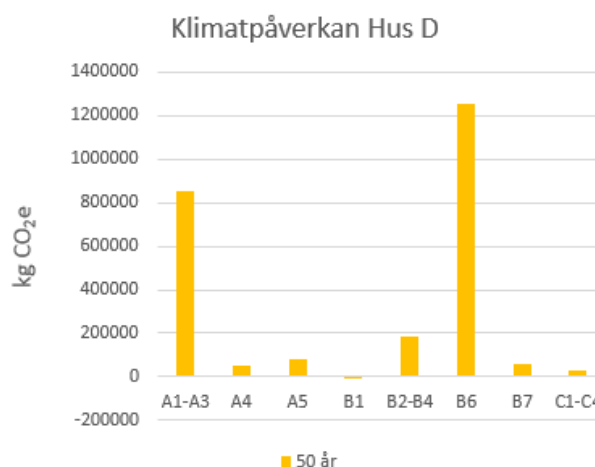
Det betyder att det krävs ett vindkraftverk med en effekt på:

$$\frac{37\,580\,000 \text{ kWh}}{8\,760 * 50 \text{ h}} \sim 86 \text{ kW} \quad (1.5)$$

för att säkerhetsställa att hus D kommer bli klimatneutralt med hållbara och sunda klimatkompensationsåtgärder. Då de flesta moderna verk som byggs i Sverige idag har en effekt på cirka 2–3 MW innebär detta att det hade räckt med att köpa in sig i ett vindkraftverk.

För att hus D ska bli klimatneutralt enligt dessa beräkningar behöver huset alltså ha monokristallina solceller på den halvan av taket som vetter mot väst samt kompletteras med ett vindkraftverk på minst 86 kW.

Tabell 6. Klimatpåverkan hus D. Författarnas egna tabell.



9 Diskussion

Denna rapport har utrett begreppet klimatneutralitet samt analyserat hur en byggnad kan bli klimatneutral med hjälp av klimatkompensationsåtgärder. Av den tid som funnits har det gjorts mycket forskande kring ämnet. Det har framkommit i rapporten att det finns många åtgärder när det kommer till att göra en byggnad klimatneutral med hjälp av olika typer av klimatkompensationer.

Med hjälp av en norsk modell gjordes en LCA för att tydliggöra hur mycket det krävs för att göra en byggnad klimatneutral och hur komplext det är att kompensera för alla olika delar från vaggan till graven. Det som gjorde att valet föll på den norska modellen hade sina grunder i att den tog hänsyn till de delar som kändes mest relevanta. I exempelvis Storbritannien räknar de bara LCA på drift men inte produktion, vilket ansågs för våra byggnader ytterst viktigt. I stora delar av Europa tas hänsyn till lagring av kol i trä och om det skulle ingått hade den utförda LCA:n blivit betydligt mer omfattande.

LCA:n utfördes på Whites nyprojekterade studentbostäder i trä på Sven Brolids väg i Göteborg, med en ide om att göra bostäderna klimatneutrala med först och främst någon form av solcellsteknik för att sedan kanske komplettera med vindkraft om det behövdes. Därför gjordes en grundlig undersökning som beskrev vilka solceller som finns men även hur solceller och vindkraft fungerar. Med hjälp av Mohamad Kharseh gjordes en jämförelse mellan de tre olika solcellsteknikerna som behandlats över hur mycket el som var möjligt att få ut från dem med hänsyn till byggnadens läge, yta, taklutning och riktning på hus D.

Jämförelsen påvisade att de monokristallina solcellerna var dem som var mest effektiva men enbart monokristallina solceller på ena sidan av taket var inte tillräckligt för att byggnaden skulle bli klimatneutral. Ett kompletterande vindkraftverk är nödvändigt och beräkningar gav att ett vindkraftverk på cirka 86 kW skulle bli ett tillräckligt komplement. Att köpa in sig i ett vindkraftverk är dyrt, men något som i längden lönar sig. Eftersom de flesta verk idag dessutom har en effekt på cirka 2–3 MW, vilket är omkring 30 gånger mer än vad som behövs för hus D kommer en stor mängd el att kunna säljas.

Andra funderingar är om hur stor skillnad det blivit om fasaden hade försetts med solceller. Hade det då räckt med enbart solceller? Solcellerna på detta tak producerar 2 500 000 kWh på 50 år men hade behövt producera cirka 16 gånger så mycket energi för att kompensera för alla utsläpp från hus D. Om en överslagsräkning görs där byggnadens västra fasad bekläs med solceller och ingen hänsyn tas till skillnader i vinkel mot solen behöver solcellerna på fasaden ha en yta på knappt 4 500 m². Av bilaga 2 kan det ganska snabbt konstateras att den inte är i närheten av så stor. Även om både den västra och södra fasaden av huset hade bekläts med solceller är det högst tveksamt att det hade räckt.

Däremot om resultatet hade blivit tvärtom att det hade skett en överproducerad mängd el från solcellerna skulle det vara ett alternativ att kunna vara kopplad direkt till det övriga elnätet. På så sätt kan elen användas av andra hushåll i närheten och kan även hämtas tillbaka lätt och smidigt när det är ont om sol och solcellerna inte kan

producera den mängd som behövs. På så sätt hade den överproducerad el även kunnat säljas och då skapat en inkomstkälla för föreningen för studentbostäderna.

I framtiden kan alternativa klimatkompensationsåtgärder för att få maximal energiutvinning exempelvis vara från vattenverk, eller energiutvinning från vågor från hav och sjöar. Detta är en relativt ny klimatkompensationsåtgärd men som definitivt bör testas. Att bättre ta tillvara på oändliga resurser för energiutvinning och fortsätta jobba med att göra de system som redan finns mer effektiva samt utveckla nya alternativ är ett viktigt steg i utvecklingen.

Utveckling vad gäller effektiviteten av moderna vindkraftverk kan som nämnt inte gå så mycket längre. Solceller däremot har långt kvar till att vara effektiva sätt att utvinna energi på. En modern solcell har en maximal verkningsgrad på cirka 16% och ett modernt vindkraftverk cirka 50%. Detta kan jämföras med att vattenkraft, vilket är den enskilt största energikällan i Sverige (Energimyndigheten, 2016c), har en verkningsgrad på över 90% (Fortum, 2016). Ett vanligt villatak i Sverige tar emot ungefär 5 gånger så mycket energi som vad ett bostadshus förbrukar bara under ett år (KTH Magazine, 2017). Här finns alltså mycket energi att hämta med hjälp av effektivare system.

Ett annat system som bygger på att ta vara på energin från solen som nu börjar utvecklas är takpannor av glas (KTH Magazine, 2017). Glaspannorna ser ut och fungerar som "vanliga" takpannor med undantaget att dem är gjorda av glas samt att de släpper igenom solljus. Under glaspannorna monteras en teknisk väv eller vätskeburna absorbatormoduler och det är dessa som tar vara på energin från solljuset i form av värme. Ett sådant system kan även kombineras med andra energisystem.

Slutsatsen med rapporten är att det inte är helt lätt att göra en byggnad klimatneutral med hjälp av olika klimatkompensationsåtgärder. Det krävs ännu en del forskning kring ämnet och människor i samhället idag behöver få höra mer om de forskningsstudier som görs och har gjorts för att få en uppfattning av hur stora miljöproblemen är. Att få människor att engagera sig i miljöfrågor är svårt men viktigt.

Det är svårt att komma fram till exakta definitioner om klimatneutralitet då det är ett oerhört komplex begrepp och det finns mycket kvar att klargöra. Därför kommer ett framtida arbete kanske bli ännu tydligare och fler nya klimatkompensationstekniker finnas på marknaden.

10 Vidareutveckling

Framtida versioner av ett fortsatt examensarbete om klimatneutralitet är mycket möjligt. Begreppet är så ofantligt stort och vårt samhälle idag fortsätter att utvecklas i rekordfart. Detta leder till att innebörden och klarheten av ordet kommer att behöva förtydligas ytterligare i takt med att forskningen går framåt.

Klimatneutralitet är inte bara ett användbart verktyg inom byggbranschen utan kan implementeras vid skapandet alla av nya produkter eller tjänster. Intresset för miljön och hur den påverkar oss blir allt större och därför kommer det finnas mycket mer att skriva om, exempelvis att klimatneutralitet provas på en viss produkts livscykel.

Det finns mycket att forska om när det gäller klimatkompensationsåtgärder. Idag behövs alla möjliga undersökningar göras för att rädda vårt klimat så våra kommande generationer kan leva sunt och hälsosamt.

Ett framtida examensarbete kan vara en fortsättning på studentbostäderna på Sven Brolids väg. Några möjliga frågeställningar kan vara:

- Hur utvecklades egentligen bostäderna? Vilka konsekvenser fick det på miljön?
- Behövdes det ytterligare klimatkompensationsåtgärder på studentbostäderna?
- Eller finns det andra bättre och nyare alternativ?

Referenser

- Alsema, E., de Wild-Sholten, M., & Fthenakis, V. (2006). Environmental impacts of PV electricity generation - a critical comparison of energy supply options. *21st European Photovoltaic Solar Energy Conference*. 2006, Dresden, Tyskland.
- Boverket. (2012). *Bygg hållbart*. Hämtat från <http://sverige2025.boverket.se/bygg-hallbart.html>
- Boverket. (2014). *Atemp*. Hämtat från <http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/Atemp/>
- Boverket. (2016). *God bebyggd miljö*. Hämtat från <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/15-God-bebyggd-miljo/>
- Boverket. (2017). *Bostäder, lokaler och byggande*. Hämtat från <http://www.boverket.se/sv/pbl-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/klimatpaverkan-och-oversiktsplanering/positiv-och-negativ-klimatpaverkan/bostader-lokaler-och-byggande/>
- Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Hämtat från <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Byggdiallog. (2015). *Klimatpåverkan från byggbranschen är stor men kunskapen är liten*. Hämtat från <http://www.byggdiallogdalarna.se/UserFiles/Dokument/Artikelbyggdiallog.pdf>
- Electrotec Energy. (2017). *Olika typer av solceller*. Hämtat från <http://electrotecenergy.se/typer-av-solceller/>
- Elinstallatören. (2015). *Så funkar solceller*. Hämtat från <http://www.elinstallatoren.se/innehall/nyheter/2015/oktober/sa-funkar-solceller/>
- Energikunskap. (2009). *Så här fungerar ett vindkraftverk*. Hämtat från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fornybar-energi/Vind/Sa-har-fungerar-ett-vindkraftverk/>
- Energikunskap. (2013). *Solceller*. Hämtat från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fornybar-energi/Sol/Solceller/>
- Energimyndigheten. (2014). *Vindkraftsforskning*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/kunskap-och-forskning/vindkraftsforskning/>
- Energimyndigheten. (2015a). *Utsläppshandel i EU*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/handel-med-utslappsatter/utslappshandel-i-eu/>
- Energimyndigheten. (2015b). *Solceller*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solceller/>
- Energimyndigheten. (2015c). *Historia*. Hämtat från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fornybar-energi/Vind/Historia/>
- Energimyndigheten. (2015d). *Växthusberäkning*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/hallbarhetslag-en/fragor-och-svar/vaxthusgasberakning/>
- Energimyndigheten. (2016a). *Vindkraftens del av elförsörjningen*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/marknadsstatistik/ny-sida/vindkraftens-del-av-elforsorjningen-2015/>

- Energimyndigheten. (2016b). *Energipolitiska mål för vindkraft*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/planering-och-tillstand/energipolitiska-mal-for-vindkraft/>
- Energimyndigheten. (2016c). *Vattenkraft*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/fornybar-el/vattenkraft/>
- Fortum. (2016). *Vattenkraft*. Hämtat från <https://www.fortum.com/countries/se/om-fortum/energi-produktion/vattenkraft/pages/default.aspx>
- Fufa, Schlanbusch, Sørnes, Inman, & Andresen. (2016). *A Norwegian ZEB Definition Guideline*. Hämtat från <https://www.sintefbok.no/book/index/1092>
- ISO. (2006). *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. Hämtat från <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en>
- IVL. (2016). *Byggandets klimatpåverkan*. Hämtat från <http://www.ivl.se/download/18.29ae808155c0d7f05063/1467900250997/B2260.pdf>
- IVL. (2017). *Livscykelanalys och systemanalys*. Hämtat från <http://www.ivl.se/sidor/omraden/miljoteknik-och-hallbar-produktion/livscykelanalys-och-systemanalys.html>
- Jämtkraft. (2017). *Hur fungerar vindkraft?* Hämtat från <https://www.jamtkraft.se/om-jamtkraft/var-fornybara-produktion/vindkraft/hur-fungerar-vindkraft/>
- KTH Magazine. (2017). *Glaspannor-solklart*. Hämtat från <https://www.kthmagazine.se/artiklar/glaspannor-solklart>
- Kubina, J. (2008). *Somerset Wind Farm*. Hämtat från https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Somerset_Wind_Farm.jpg
- Lenzen, M., & Munksgaard, J. (2002). Energy and CO2 life-cycle analyses of wind turbine - review and applications. *Renewable Energy*, s. 339-362. Hämtat från <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148101001458>
- Martínez, E., Sanz, F., Pellegrini, S., Jiménez, E., & Blanco, J. (2009). Life Cycle Assessment of a multi-megawatt wind turbine. *Renewable Energy*, s. 667-673. Hämtat från <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148108002218>
- Meister, O. (2008). *Mühlen von Lerkaka*. Hämtat från https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Achird/Sand_box#/media/File:M%C3%BChlen_von_Lerkaka.JPG
- Miljömål. (2017). *Miljömålen*. Hämtat från <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/>
- Naturvårdverket. (2010). *Förnybara energikällors inverkan på de svenska miljömålen*. Hämtat från <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-6391-7.pdf>
- Sidén, G. (2012). *Förnybar energi*.
- SMHI. (2015). *Solstrålning*. Hämtat från <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/solstralning-1.4186>
- Solar Region. (2016). *Hur fungerar solceller?* Hämtat från <http://solarregion.se/om-solenergi/solceller/hur-fungerar-solceller/>
- Svensk Vindenergi. (2017). *Frågor om vindkraft och svar från oss*. Hämtat från <http://www.vindkraftsbranschen.se/start/vindkraft/fragor-och-svar-om-vindkraft/>
- Svenska Naturskyddsföreningen. (2006). *Klimatneutrala företag - risker och möjligheter*. Hämtat från

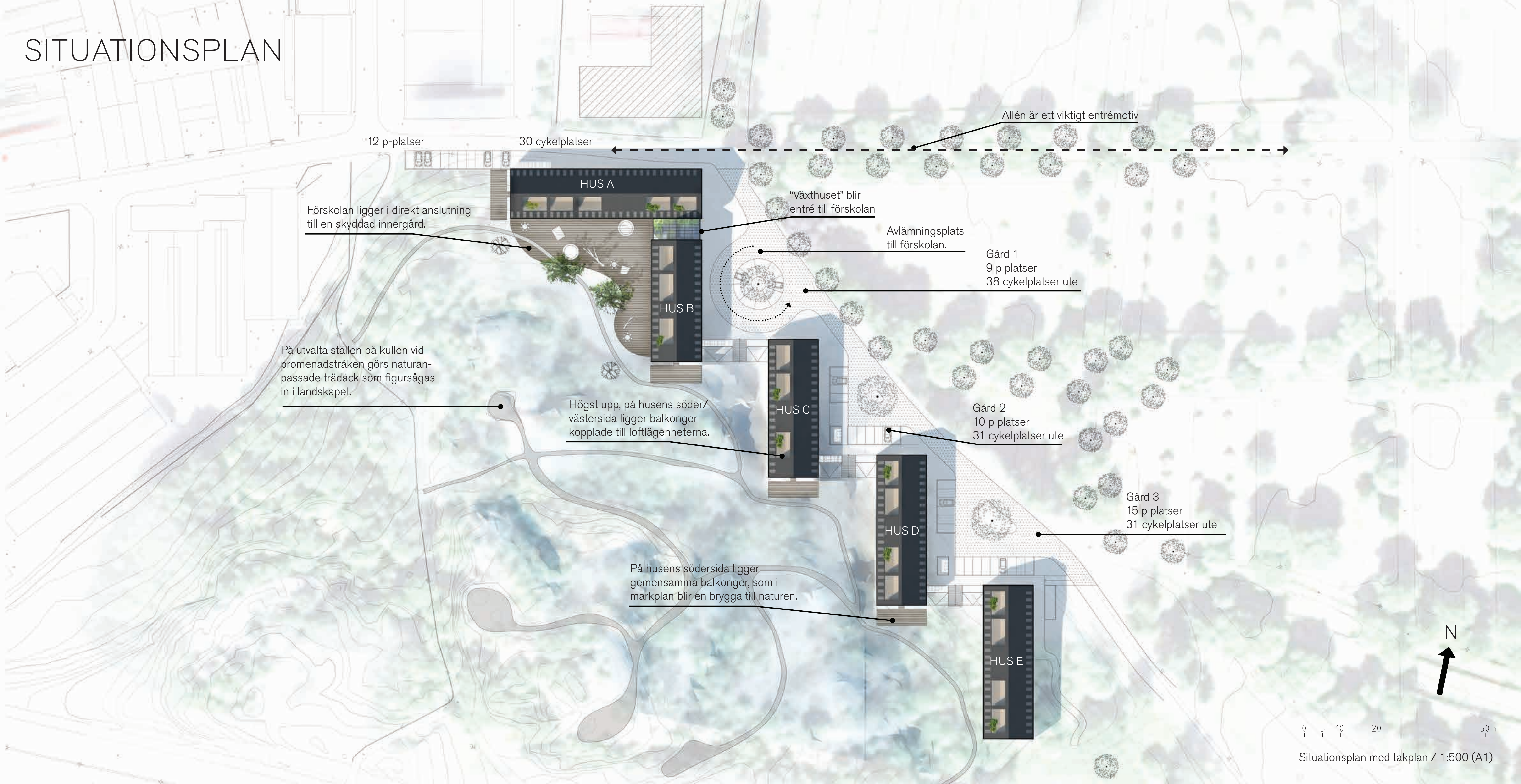
- http://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/2006_klimat_klimatneutrala_foretag.pdf
- Sveriges Lantbruksuniversitet. (2017). *Vad är en livscykelanalys?* Hämtat från <https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/>
- Tricorona. (2016). *När får man kalla sig klimatneutral?* Hämtat från <http://www.tricorona.se/2016/06/03/nar-far-man-kalla-sig-klimatneutral/>
- Tricorona. (2017a). *Om klimatkompensation.* Hämtat från <http://www.tricorona.se/klimatkompensation/om-klimatkompensation/>
- Tricorona. (2017b). *Olika sätt att klimatkompensera.* Hämtat från <http://www.tricorona.se/klimatkompensation/olika-satt-att-klimatkompensera/>
- Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005). Environmental impacts from solar energy technologies. *Energy Policy*, s. 289-296. Hämtat från <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421503002416>
- Ultra Energi. (2010). *Olika typer av solcell, solpanel och solcellspanel.* Hämtat från <http://www.ultraenergi.se/solcell-solpanel-solcellspanel.htm>
- Utsläppsrätt. (2017a). *Vad är en utsläppsrätt?* Hämtat från <http://www.utsläppsratt.se/vad-ar-en-utsläppsratt/>
- Utsläppsrätt. (2017b). *Olika sorters klimatkompensation.* Hämtat från <http://www.utsläppsratt.se/olika-sorters-kompensation/>
- Vattenfall. (2017). *Frågor och svar om solceller.* Hämtat från <https://www.vattenfall.se/smart-hem/solceller/fragor-och-svar/>
- White. (2015). Studentbostäder.
- White. (2016). *Hållbarhetspolicy.* Hämtat från <http://www.white.se/app/uploads/2016/12/hallbarhetspolicy-2016.pdf>
- White. (2017). *Fakta och siffror.* Hämtat från <http://www.white.se/fakta-och-siffror/>

STUDENTBOSTÄDER PÅ VARHOLMSGATAN

"Tänk på döden" står det skrivet ovan en av ingångarna till kyrkogården vid Stampen och det råder lagstadgat krav på respektfull behandling av "vilorum" för våra avlidna. Vår uppgift är att placera ett studentboende och förskola som närmaste granne till Västra Kyrkogården. Ett boende för människor som befinner sig i början av livet granne med en minnesplats för våra bortgångna släktingar. En "stor", svår uppgift som kräver respekt. En uppgift som inte bara handlar om hus utan om vår syn på hela livet.



SITUATIONSPLAN



PLATSEN

Kyrkogårdar är fridfulla, lugna platser i kontrast till vardagens stress. En plats där man för en stund kan samla sina tankar. Ett "rum" mellan generationer. En koppling mellan dåtid, nutid och framtid. Västra Kyrkogården är planlagd som en rutnätsstad med tydliga "kvarter" och vackra alléer. Omgivande grönska och bebyggelse bildar väggar som inte känns påträngande och i väster ligger vår tomt. En trädbevuxen höjd som silar ner det vackra solljuset från solnedgången i västerhavet.

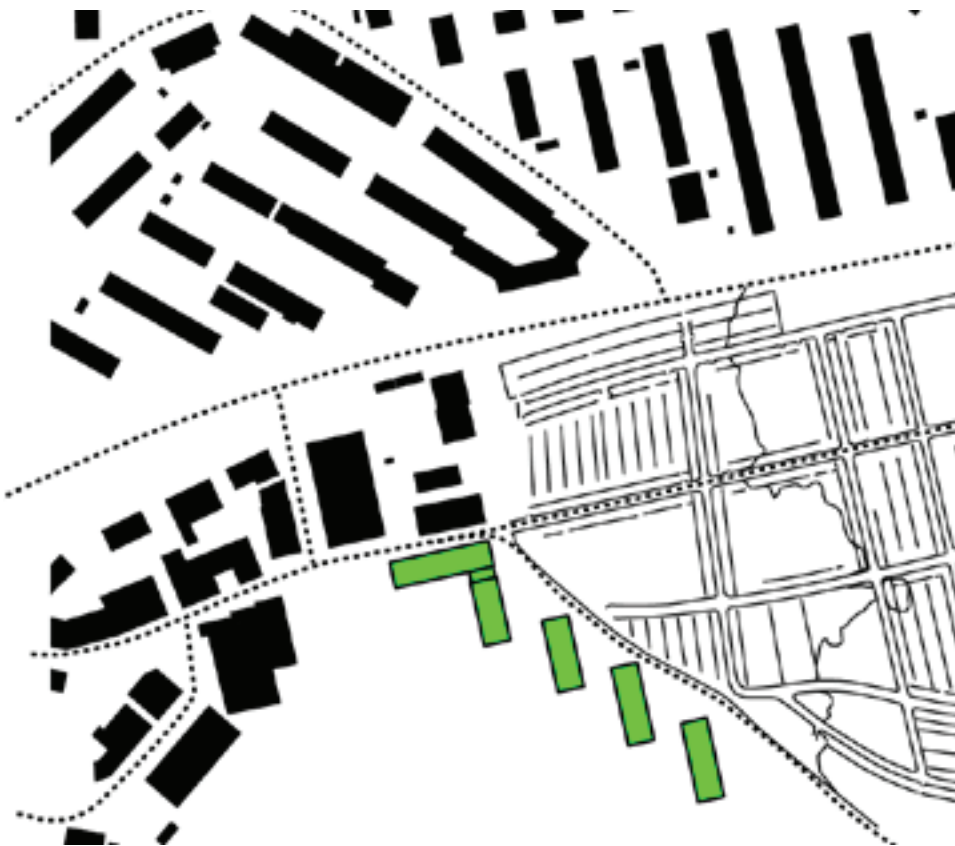
BEFINTLIG BEBYGGELSE

Befintliga flerfamiljshus från 40-tal ligger ordnade i nordsydlig riktning. Enfamiljshusen på Ekebäckshöjd

ligger huller om buller i den hårt kuperade terrängen. De nybyggda studentbostäderna följer den nordsydliga riktningen och det enda som stör "ordningen" är industriområdet ner mot trafikmotet i väster.

VI TYCKER ATT

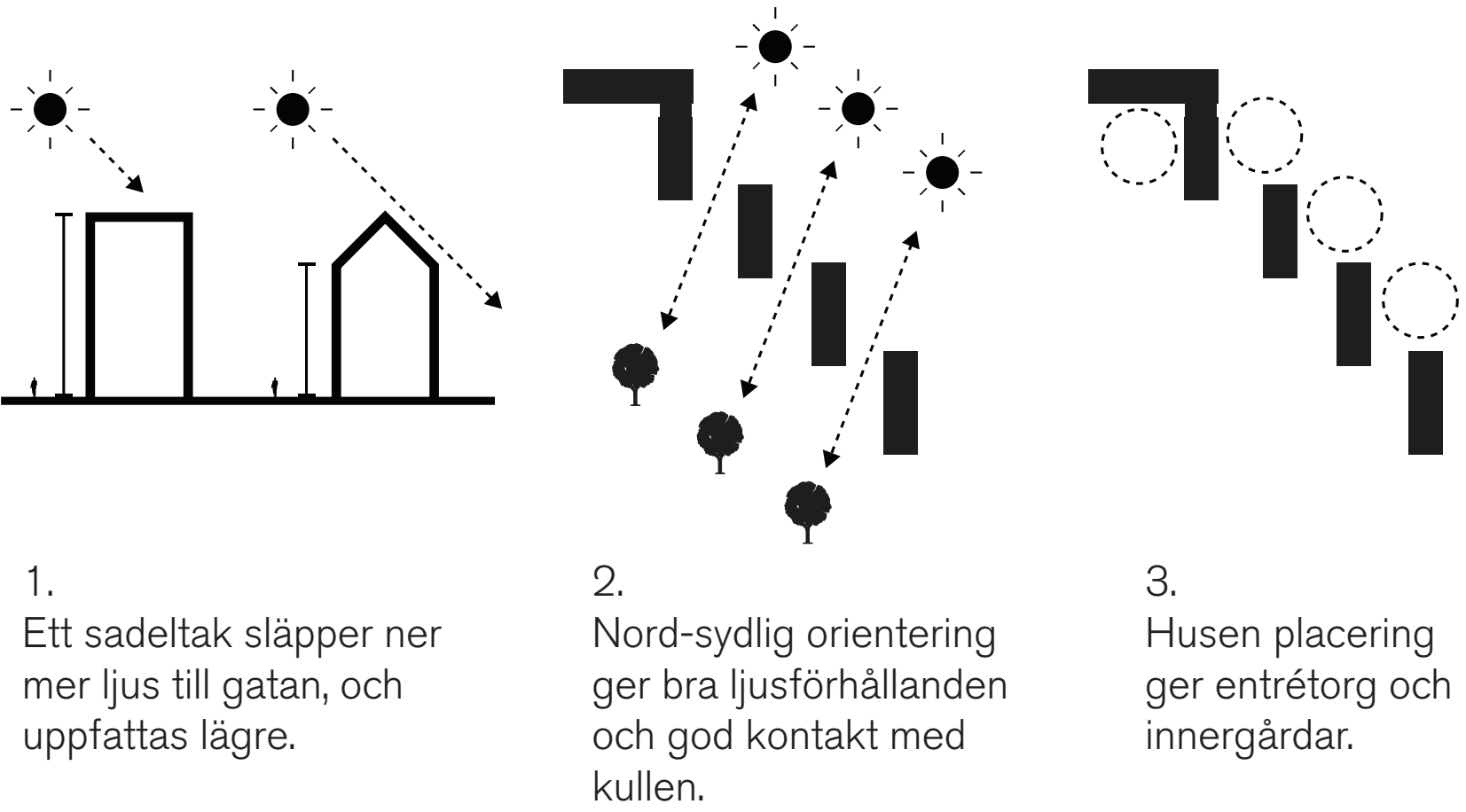
Med stor respekt för kyrkogården och befintligt stadsplanemönster bryter vi ner den tillkommande bebyggelsen i "greppbara" enheter som varsamt placeras så att så mycket av de ursprungliga naturvärdena behålls. Här om någonstans är det viktigt att hitta ett utseende som kan bilda fond för Västra kyrkogården och att planlösningar utformas så att så mycket som möjligt av "störande moment" endast förekommer längs fasaderna som vänder sig bort från kyrkogården.



Husen anpassas till Sandarnas stadsplan.

SITUATIONSPLAN

Ett längre hus längs gatan i norr förstärker den vackra allén som fortsätter in på kyrkogården. Svänger vi söderut ner mot kapellet bildas små stensatta angöringstorg där varje plats har sitt "entréträd". Husen är placerade så att man ser upp på höjden och söder- och tidig västersol letar sig ner till gatan. Uteplatser, lektyor mm ligger åt väster och studenterna har "egna" terrasser på strategiska ställen en bit från husen. Parkeringsplatser (45st) finns längs vägen i norr och vid varje angöringstorg. Det första torget skiljer sig från övriga och har en rundkörning för att underlätta för föräldrar som lämnar barn och "tankemässigt" minska antalet bilar som fortsätter.



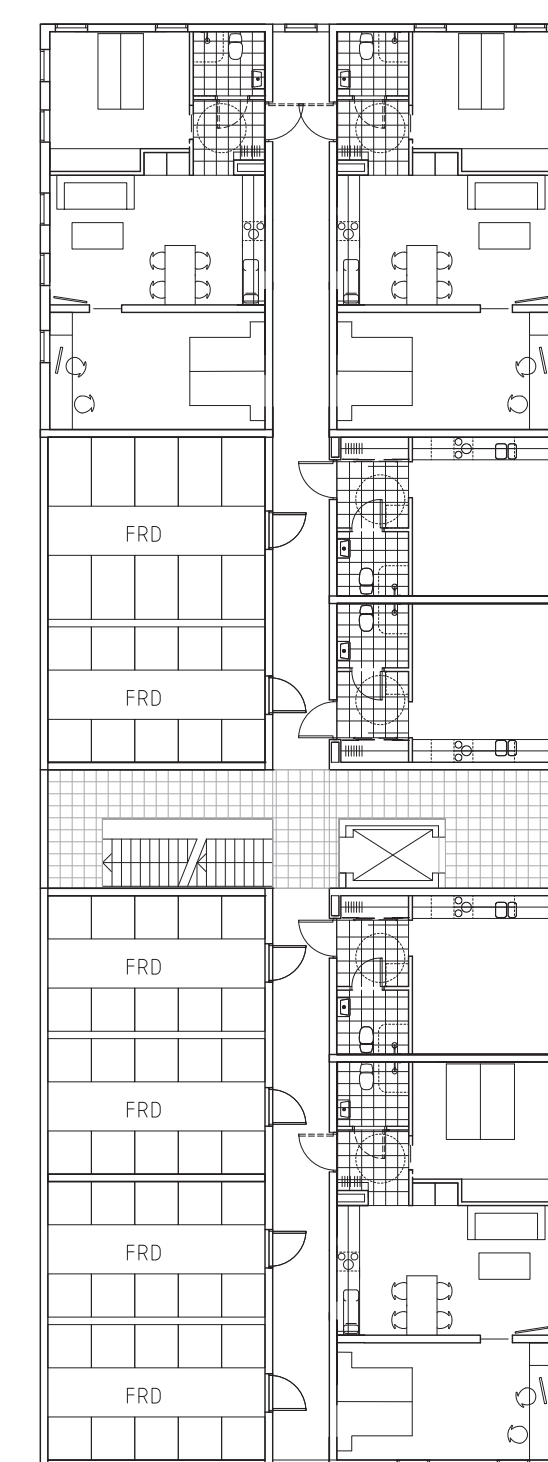
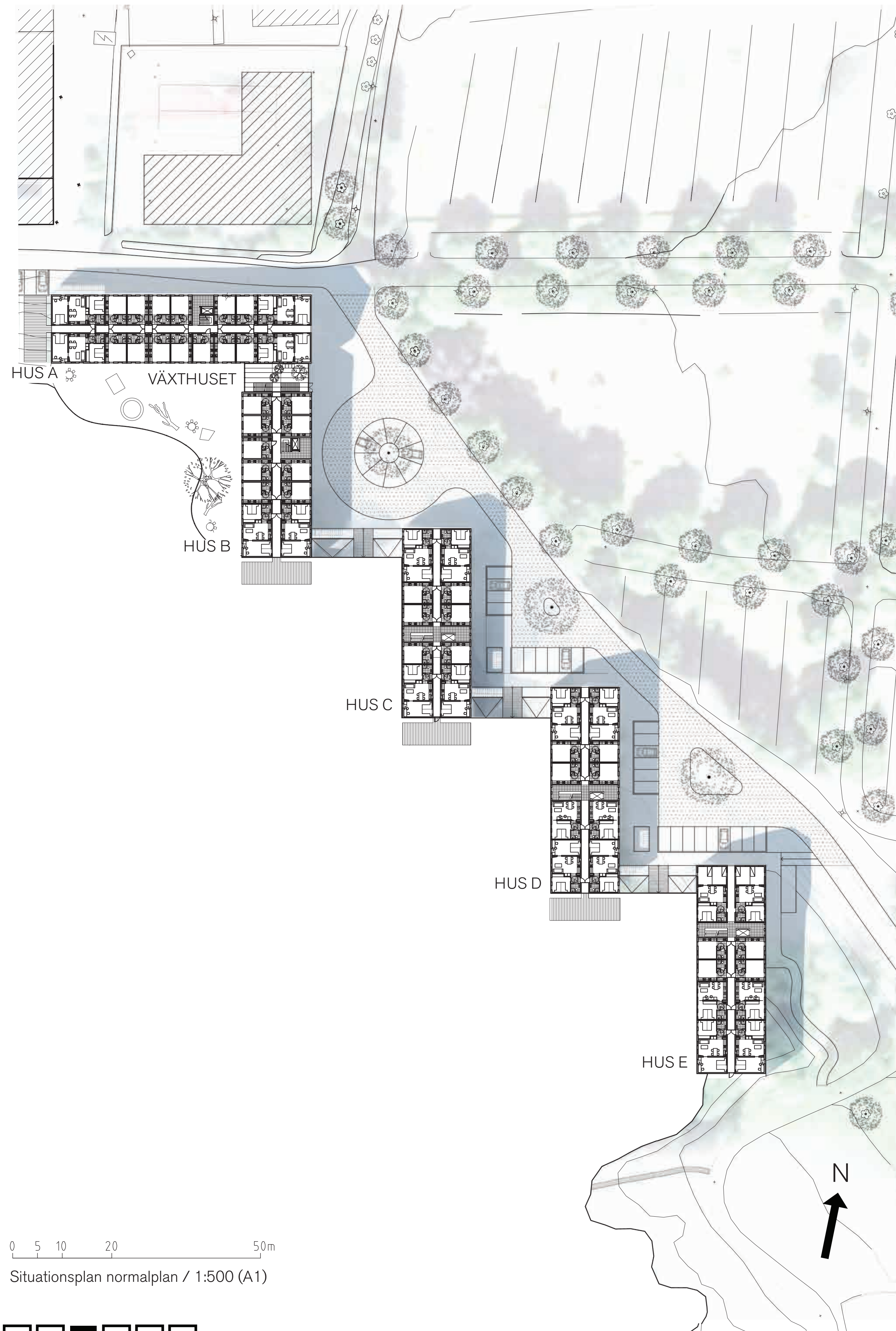
1. Ett sadeltak släpper ner mer ljus till gatan, och uppfattas lägre.

2. Nord-sydlig orientering ger bra ljusförhållanden och god kontakt med kullen.

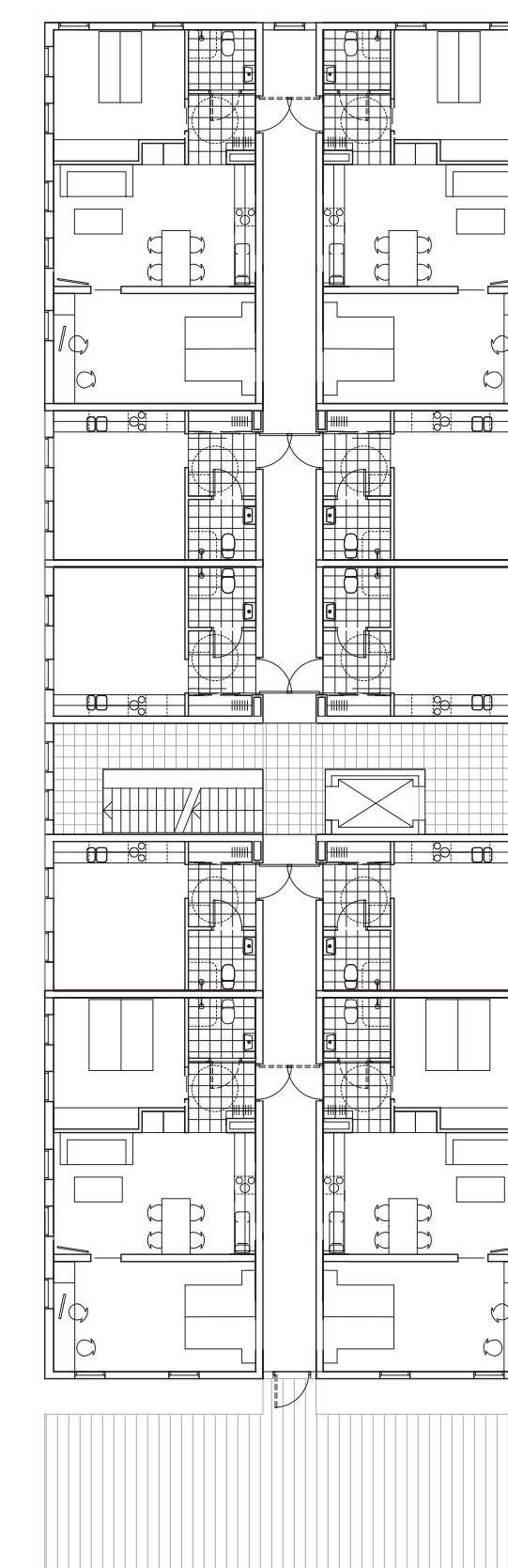
3. Husen placering ger entrétorg och innergårdar.



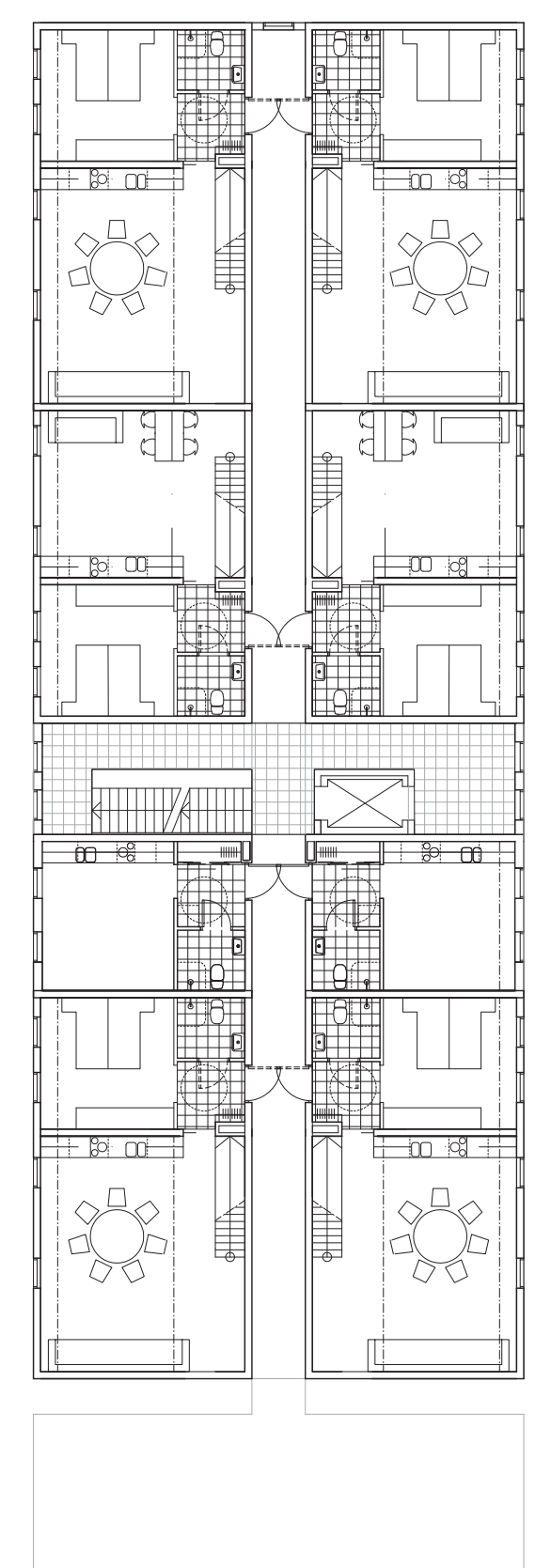
PLANER



Hus C - Suterrängplan



Hus C - Normalplan



Hus C - Vindsplan



VY FRÅN FÖRSKOLANS INNERGÅRD

white

FASAD / SEKTION



HUSEN
Med dagens energidebatt och hotande klimatsituation är miljöriktigt byggande inte något konstigt. Vi utmanar och föreslår trä och påstår att vi skall bli pionjärer för bostadsproduktion helt CO2 neutralt. Med ett sunt, miljövänligt byggande och hållbara byggmaterial tillsammans med låg energianvändning och förnyelsebara



energikällor borde detta mål inte vara orealistiskt. Vi nöjer oss inte med detta utan vill gå vidare och utreda förutsättningar för cykel- och bilpooler, laddningsstationer för elfordon, återvinningsbruksstationer, solceller, solfångare mm. Vi vill vara med och ta ansvar för vår miljö. Entréplan och mörka delar av övriga plan innehåller bostadskomplement och en expedition för SGS.

Normalplan innehåller studentbostäder kring en korridor som avslutas med en stor gemensam balkong i söder. Under takåsarna ligger lite speciella lägenheter med loft som fungerar bra som "kompislägenheter" eller för studenter som vill ha något extra. Förskolan ligger på plan tre med direktkontakt mot en härlig gård i väster och fantastiska lekområden på höjden. Förskolan har

en egen trappa som kan användas till samlingar, "växthus" mm men har också tillgång till övriga trapphus med hissar och trappor. Köket ligger nära infarten för att underlätta transporter. Husen är fem våningar med sadeltak för att få den resning och värdighet som vi tycker är så viktig mot kyrkogården. Sadeltakens lutning är samtidigt idealisk för solceller och/eller solfångare. Fönstersättningen

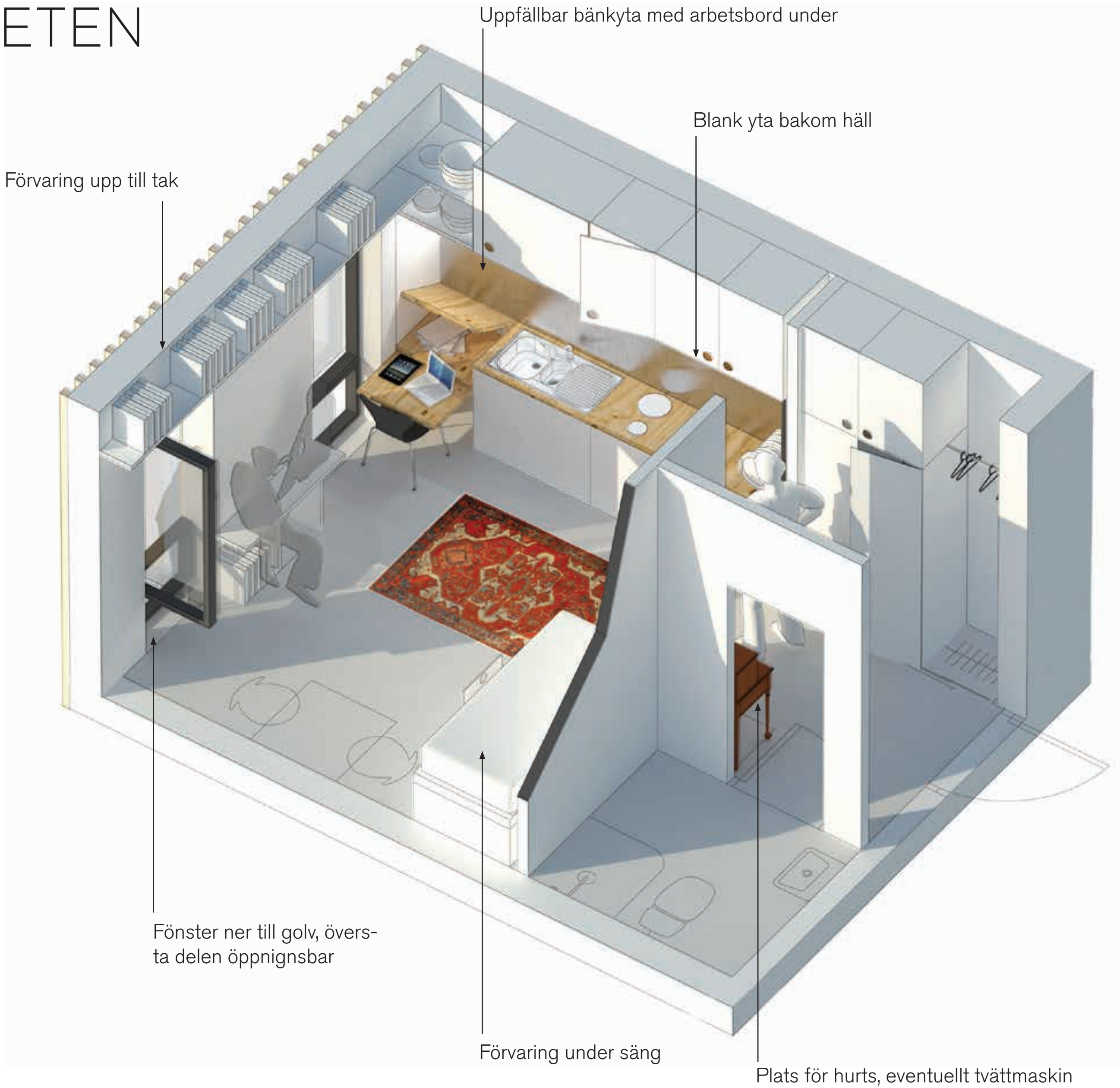
är enkel och ger ett vackert ljus i lägenheterna. Loftvåningarna har takljus och inspränga balkonger mot väster.

MATERIAL
Fasaden är uppbyggd av träribbor på distans från en mörk skiva. Fasadrytmen gör det möjligt att driva en prefabricering av fasadelement. Alternativet till

trä skulle vara tegel i bergets färg. Taket kan vara korrugerad plåt, plåt, skiffer, plana betongtakpannor eller sinuskorrigerade cementskivor. Markbeläggningen är enkel och murar kan med fördel vara stengabioner. Utvändig färgsättning är diskret medan den invändiga kan vara mer fantasifull.

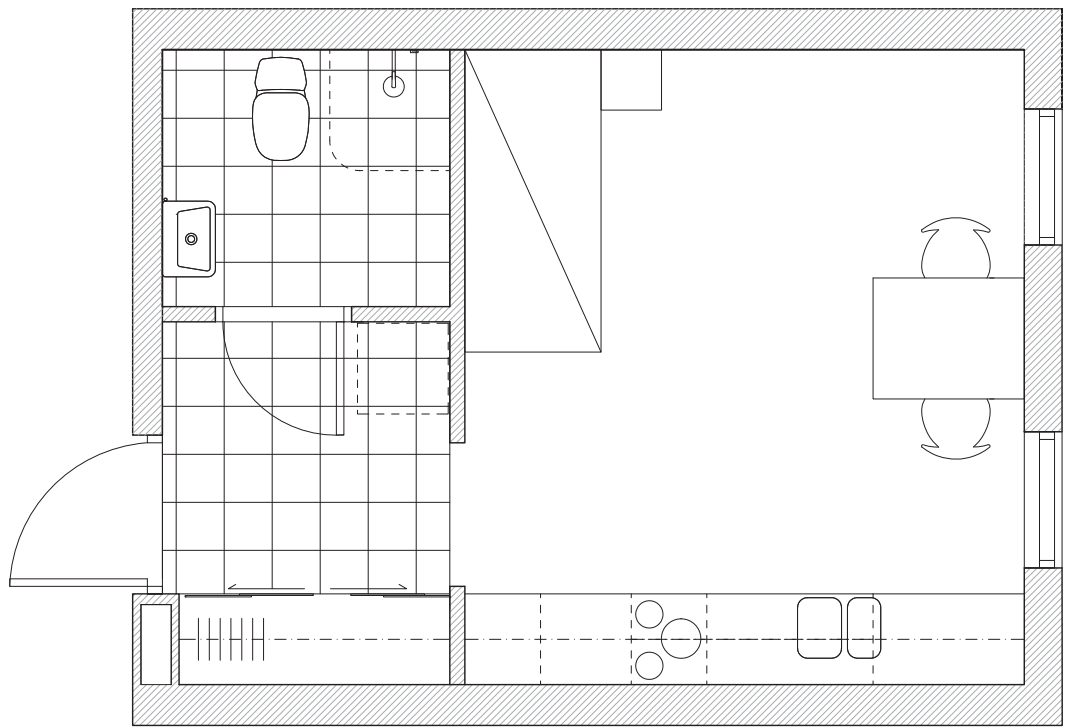
white

LÄGENHETEN

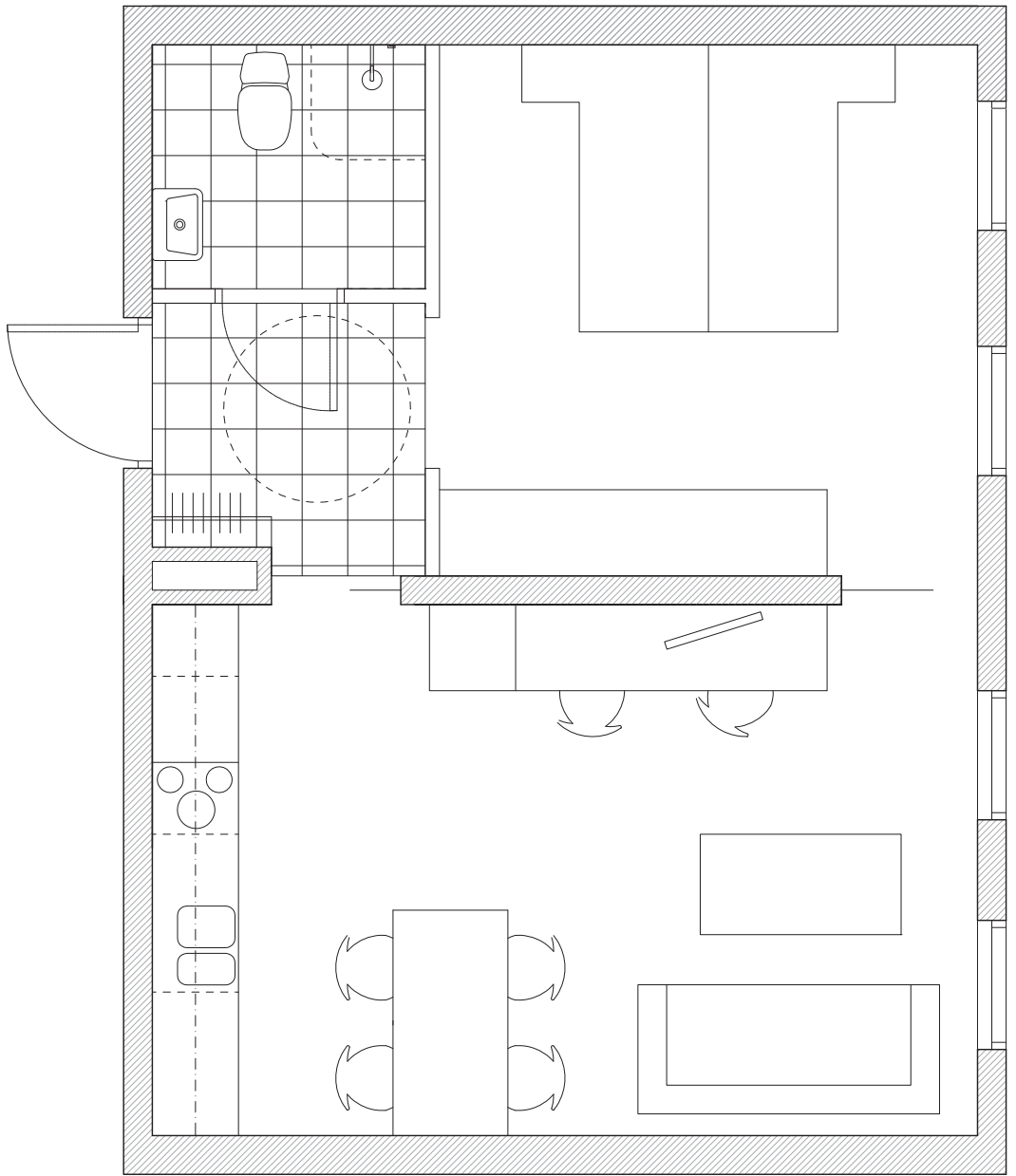


PLAN - MODUL (1:50)

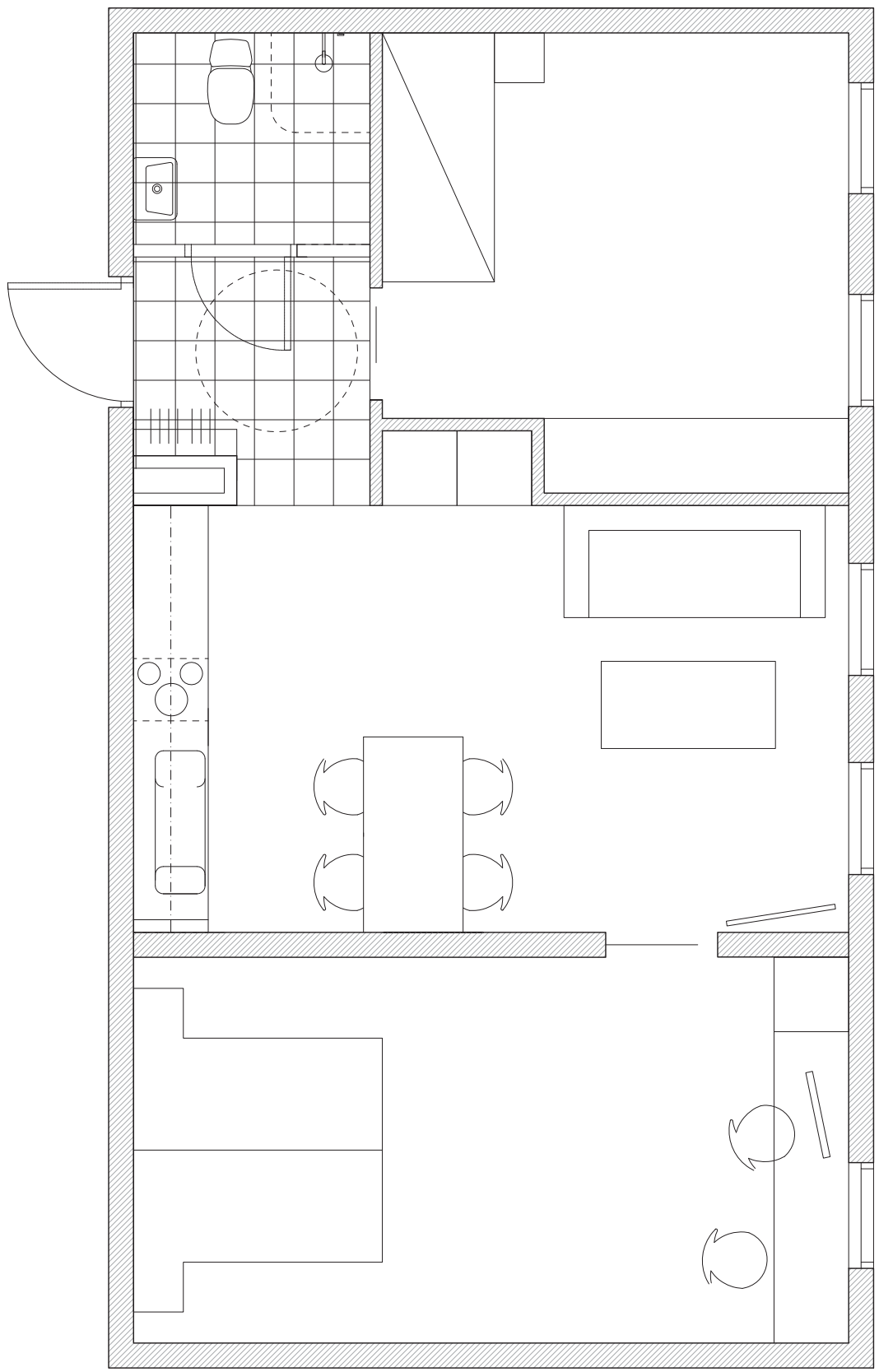
Modulerna är anpassade till önskade lägenhetsstorlekar och kan anpassas till en framtida förändrad lägenhetsfördelning.



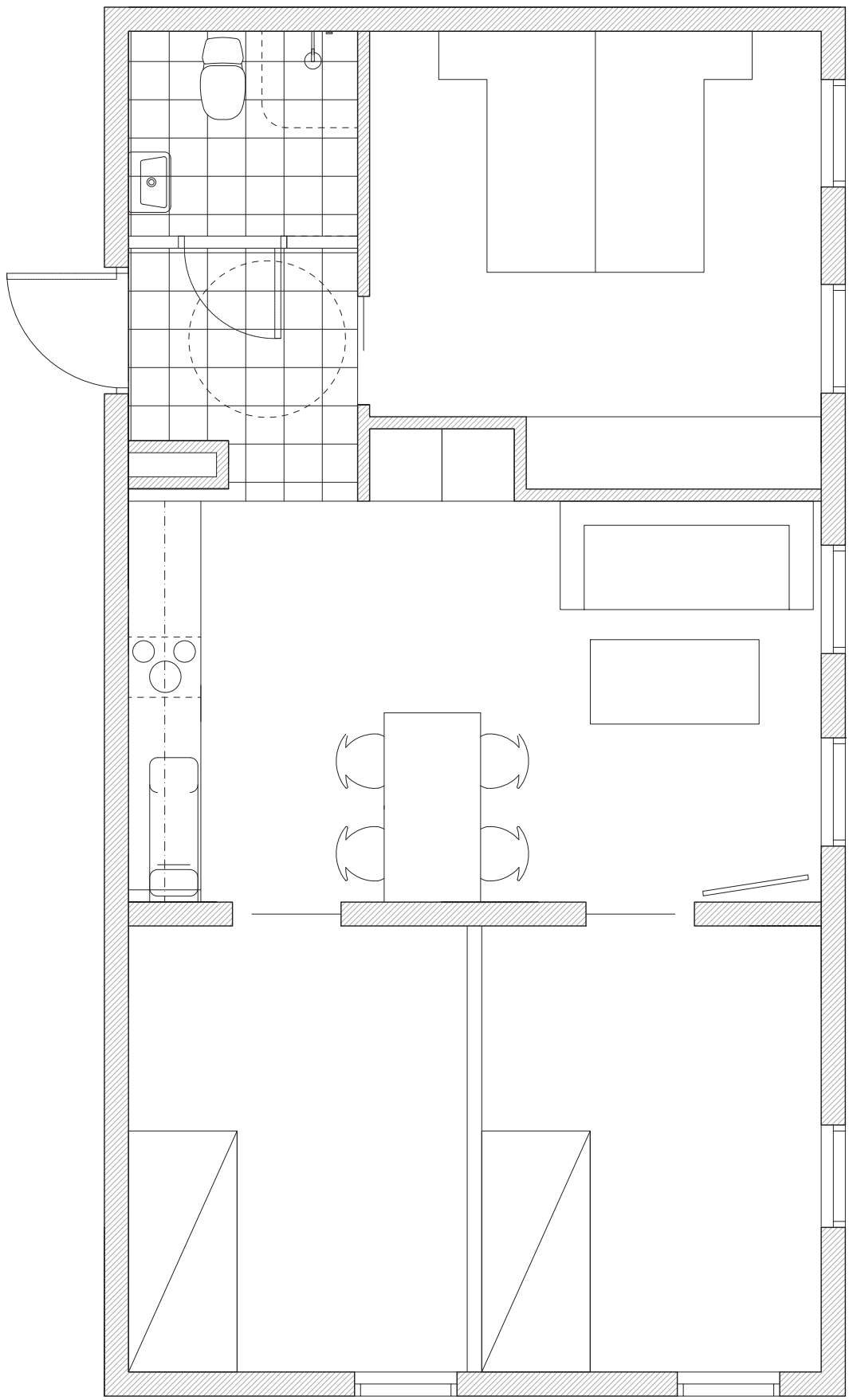
1:a 24 m²



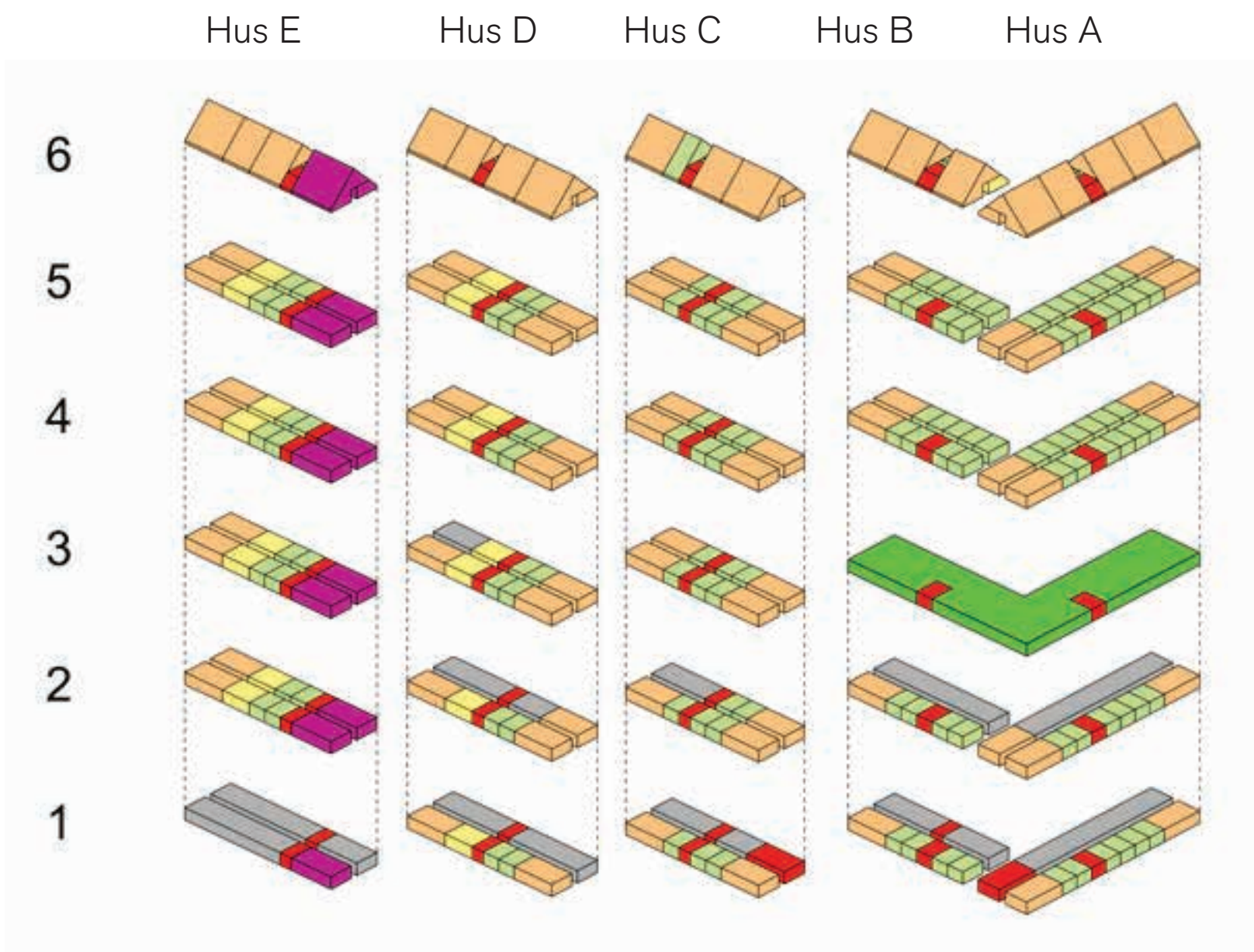
2:a 44m²



Kompis 3:a 60m²



4:a 64 m²



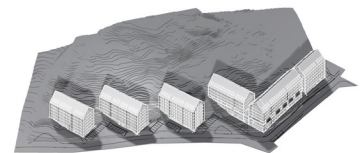
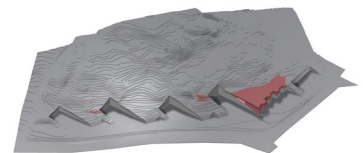
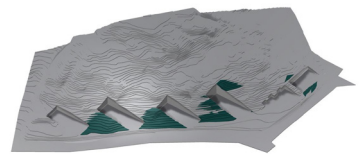
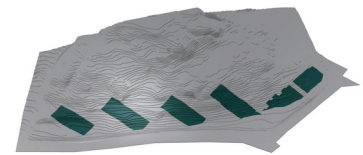
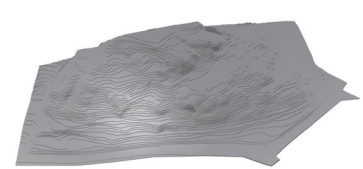
Schematisk bild över lägenhetsfördelning.

- 1:or
- 2:or
- 3:or
- 4:or
- Allmäna utrymmen
- Förskola

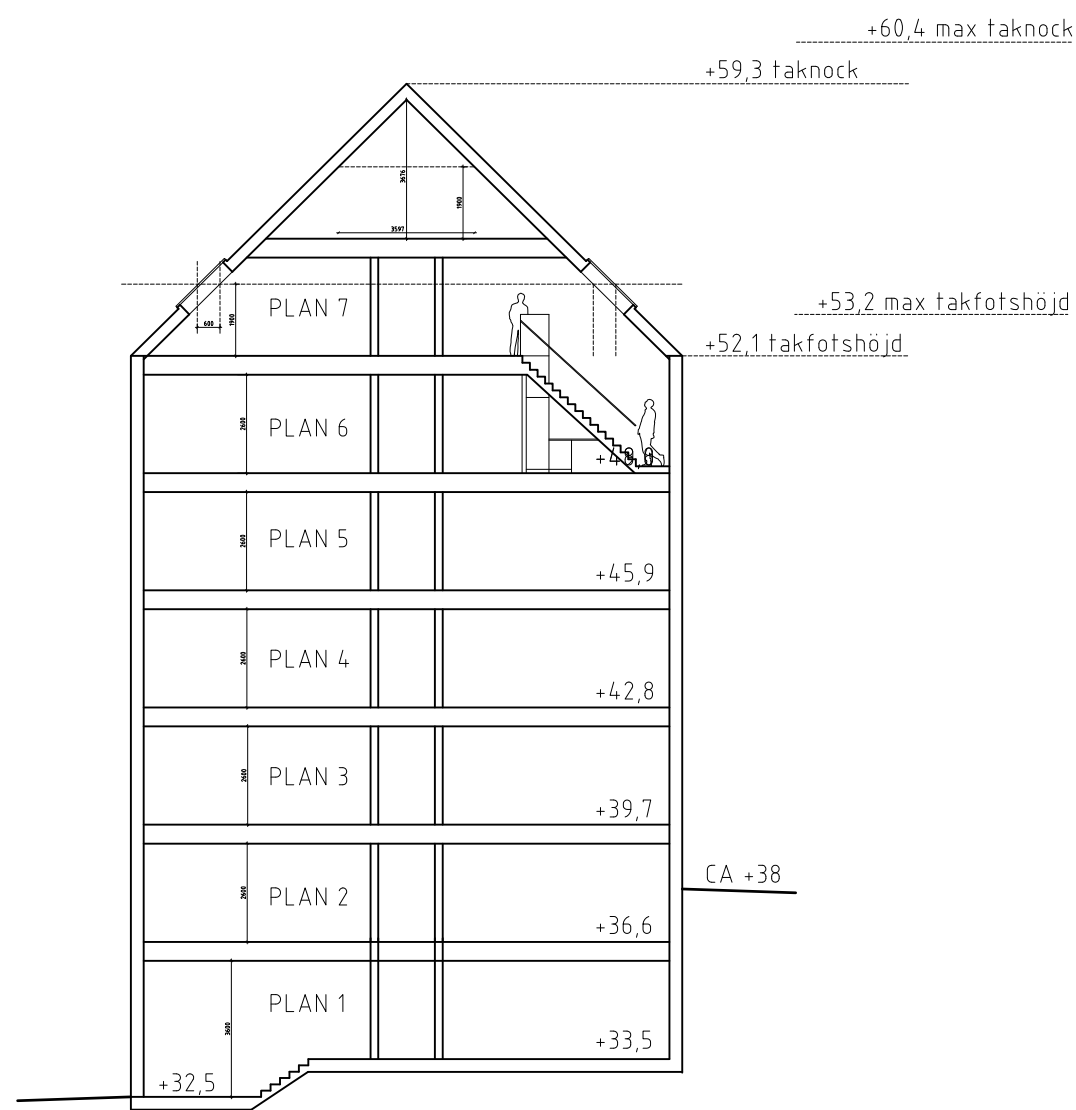
Lägenhetsfördelning	1or	2or	3:a kompis	4:or	TOT
TYP	121	25	85	11	242
Antal lgh	50%	10%	35%	5%	
Procentuellt	2904	1100	5185	704	9893
BOA					642
BOA LOFT					10535
TOT BOA					15034
BTA LÄGENHETER					70%
BOA/BTA LÄGENHETER					
LOA Förskola samt kvarterskontor					60
Kvarterskontor					1074
LOA Förskola					1190
BTA FÖRSKOLA					
Mörk yta					470
Antal FRD á 1m2					376
Kommunikationsyta					200
Teknik					80
Sophantering					60
Tvättstugor					315
Cykelförvaring inne 275 cyklar					1501
Summa					1985
(Mörk yta tillgängligt om max utbyggnad utnyttjas)					484
(Överskott mörk yta)					
Ljus BOA+LOA/Ljus BTA					11669
Ljus BOA+LOA					14239
LJUS BTA					82%
Ljus BOA+LOA/Ljus BTA					

Ytredovisning.

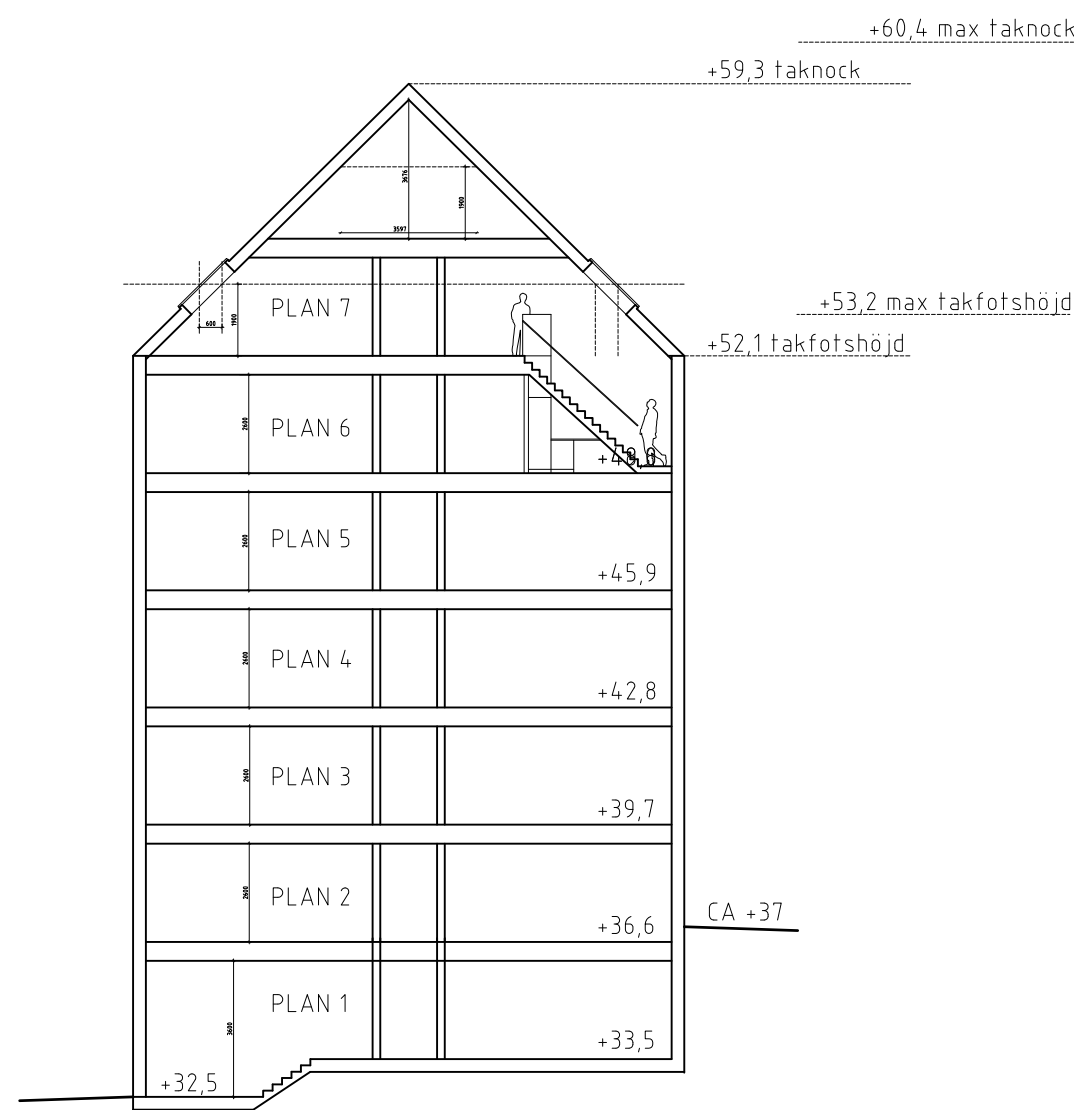




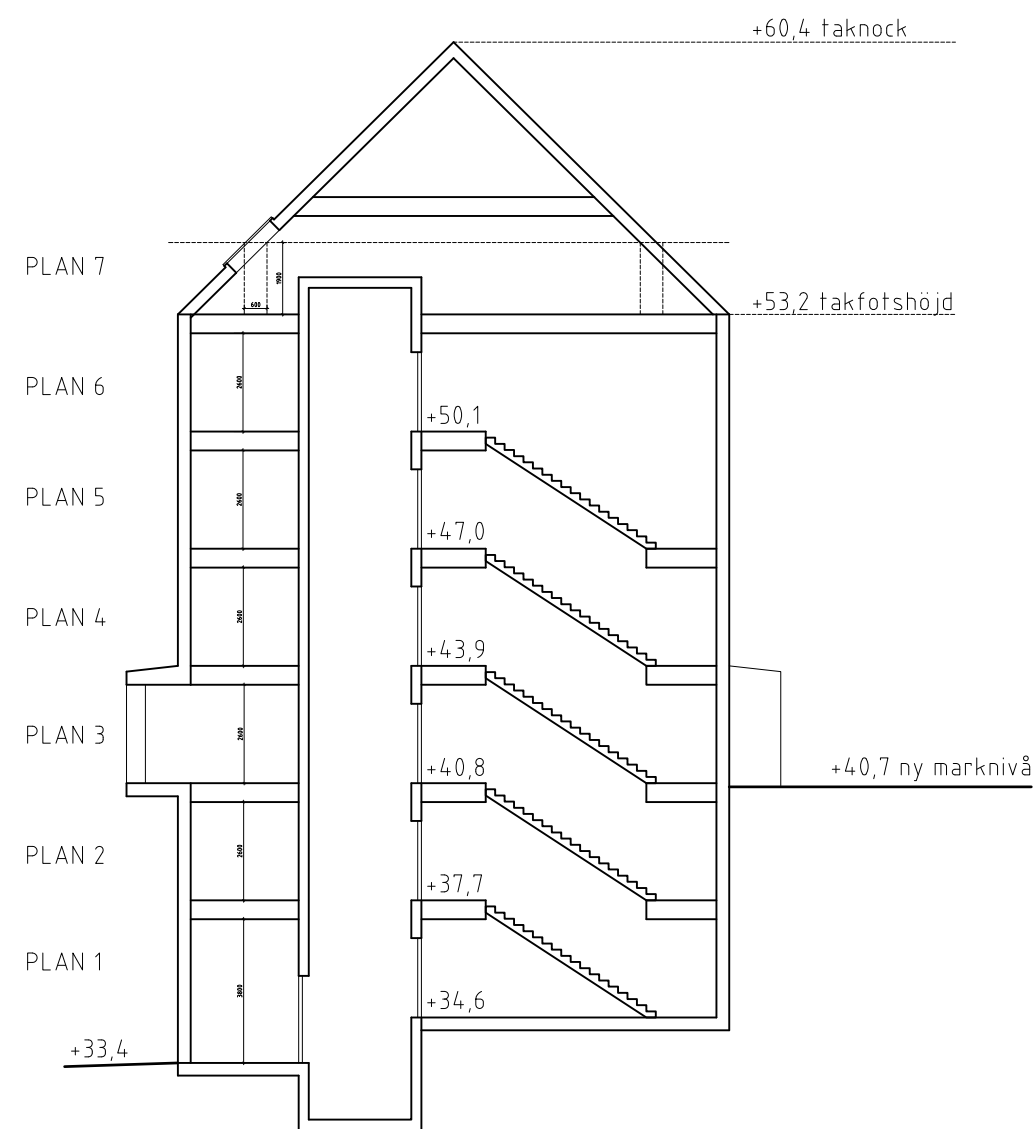
HUS E



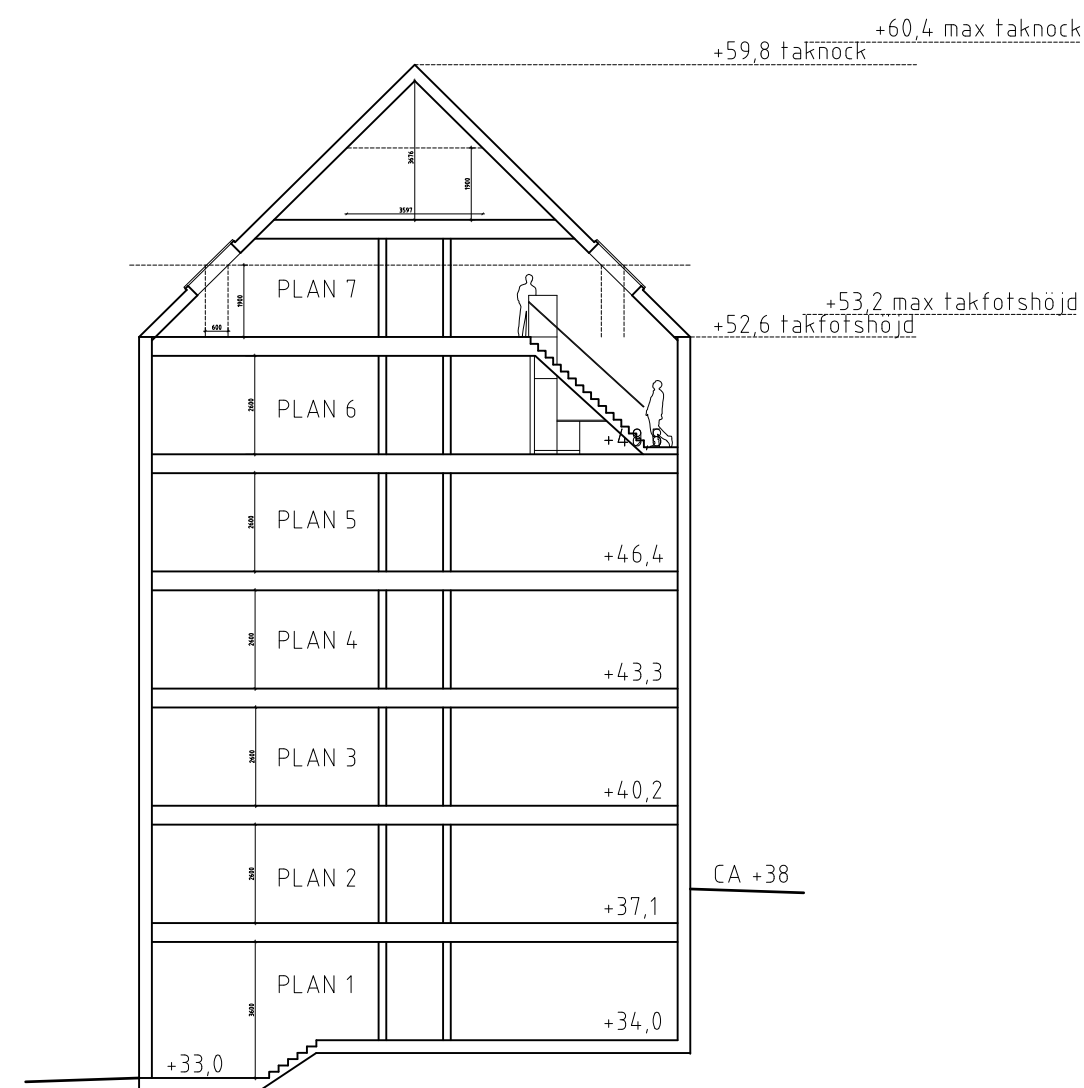
HUS F



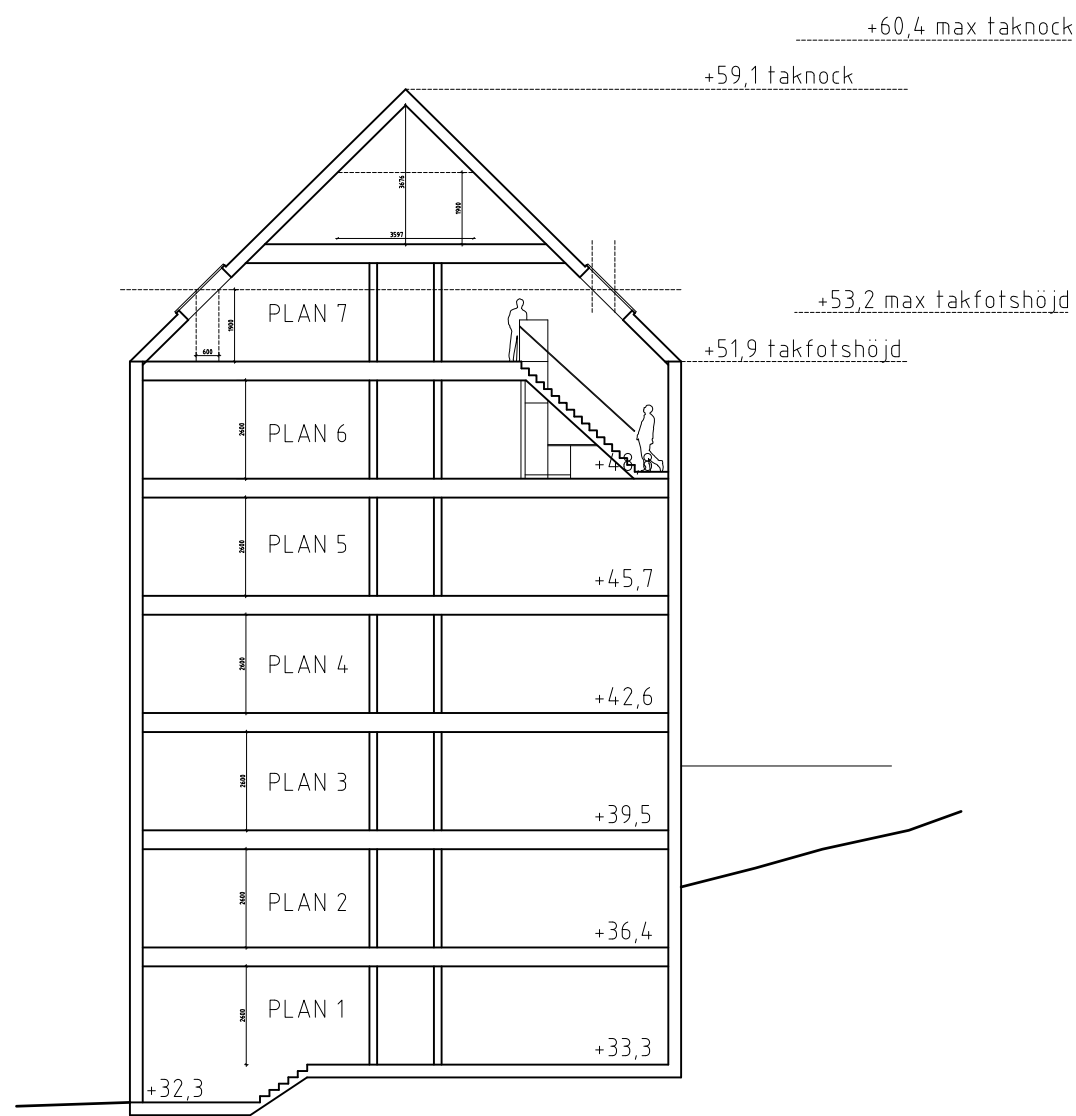
HUS C



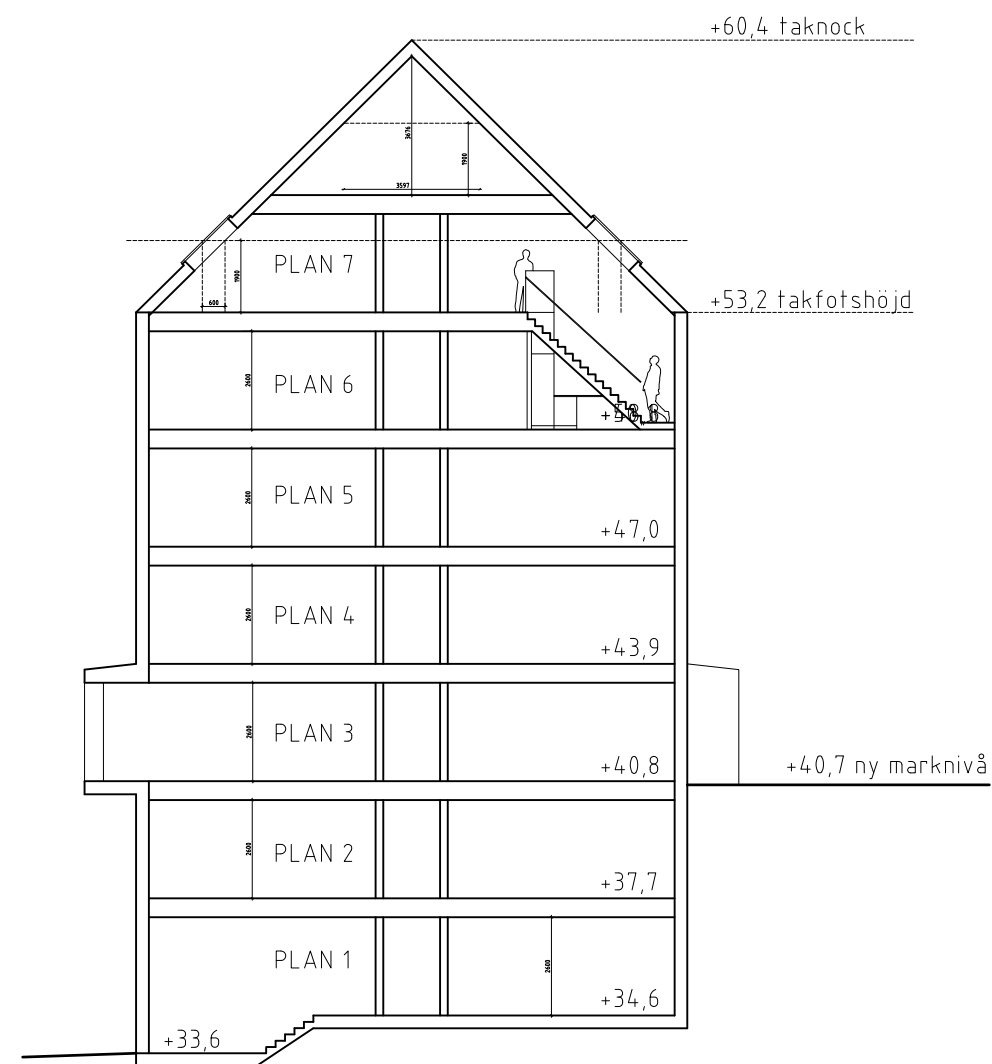
HUS D

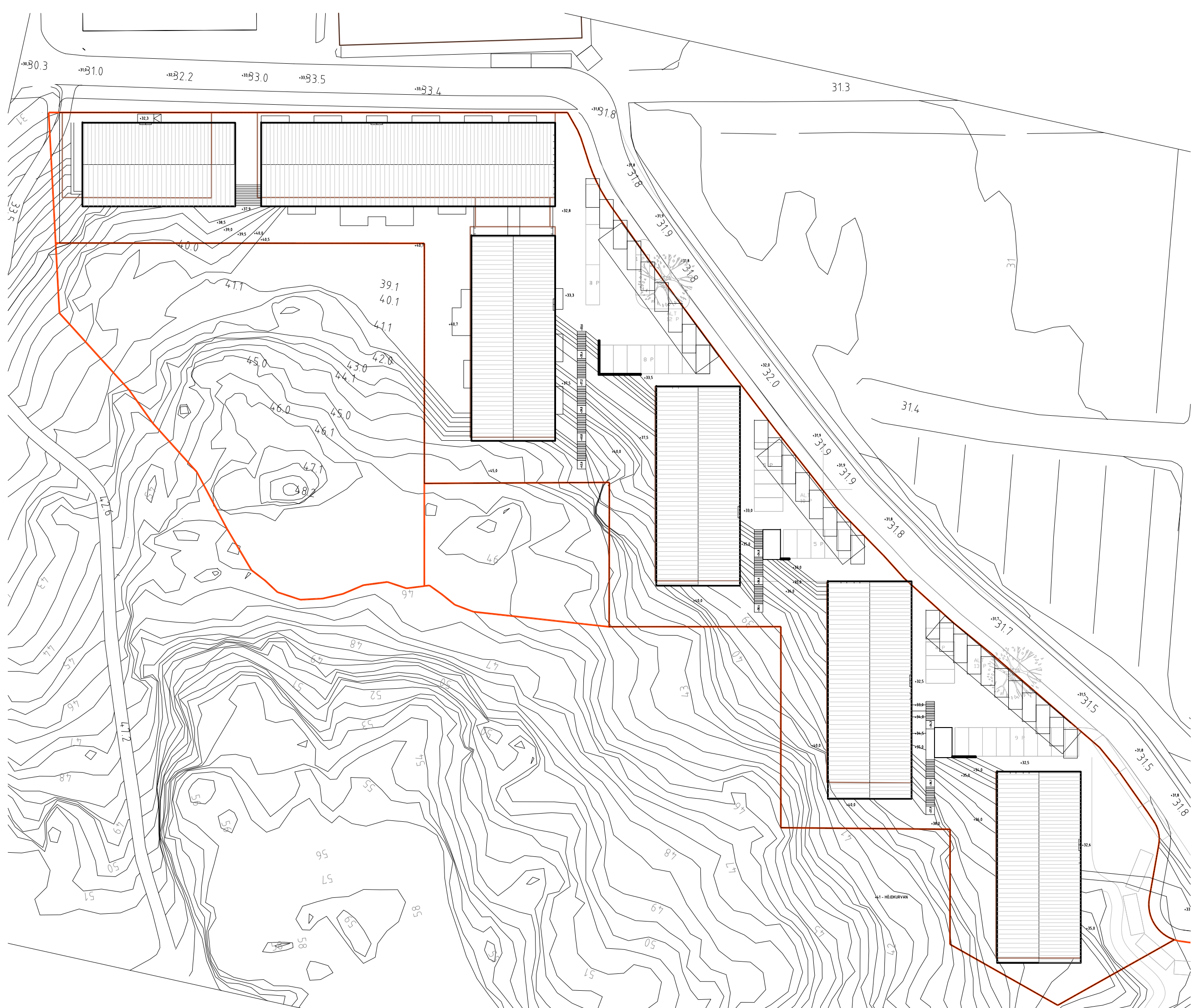


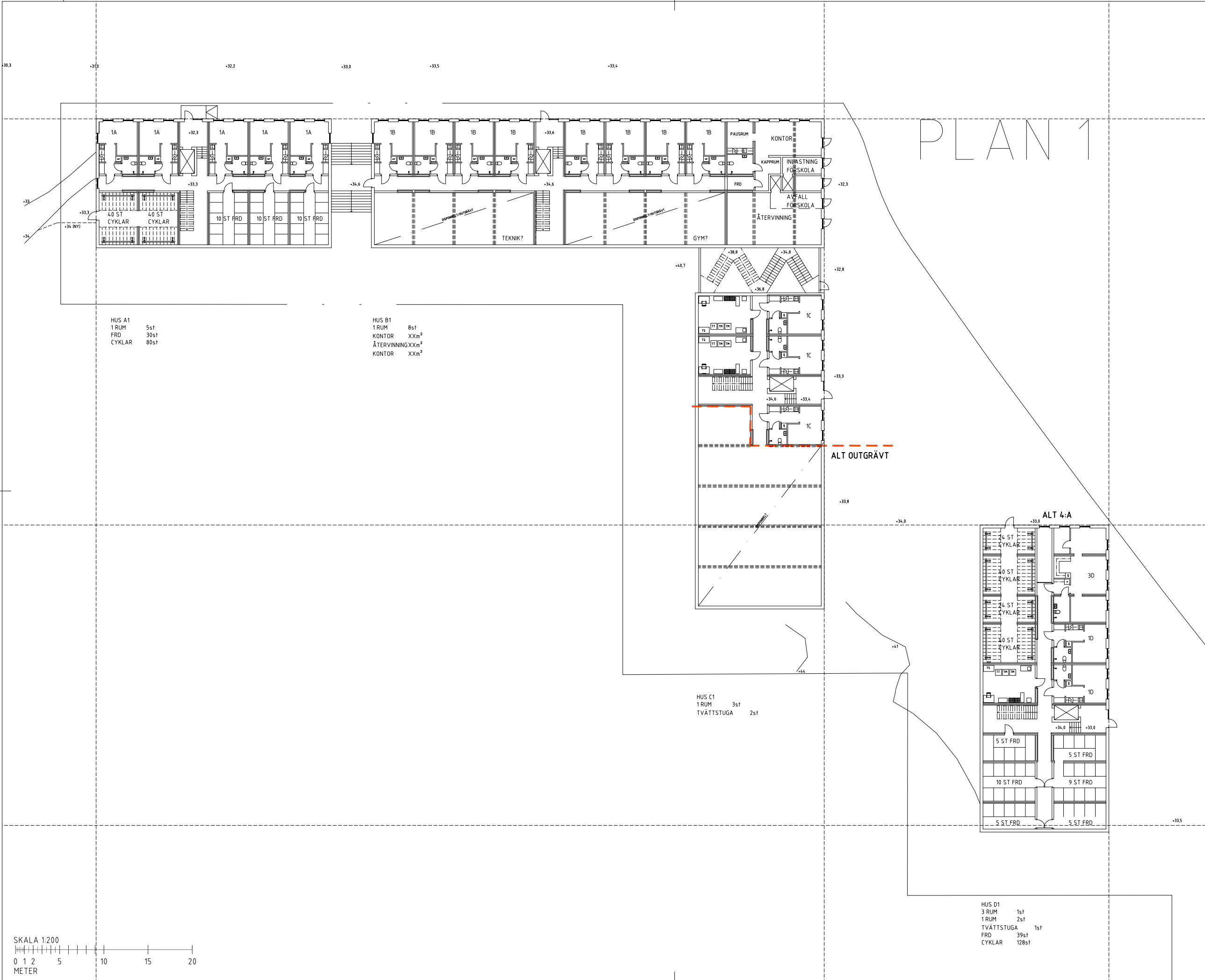
HUS A



HUS B







PLAN 1

HUS A1
1 RUM 5st
FRD 30st
CYKLAR 80st

HUS B1
1 RUM 8st
KONTOR XXm²
ÅTERVINNING XXm²
KONTOR XXm²

HUS C1
1 RUM 3st
TVÄTTSTUGA 2st

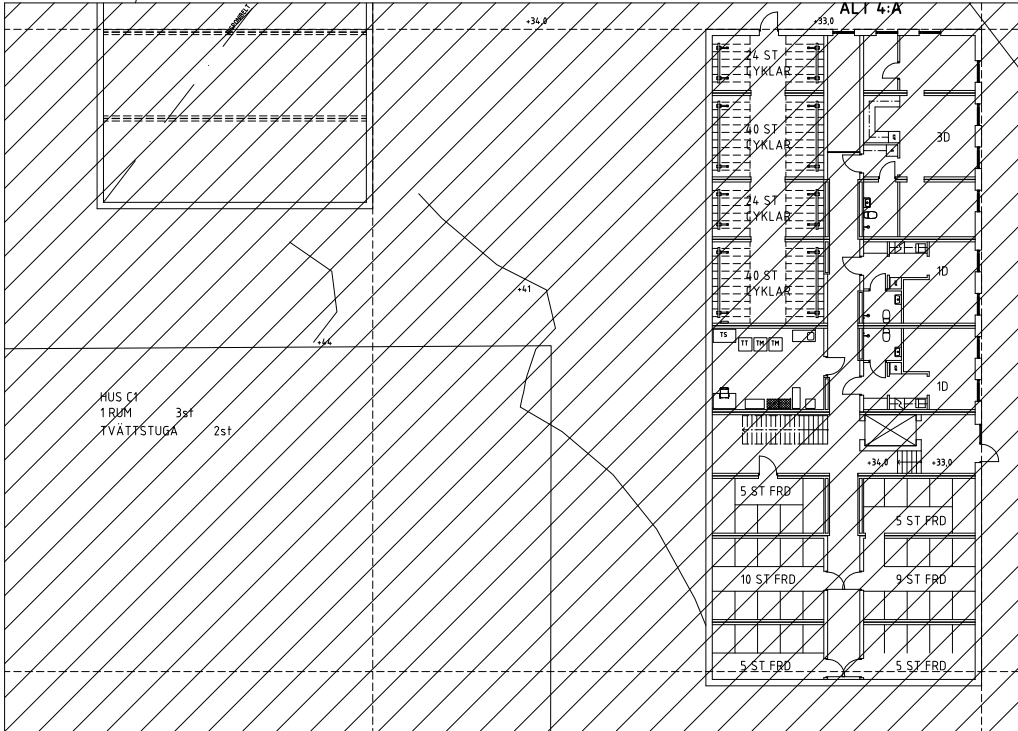
HUS D1
3 RUM 1st
1 RUM 2st
TVÄTTSTUGA 1st
FRD 39st
CYKLAR 128st

ALT OUTGRÄVT

ALT 4:A

SKALA 1:200
0 1 2 5 10 15 20
METER

BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)		NUMMER A-40-1-101	
		BET	



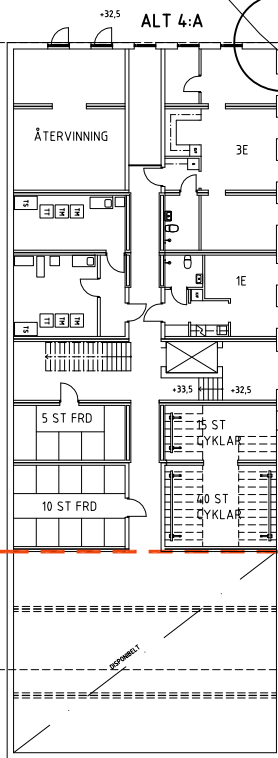
HUS C1
1 RUM 3st
TVÄTTSTUGA 2st

HUS D1
3 RUM 1st
1 RUM 2st
TVÄTTSTUGA 1st
FRD 39st
CYKLAR 128st

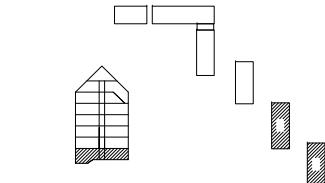
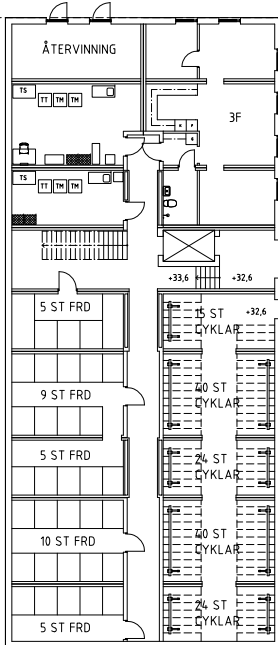
HUS E1
3 RUM 2st
1 RUM 1st
TVÄTTSTUGA 2st
FRD 15st
CYKLAR 52st
ÅTERVINNING XXm²

HUS F1
3 RUM 1st
TVÄTTSTUGA 2st
FRD 34st
CYKLAR 143st
ÅTERVINNING XXm²

PLAN 1

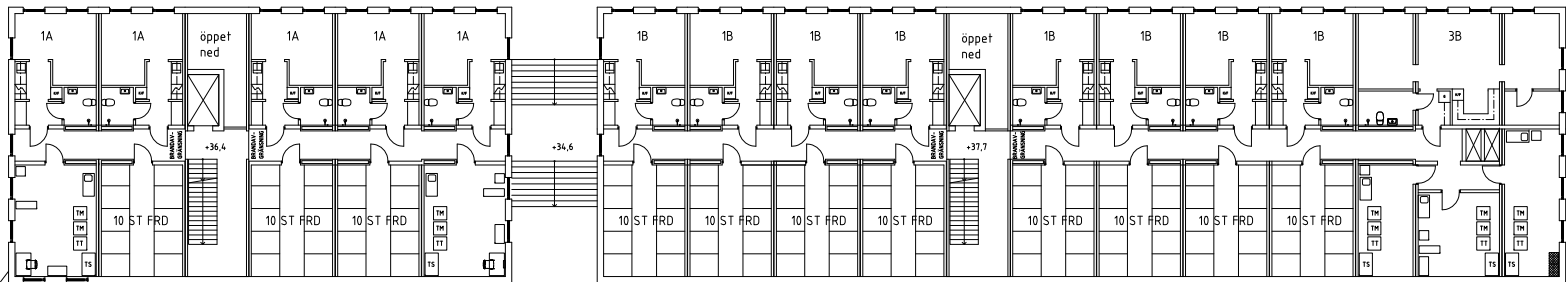


ALT OUTGRÄVT



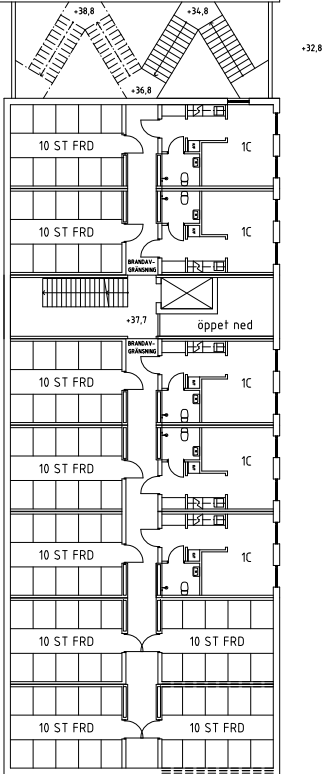
BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)		NUMMER A-40-1-102	BET

PLAN 2

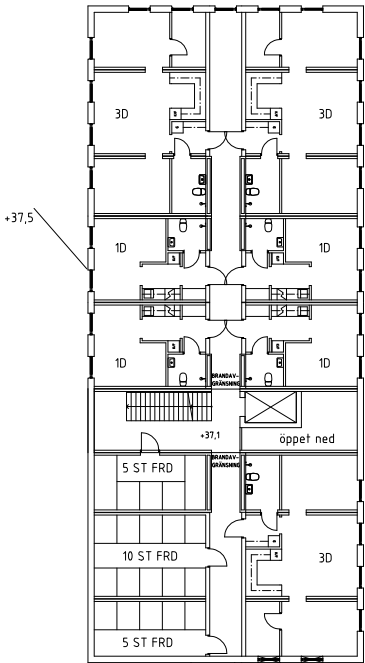


HUS A2
1 RUM 5st
FRD 30st
TVÄTTSTUGA 2st

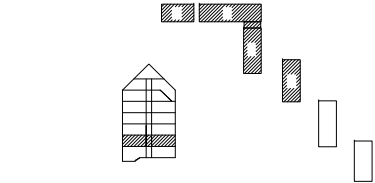
HUS B2
1 RUM 8st
3 RUM 1st
FRD 80 st
TVÄTTSTUGA 3st



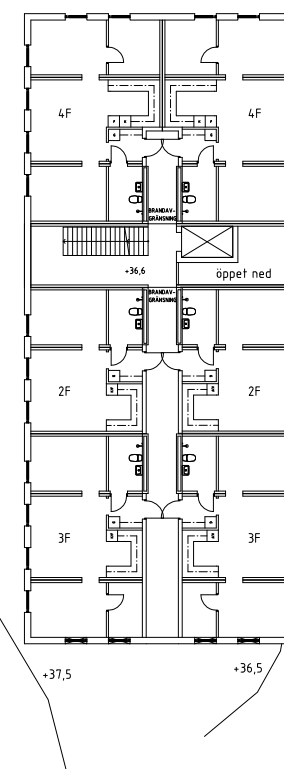
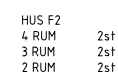
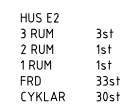
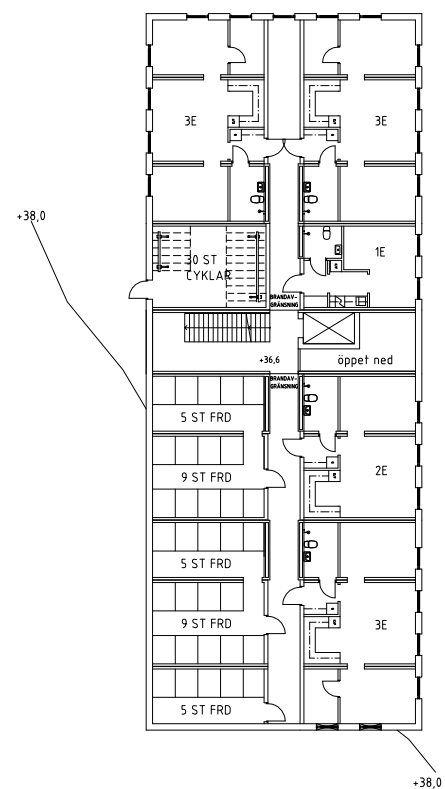
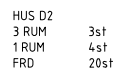
HUS C2
1 RUM 5st
FRD 90st



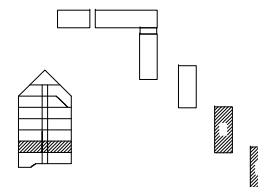
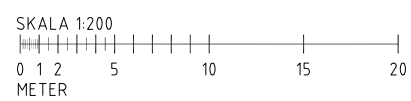
HUS D2
3 RUM 3st
1 RUM 4st
FRD 20st



BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR			HANDLAGGARE
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)		NUMMER A-40-1-201	BET

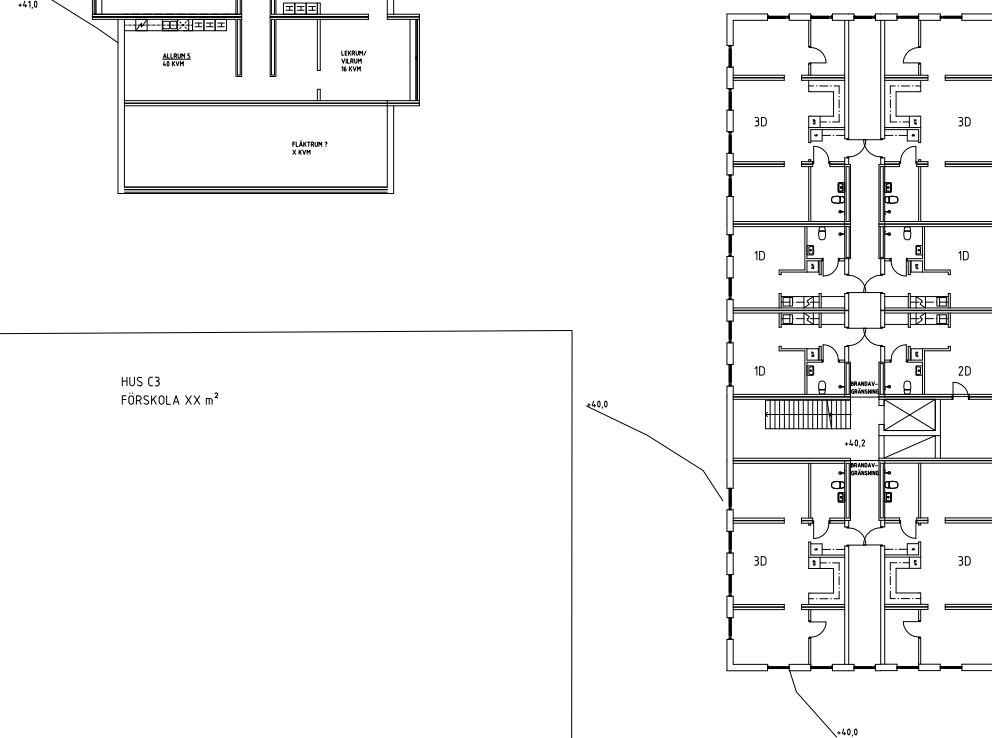
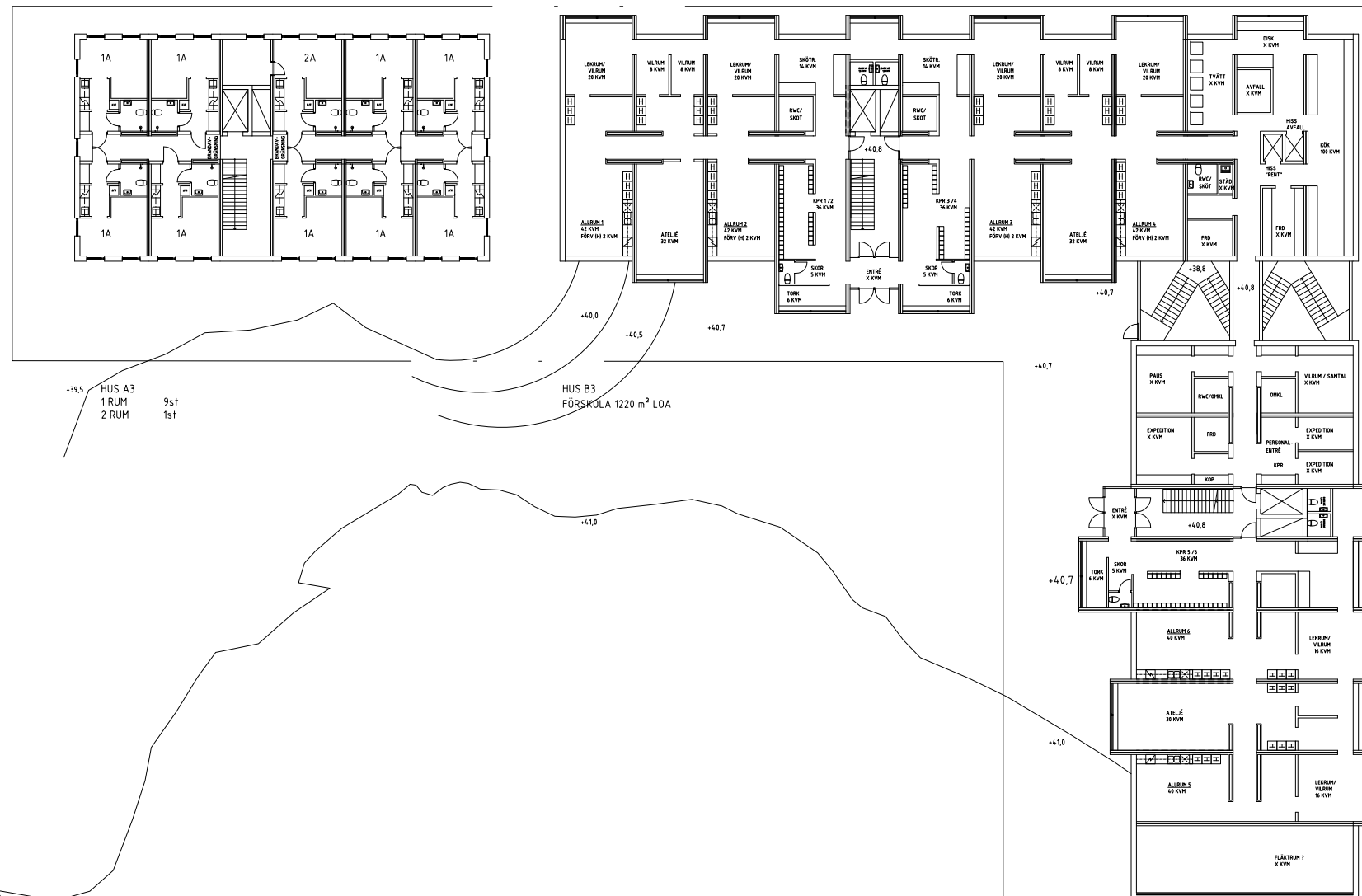


PLAN 2



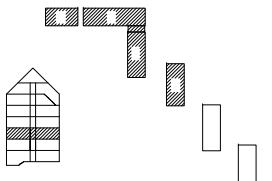
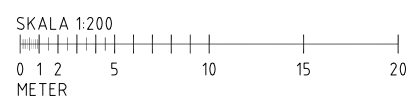
BET	ÄNDERINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDAG NR	RITAD AV	HANDLÄGGARE	
DATUM	UPPDAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)	NUMMER A-40-1-202		BET

PLAN 3

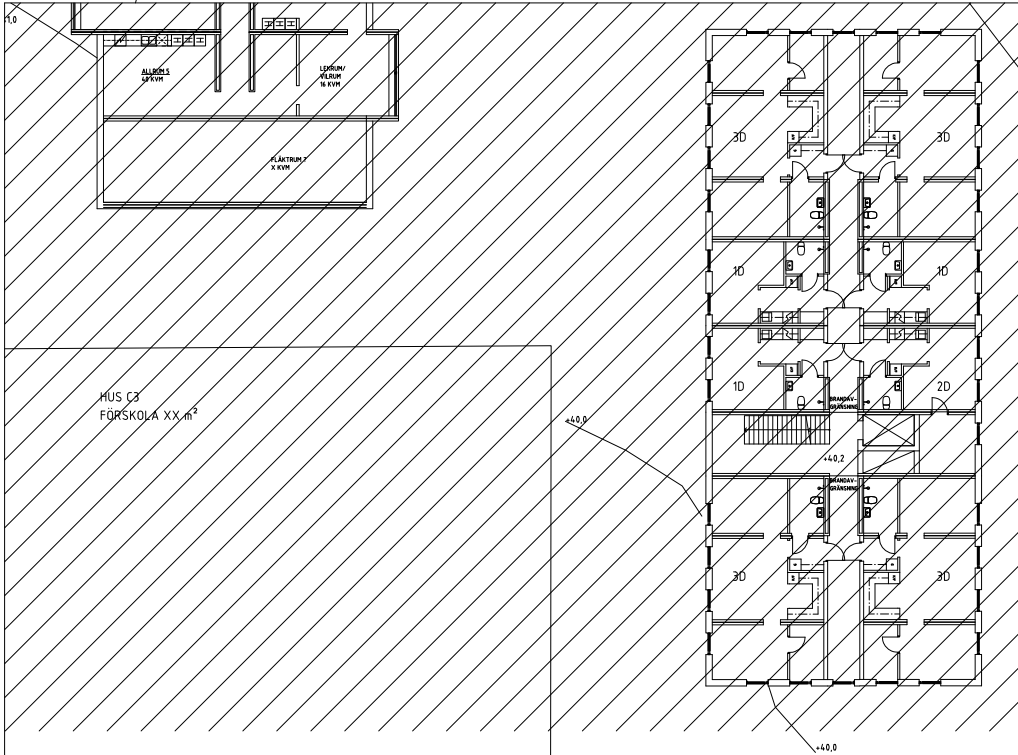


HUS C3
FÖRSKOLA XX m²

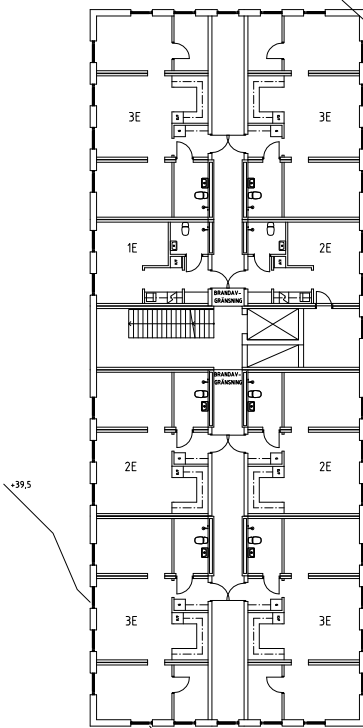
HUS D3	
3 RUM	4st
2 RUM	1st
1 RUM	3st



BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)	NUMMER A-40-1-301		BET

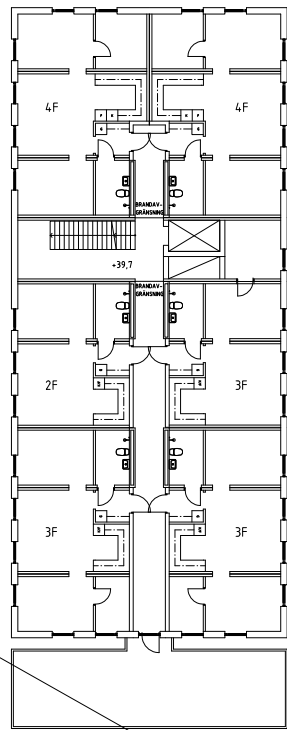


HUS D3
3 RUM 4st
2 RUM 1st
1 RUM 3st

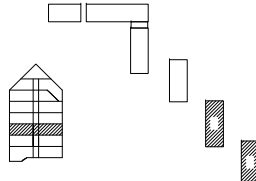


HUS E3
3 RUM 4st
2 RUM 3st
1 RUM 1st

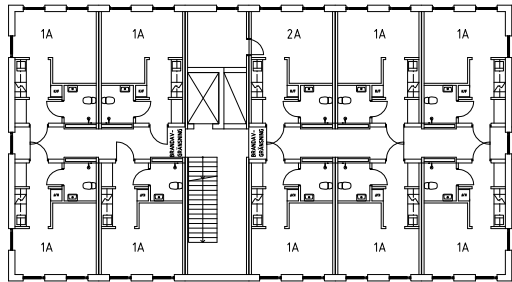
HUS F3
4 RUM 2st
3 RUM 3st
2 RUM 1st



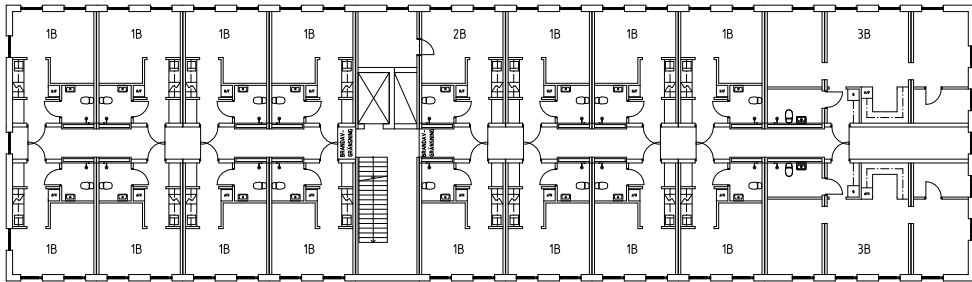
PLAN 3



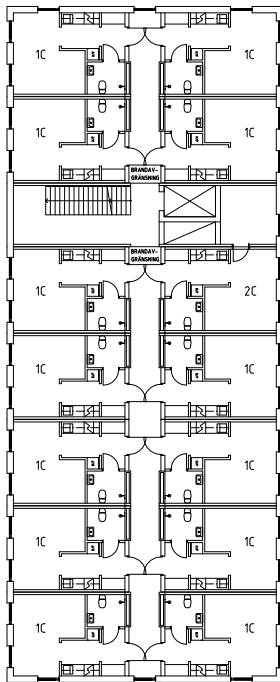
BET		ANDRINGSÄNDRA		DATUM		SIGN	
SVEN BROLIDS GATA							
STUDENTBOSTÄDER							
UPPDRAG NR		RITAD AV		HANDLAGGARE			
DATUM		UPPDRAGSLEDARE		ANSVARIG ARKITEKT			
SKALA		NUMMER				BET	
1:200 (A1)		A-40-1-302					
1:400 (A3)							



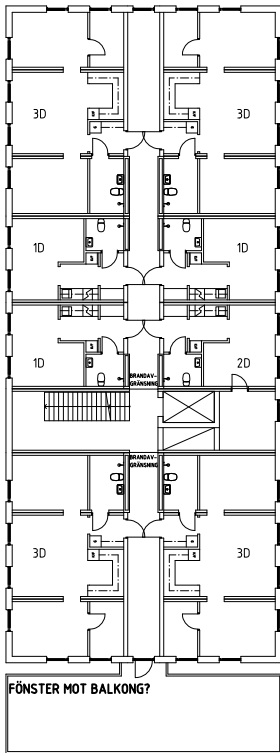
HUS A4
1 RUM 9st
2 RUM 1st



HUS B4
1 RUM 15st
2 RUM 1st
3 RUM 2st

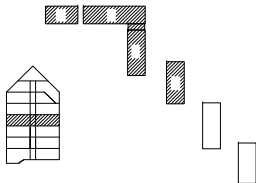


HUS C4
1 RUM 13st
2 RUM 1st

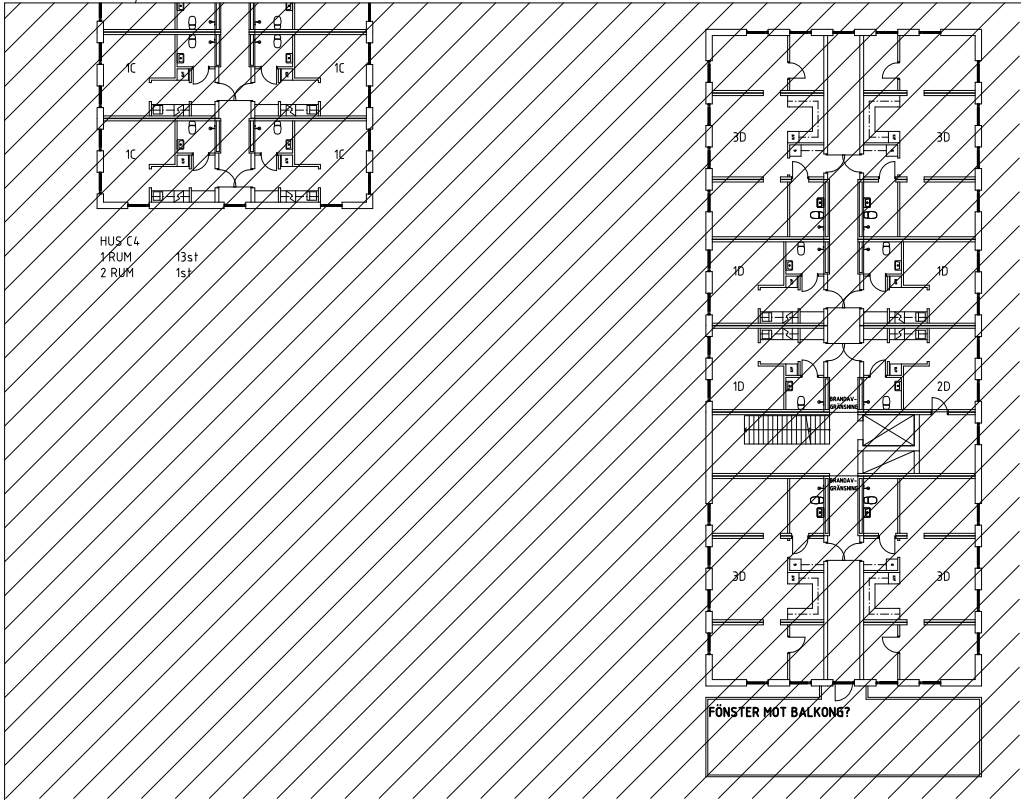


HUS D4
3 RUM 4st
2 RUM 1st
1 RUM 3st

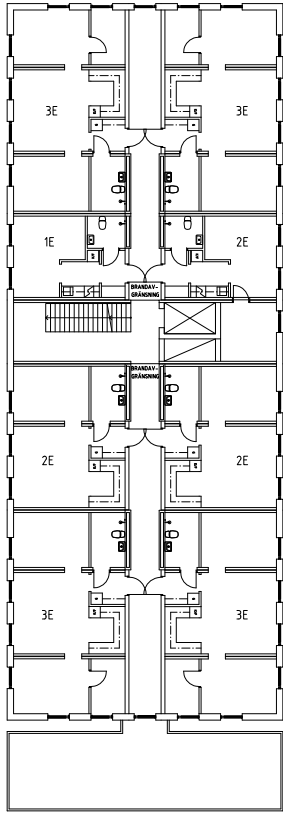
PLAN 4



BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)	NUMMER A-40-1-401		BET

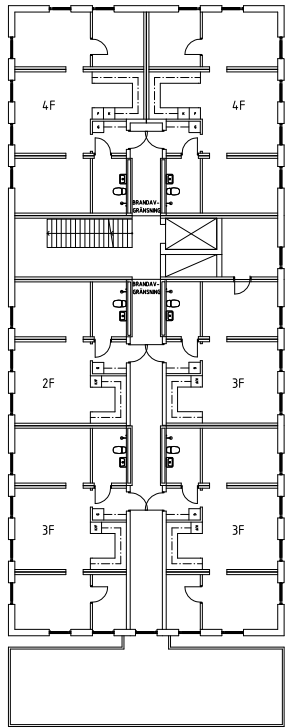


HUS D4
3 RUM 4st
2 RUM 1st
1 RUM 3st

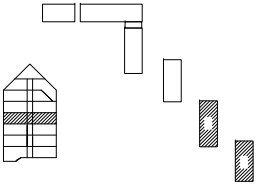
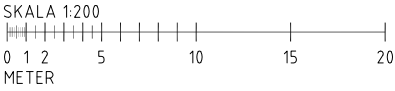


HUS E4
3 RUM 4st
2 RUM 3st
1 RUM 1st

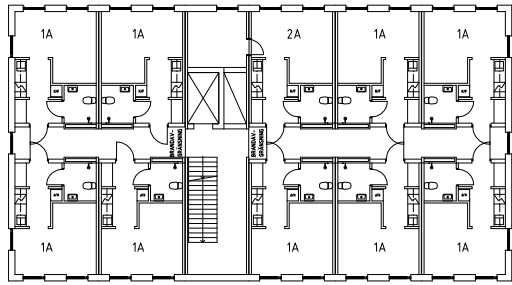
HUS F4
4 RUM 2st
3 RUM 3st
2 RUM 1st



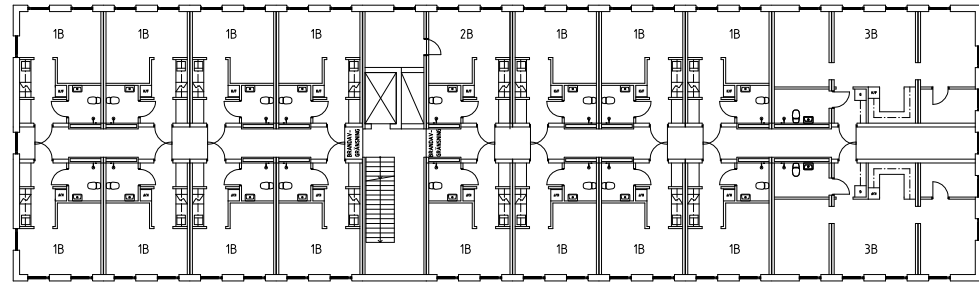
PLAN 4



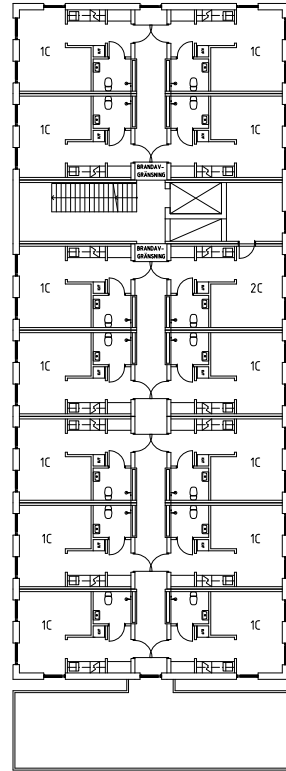
BET		ÄNDRINGEN AVSER		DATUM		SIGN	
SVEN BROLIDS GATA							
STUDENTBOSTÄDER							
UPPDRAG NR		RITAD AV		HANDLAGGARE			
DATUM		UPPDRAGSLEDARE		ANSVARIG ARKITEKT			
SKALA		NUMMER				BET	
1:200 (A1)		A-40-1-402					
1:400 (A3)							



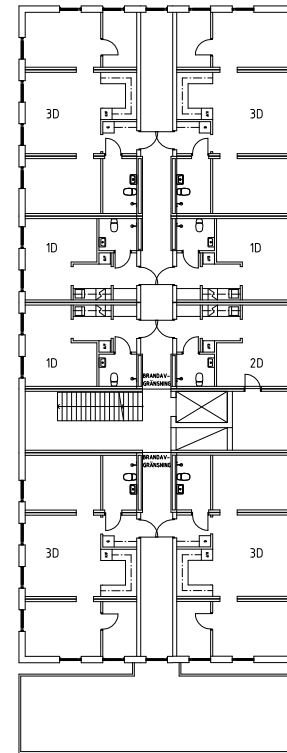
HUS A5
1 RUM 9st
2 RUM 1st



HUS B5
1 RUM 15st
2 RUM 1st
3 RUM 2st



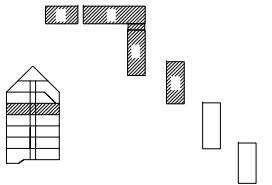
HUS C5
1 RUM 13st
2 RUM 1st



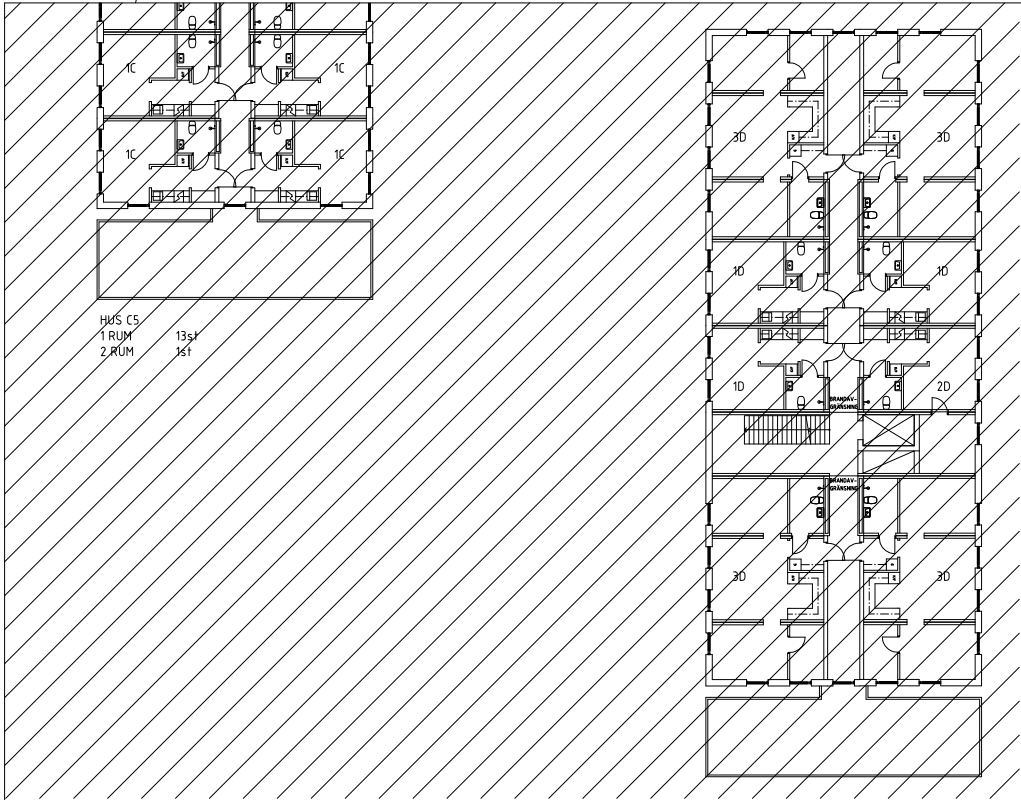
HUS D5
3 RUM 4st
2 RUM 1st
1 RUM 3st

PLAN 5

SKALA 1:200
0 1 2 5 10 15 20
METER



BET	ANDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)	NUMMER A-40-1-501		BET

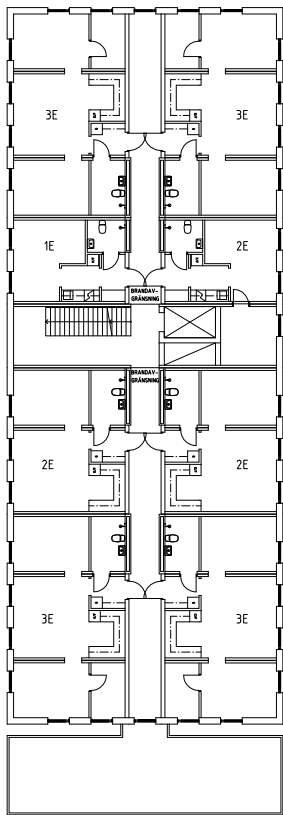


HUS C5
1 RUM
2 RUM

13st
1st

HUS D5
3 RUM
2 RUM
1 RUM

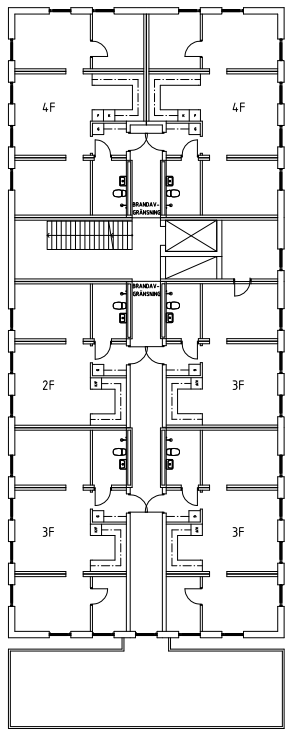
4st
1st
3st



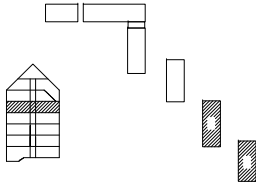
HUS E5
3 RUM
2 RUM
1 RUM

4st
3st
1st

PLAN 5

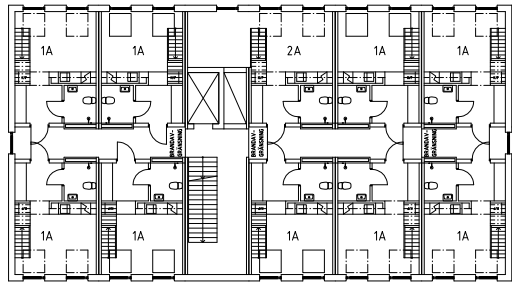


HUS F5

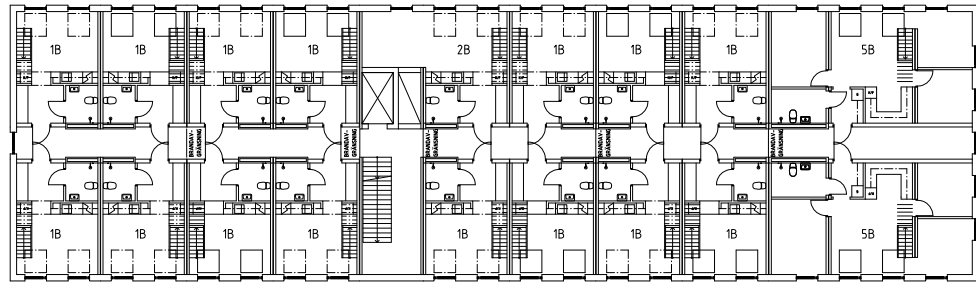


BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)		NUMMER A-40-1-502	BET

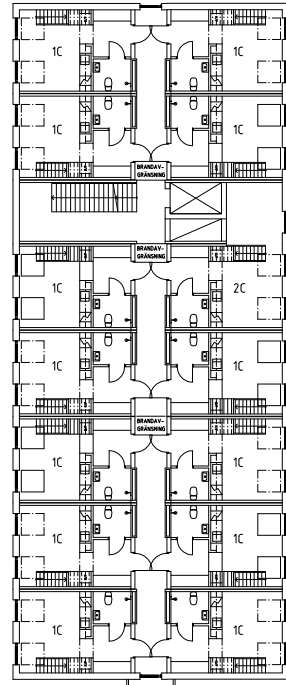
SKALA 1:200
0 1 2 5 10 15 20
METER



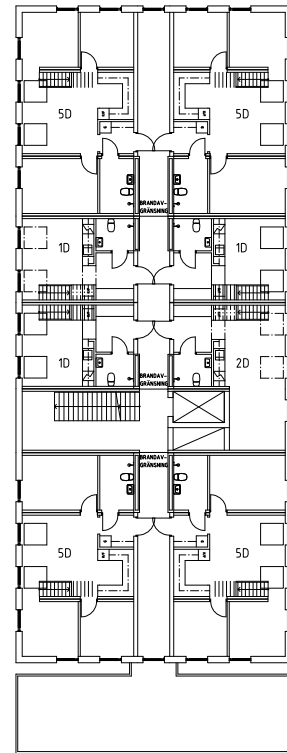
HUS A6
1 RUM loft 9st
2 RUM loft 1st



HUS B6
1 RUM loft 15st
2 RUM loft 1st
5 RUM loft 2st

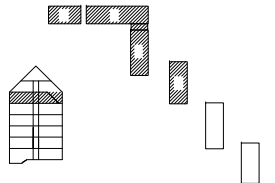
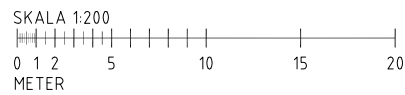


HUS C6
1 RUM loft 13st
2 RUM loft 1st

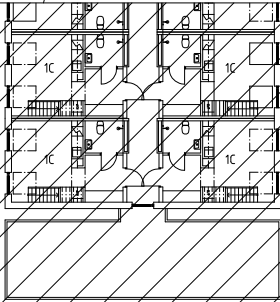


HUS D6
5 RUM loft 4st
2 RUM loft 1st
1 RUM loft 3st

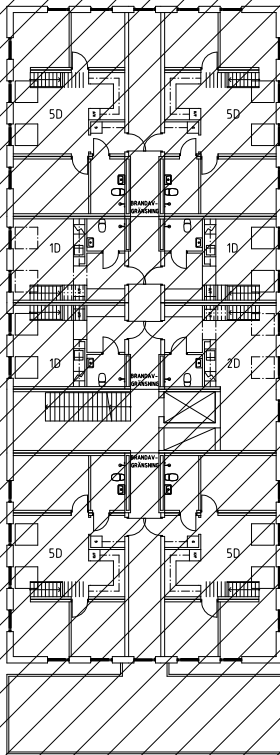
PLAN 6



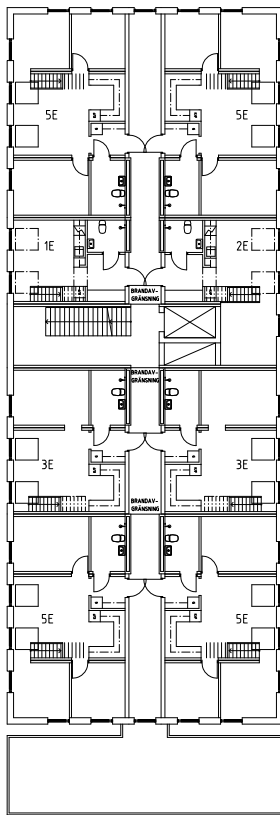
BET	ANDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR		RITAD AV	HANDLAGGARE
DATUM	UPPDRAGSLEDARE		ANSVARIG ARKITEKT
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)	NUMMER A-40-1-601		BET



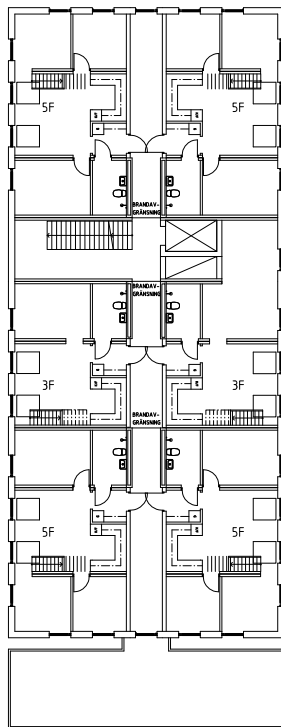
HUS C6
1 RUM loft 13st
2 RUM loft 1st



HUS D6
5 RUM loft 4st
2 RUM loft 1st
1 RUM loft 3st



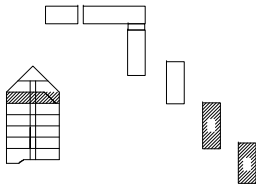
HUS E6
5 RUM loft 4st
3 RUM loft 2st
2 RUM loft 1st
1 RUM loft 1st



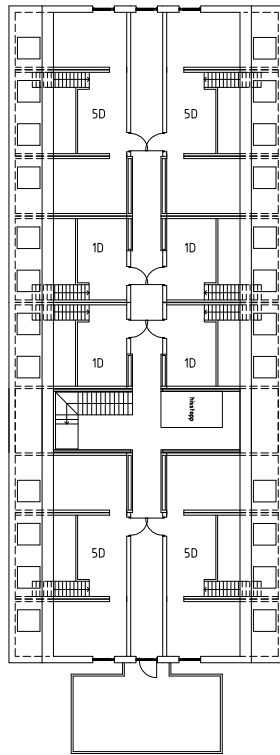
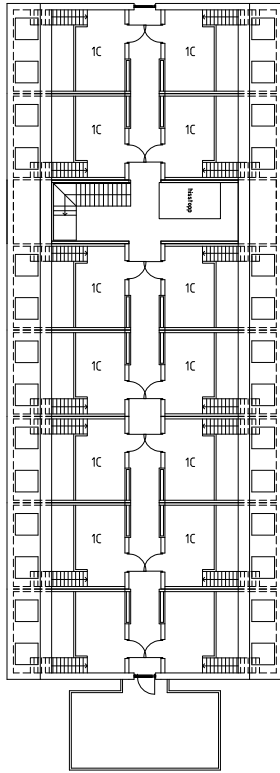
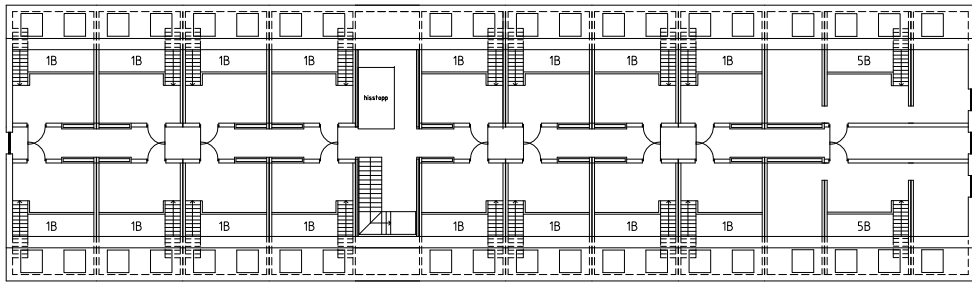
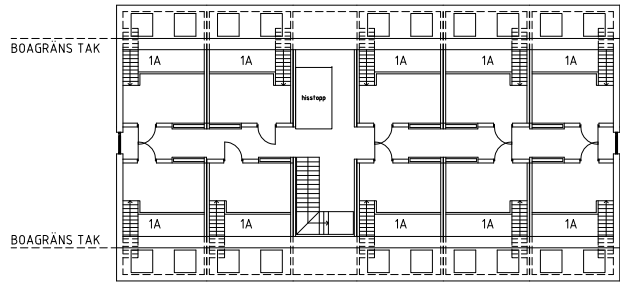
HUS F6
5 RUM loft 4st
3 RUM loft 2st

PLAN 6

SKALA 1:200
0 1 2 5 10 15 20
METER

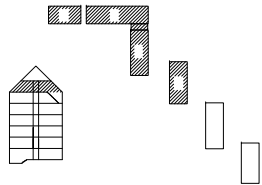


BET	ÄNDRINGS AVSEER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)		NUMMER A-40-1-602	BET

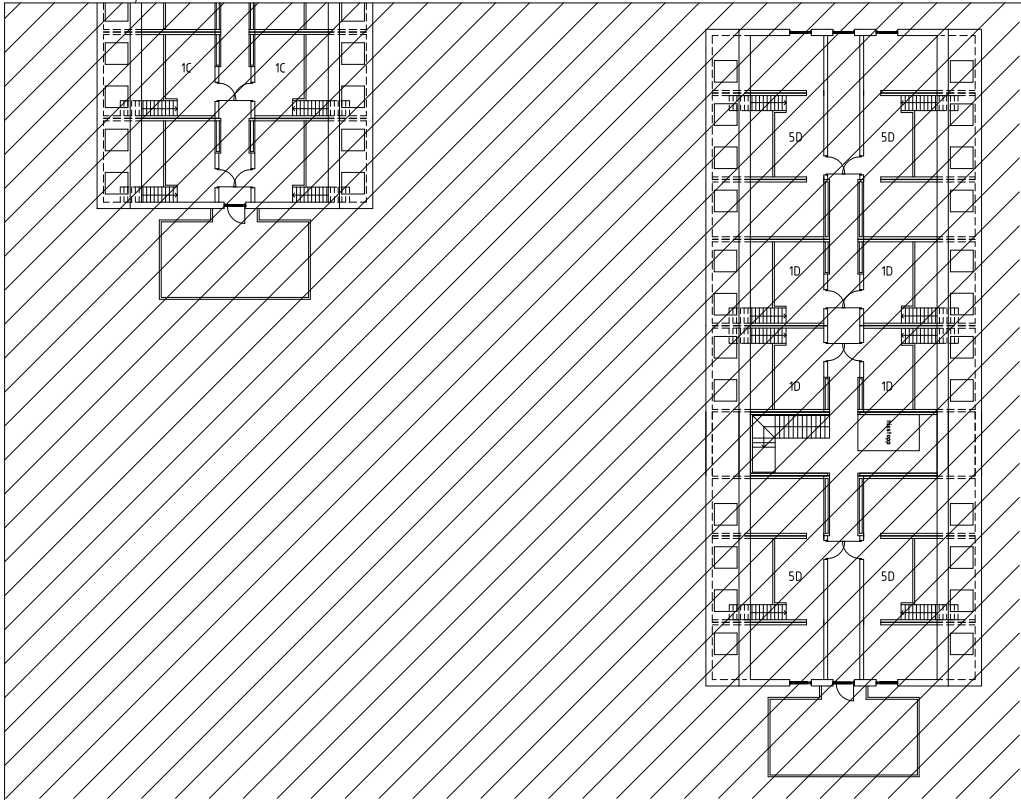


PLAN 7

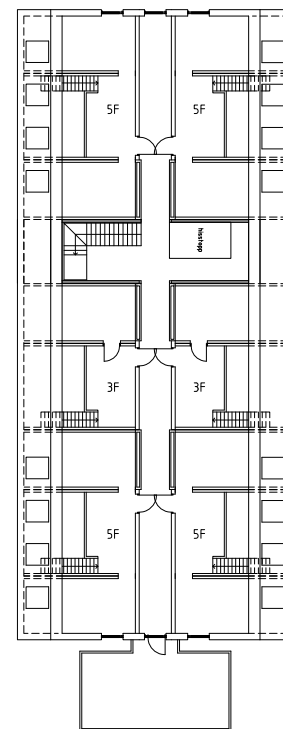
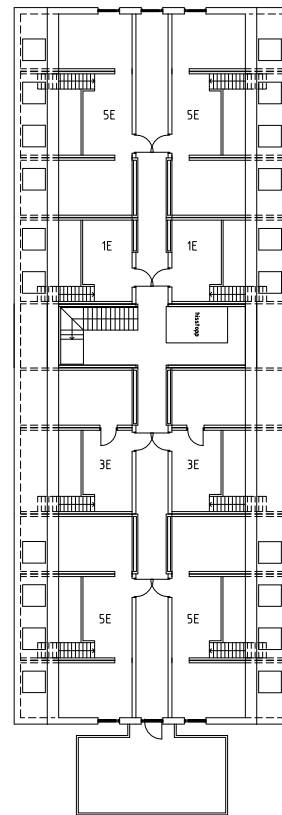
SKALA 1:200
0 1 2 5 10 15 20
METER



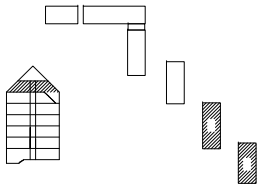
BET	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)		NUMMER A-40-1-701	BET



PLAN 7



SKALA 1:200
0 1 2 5 10 15 20
METER

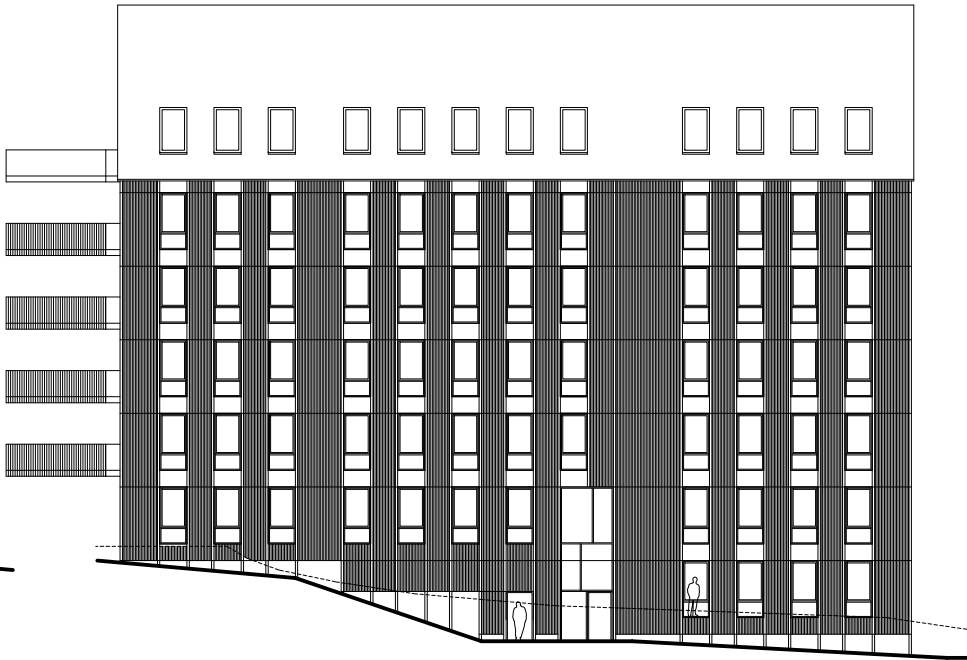


BET	ANDRINGEN AVSEER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)	NUMMER A-40-1-702		BET

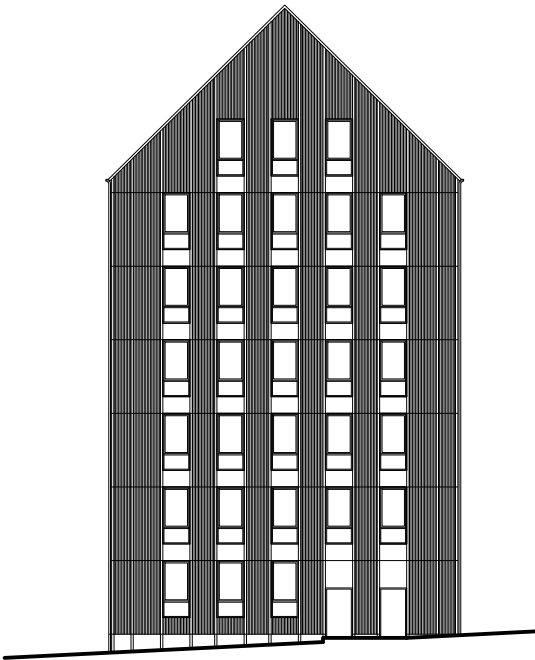
HUS F



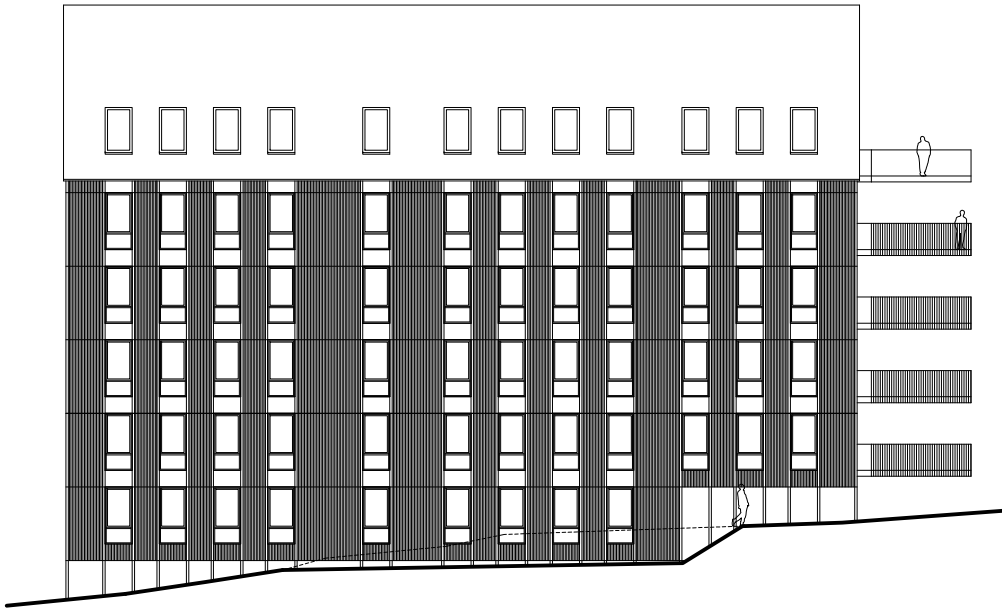
HUS F



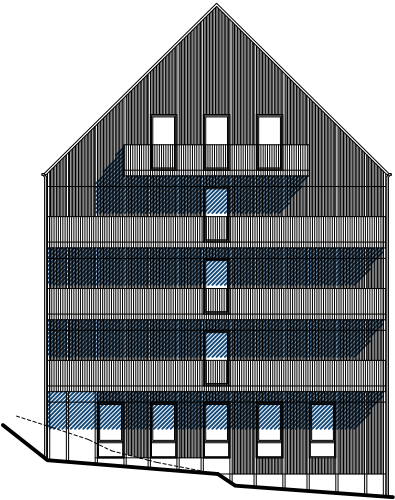
HUS F



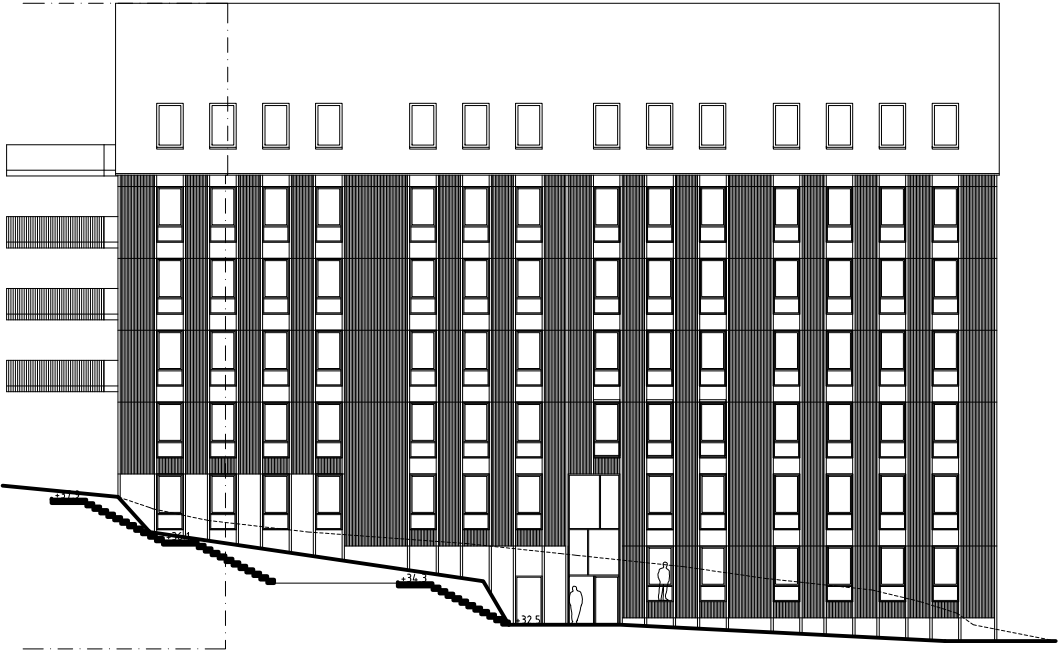
HUS F



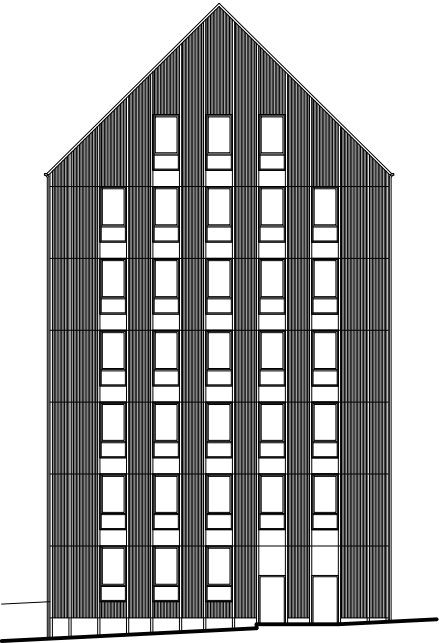
HUS E



HUS E



HUS E

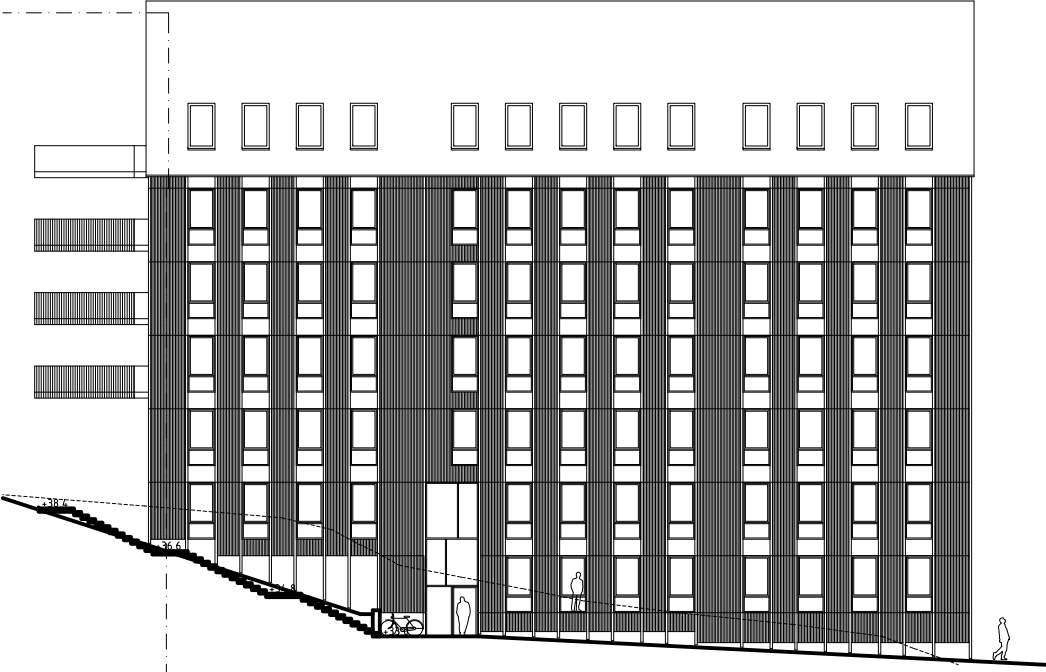


HUS E

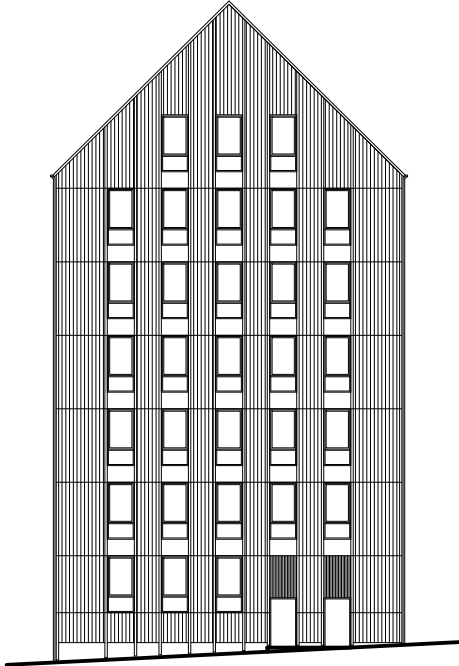


varför så
stor
nivåskillnad?

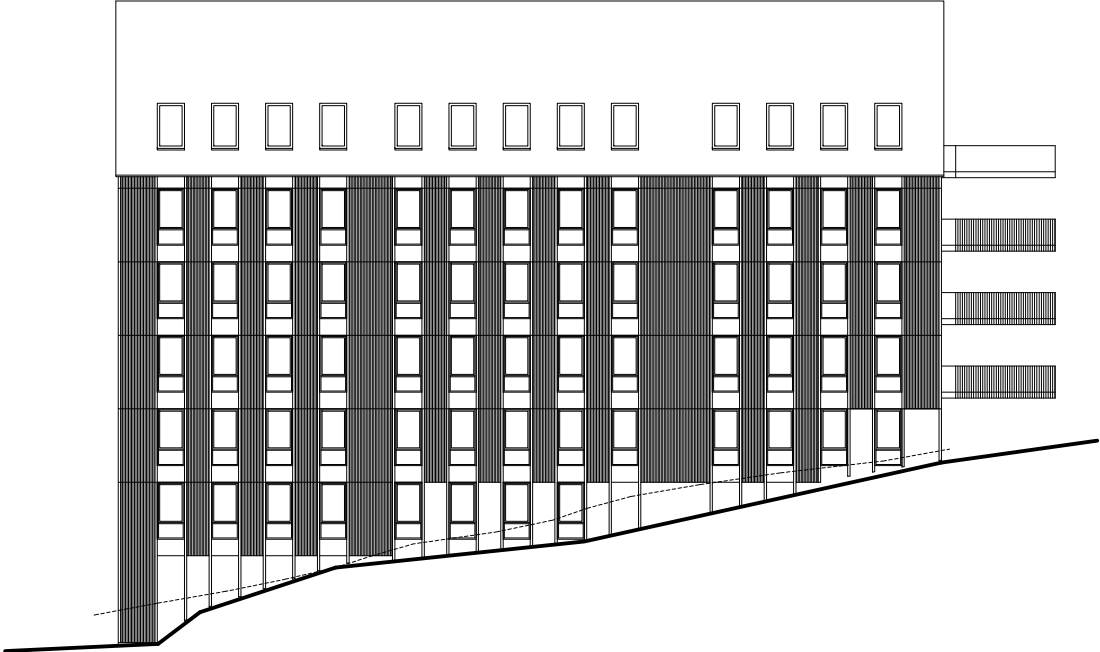
HUS D



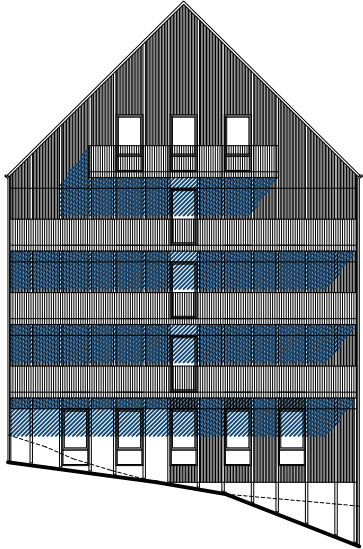
HUS D



HUS D



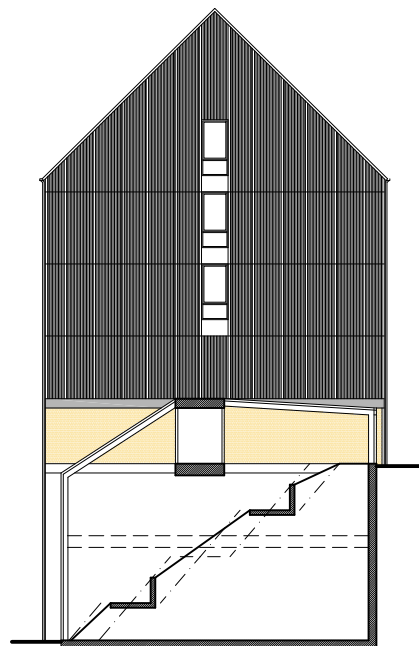
HUS D



HUS C



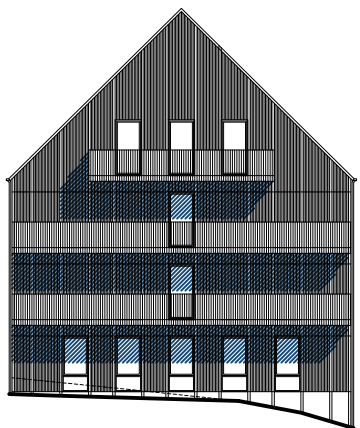
alternativ marklinje
ger 3st 1:or



HUS C



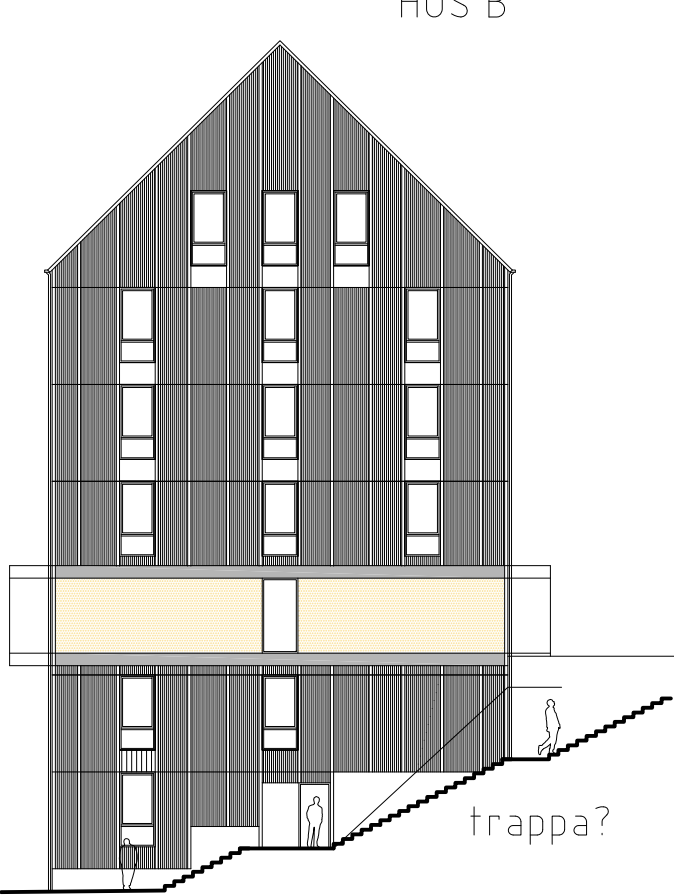
HUS C



HUS B



HUS B

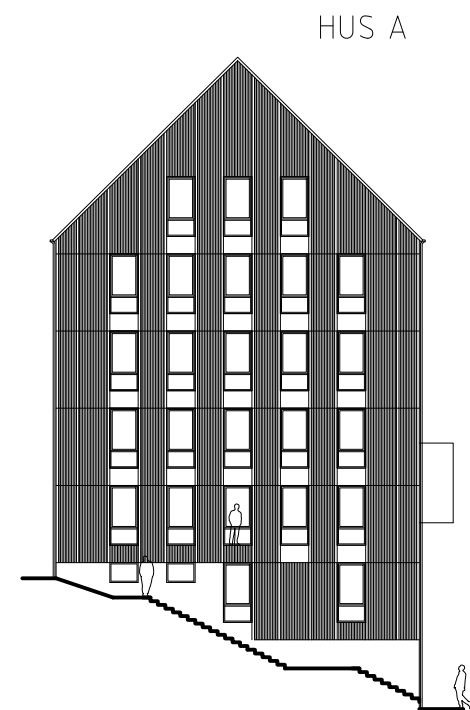
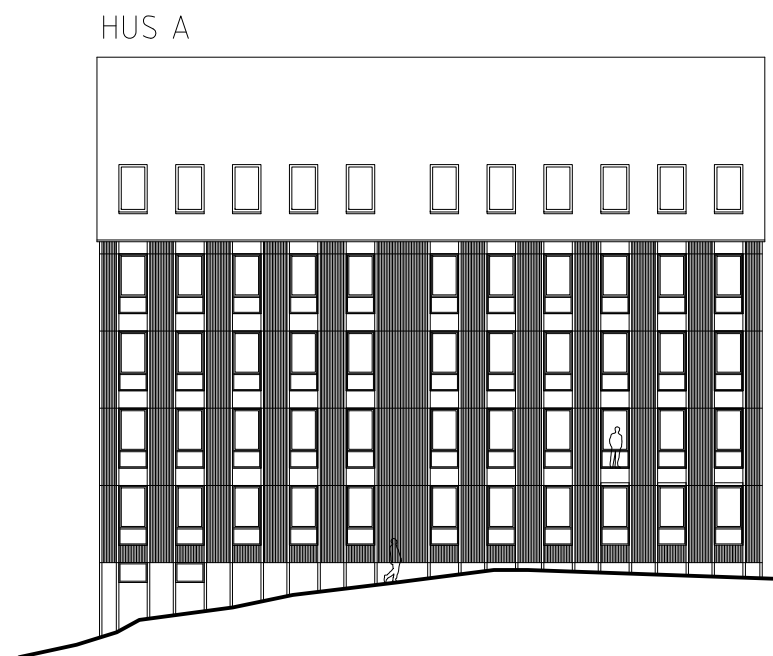
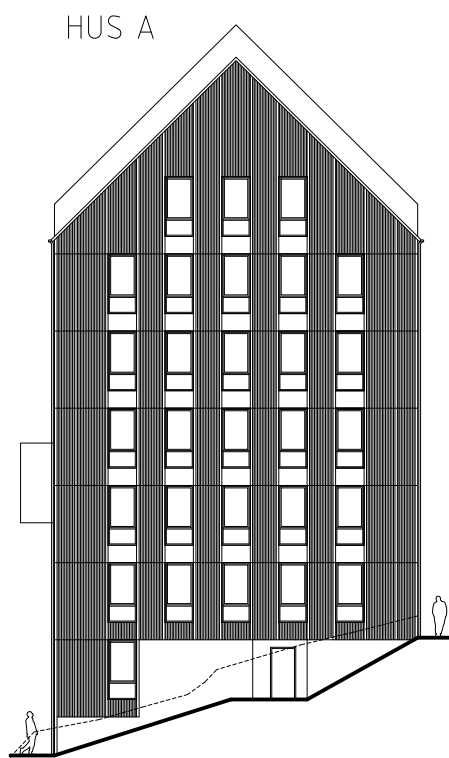
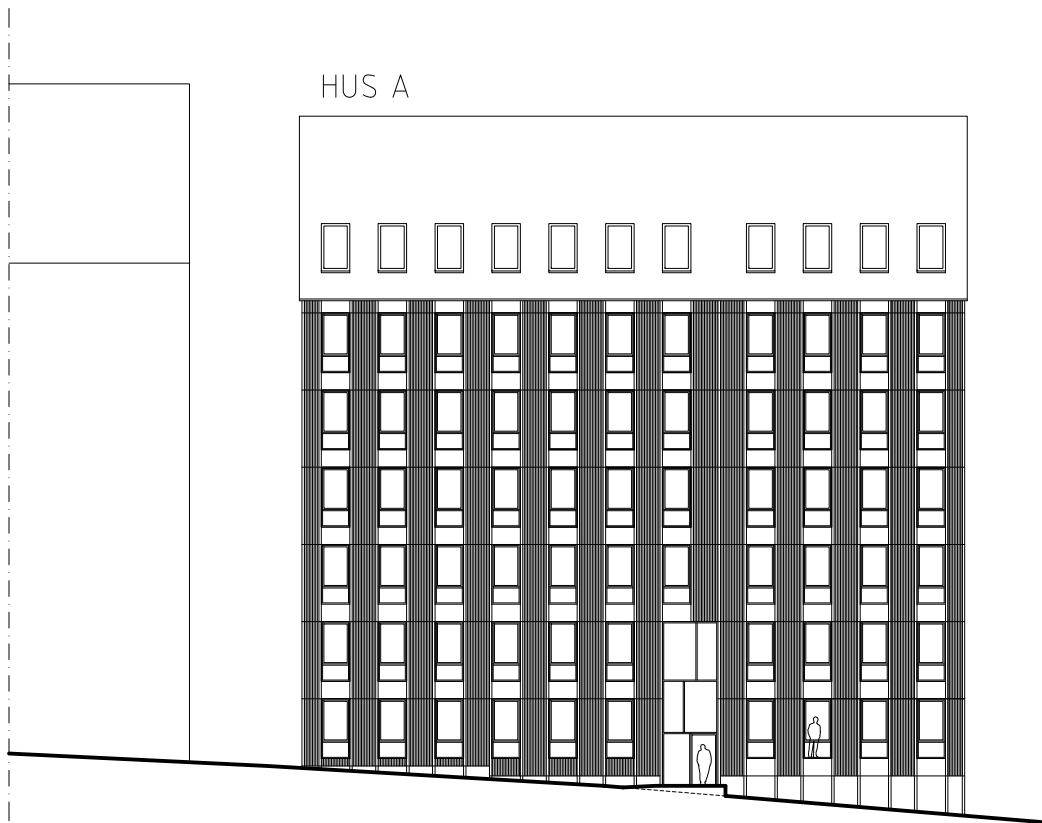


HUS B



HUS B





HUS A

YTOR			
	BTA	BOA	LOA
Plan 1	388,37	126,85	
Plan 2	388,37	126,85	
Plan 3	388,37	263,66	
Plan 4	388,37	263,66	
Plan 5	388,37	263,66	
Plan 6	388,37	263,66	
Plan 7 loft	294,88	192,77	
TOT	2625,1	1501,11	
BOA/BTA		57%	
(BOA+LOA)/BTA			

HUS B

YTOR			
	BTA	BOA	LOA
Plan 1	747,47	202,96	85,23
Plan 2	747,47	265,74	
Plan 3	832,27		774,21
Plan 4	747,27	541,43	
Plan 5	747,47	541,43	
Plan 6	747,47	541,43	
Plan 7 loft	567,53	403,84	
TOT	5136,95	2496,83	859,44
BOA/BTA		49%	
(BOA+LOA)/BTA		65%	

VÄXTHUS

YTOR	
BTA	
70,31	
0	
10,76	
81,07	

HUS C

YTOR			
	BTA	BOA	LOA
Plan 1	227,15	76,11	
Plan 2	521,68	126,85	
Plan 3	568,45		463,56
Plan 4	521,68	365,12	
Plan 5	521,68	365,12	
Plan 6	521,68	365,12	
Plan 7 loft	396,02	269,88	
TOT	3278,34	1568,2	463,56
BOA/BTA		48%	
(BOA+LOA)/BTA		62%	

HUS D

YTOR			
	BTA	BOA	LOA
Plan 1	506,66	113,52	
Plan 2	506,66	289,8	
Plan 3	506,66	362,5	
Plan 4	506,66	362,57	
Plan 5	506,66	362,57	
Plan 6	506,66	362,57	
Plan 7 loft	384,84	267,9	
TOT	3424,8	2121,43	
BOA/BTA		62%	
(BOA+LOA)/BTA		62%	

HUS E

YTOR			
	BTA	BOA	LOA
Plan 1	393,76	88,15	
Plan 2	552,9	257,77	
Plan 3	552,9	399,97	
Plan 4	552,9	399,97	
Plan 5	552,9	399,97	
Plan 6	552,9	399,97	
Plan 7 loft	419,82	296,33	
TOT	3578,08	2242,13	
BOA/BTA		63%	
(BOA+LOA)/BTA			

HUS F

YTOR			
	BTA	BOA	LOA
Plan 1	486,24	68	
Plan 2	486,24	349,68	
Plan 3	486,24	359,61	
Plan 4	486,24	359,62	
Plan 5	486,24	359,62	
Plan 6	486,24	359,62	
Plan 7 loft	369,23	257,77	
TOT	3286,67	2113,92	
BOA/BTA		64%	
(BOA+LOA)/BTA			

TOTALT

YTOR			
	BTA	BOA	LOA
Plan 1	2819,96	675,59	85,23
Plan 2	3203,32	1416,69	0
Plan 3	3345,65	1385,74	1237,77
Plan 4	3203,12	2292,37	0
Plan 5	3203,32	2292,37	0
Plan 6	3203,32	2292,37	0
Plan 7 loft	2432,32	1688,49	0
TOT	21411,01	12043,62	1323
BOA/BTA		56%	
(BOA+LOA)/BTA		62%	

VARAV FÖRSKOLA

YTOR		
	BTA	LOA
Plan 1	232,43	85,23
Plan 2		
Plan 3	1411,48	1237,77
Plan 4		
Plan 5		
Plan 6		
Plan 7 loft		
TOT	1643,91	1323
LOA/BTA		80%

Lägenhetsfördelning								
	HUS A	HUS B	HUS C	HUS D	HUS E	HUS F	TOT	%
1 RUM	37	46	34	15	5		137	48%
1 RUM loft	9	15	13	3	1		41	14%
2 RUM	3	2	2	3	10	5	25	9%
2 RUM loft	1	1	1	1	1		5	2%
3 RUM		5		16	16	12	49	17%
3 RUM loft					2	2	4	1%
4 RUM						8	8	3%
5 RUM loft		2		4	4	4	14	5%
TOT	50	71	50	42	39	31	283	

Behov
cyklar

137
41
25
5
98
8
16
28

358

FRD/CYKEL/TVÄTT			
	FRD (st)	CYKEL (st)	TVÄTT (st)
HUS A	60	80	2
HUS B	80		3
HUS C	90		2
HUS D	59	128	1
HUS E	48	85	2
HUS F	34	143	2
TOT	371	436	12

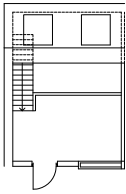
Behov

358

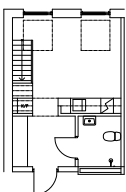
1 rum + loft
36,04m²

loft
10,67m²

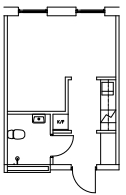
1 rum
25,37m²



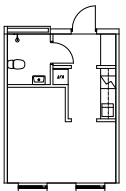
1 h loft öv gavel



1 h loft bv gavel



1 v



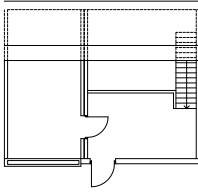
1 h

1 rum
25,37m²

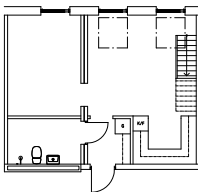
2 rum + loft
66,66m²

loft
22,59m²

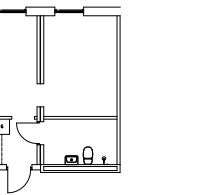
2 rum
44,07m²



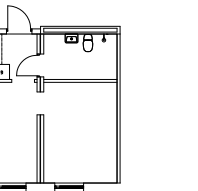
3 v loft öv



3 v loft nv



3 h gavel v



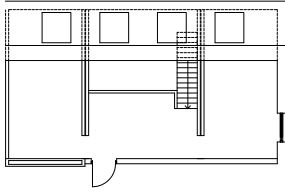
3 v gavel h

3 rum
62,78m²

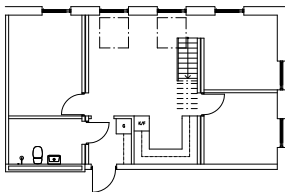
3 rum + loft
97,16m²

loft
34,38m²

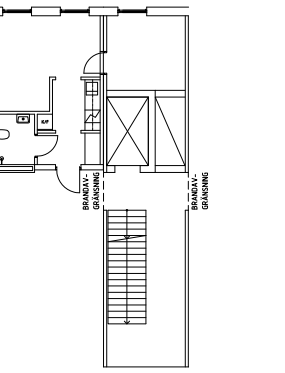
3 rum
62,78m²



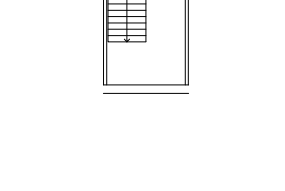
5 v loft öv gavel



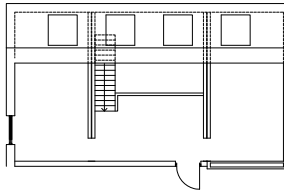
5 v loft bv gavel



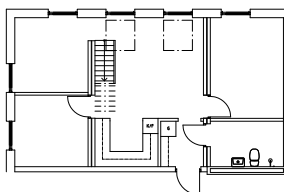
5 v loft bv gavel



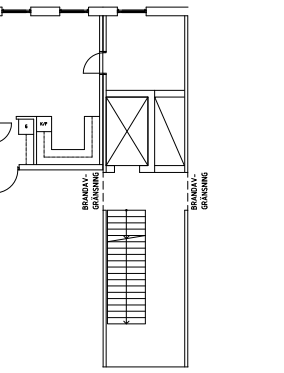
2 rum
35,32m²



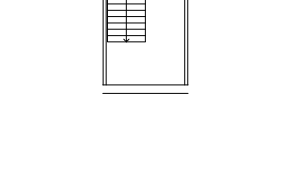
5 h loft öv gavel



5 h loft bv gavel



5 h loft bv gavel



3 rum
54,02m²

HUS A
338,37m² / plan
338,37m² x 6 = 284,89m² =
2625,11m² BTA

HUS B
747,47m² / plan
747,47m² x 5 = 567,53m² =
4304,88m² BTA
OBS! PLAN 3 INTE INRÄKNAT
REDOVISAS SEPARAT

FÖRSKOLA HUS B-C, PLAN 3
1411,49m² BTA

VÄXTHUS
70,31m² BTA

HUS C
547,50m² / plan
547,50m² x 4 = 224,52m²(PLAN 1) + 415,66m² =
2830,18m² BTA
OBS! PLAN 3 INTE INRÄKNAT
REDOVISAS SEPARAT

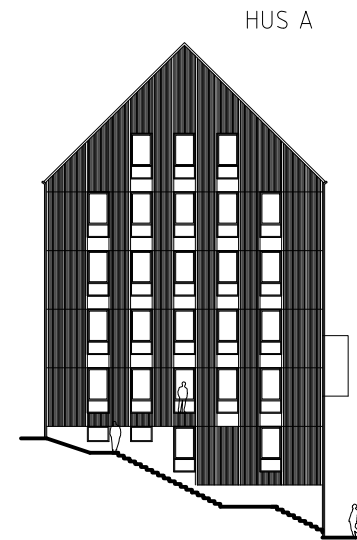
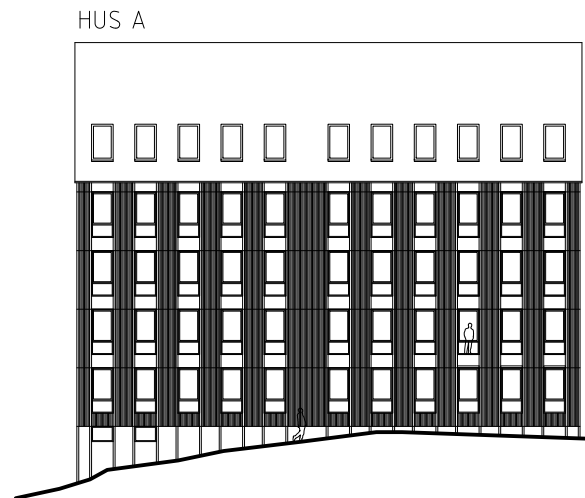
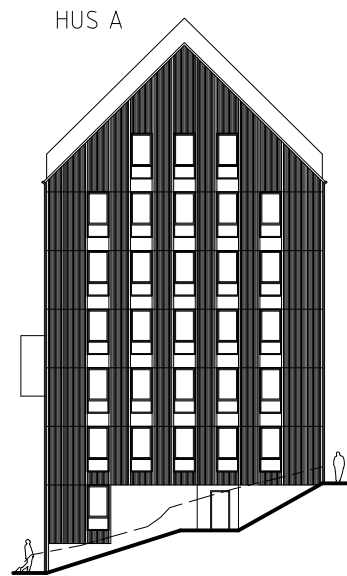
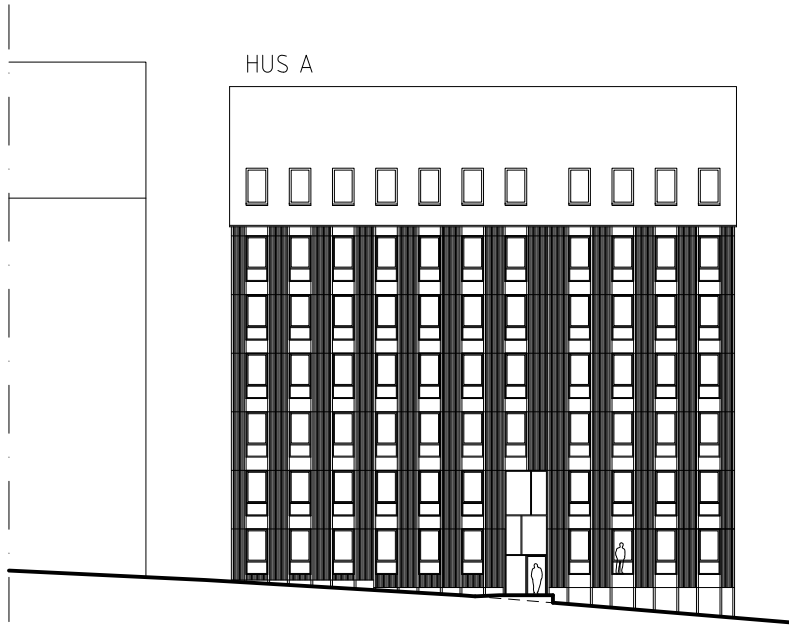
ALT OUTGRÄVT

HUS D
506,66m² / plan
506,66m² x 6 = 384,85m² =
3424,81m² BTA

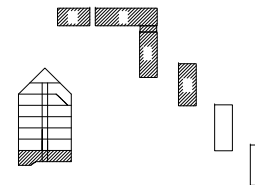
HUS E
552,90m² / plan
552,90m² x 5 = 392,77m² + 284,89m² =
3442,16m² BTA

ALT OUTGRÄVT

HUS F
486,24m² / plan
486,24m² x 6 = 369,23m² =
3286,67m² BTA

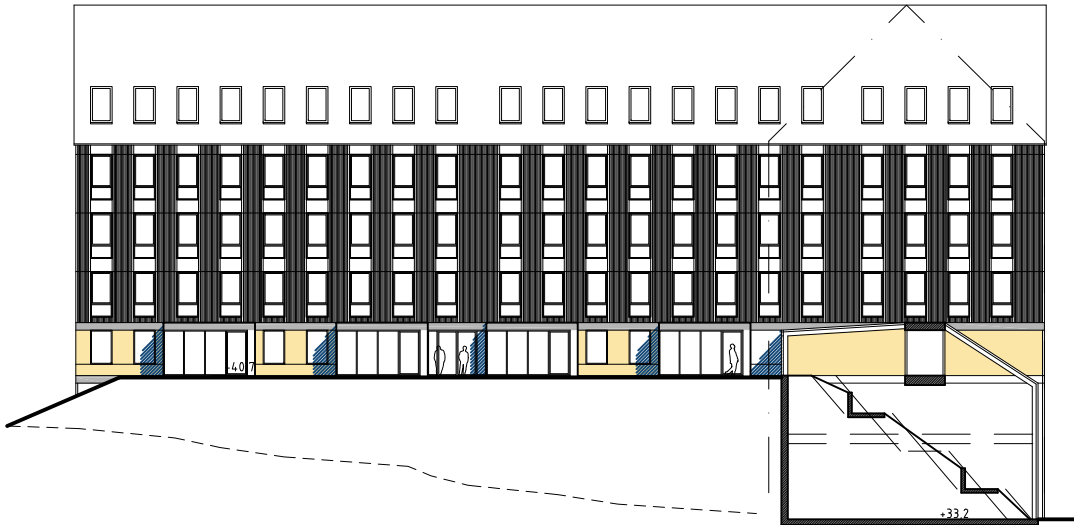


SKALA 1:200
0 1 2 5 10 15 20
METER



BET	ANDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)		NUMMER A-40-3-101	
		BET	

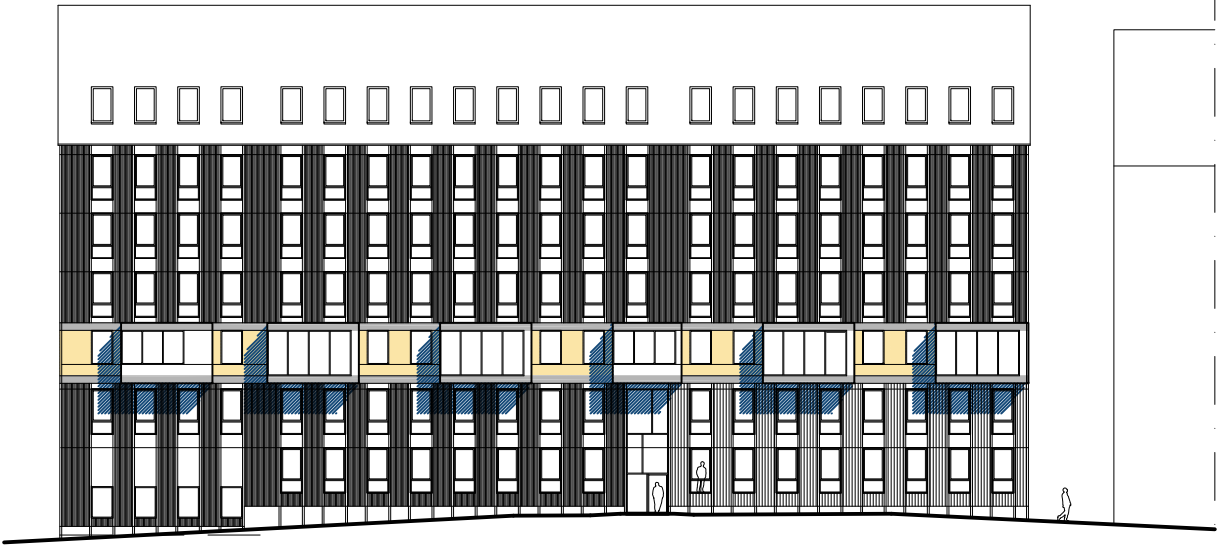
HUS B



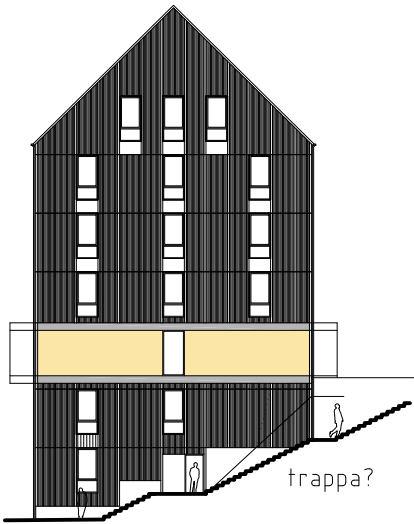
HUS B



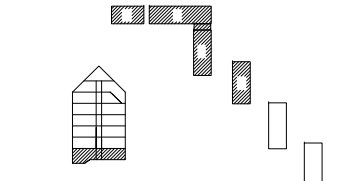
HUS B



HUS B

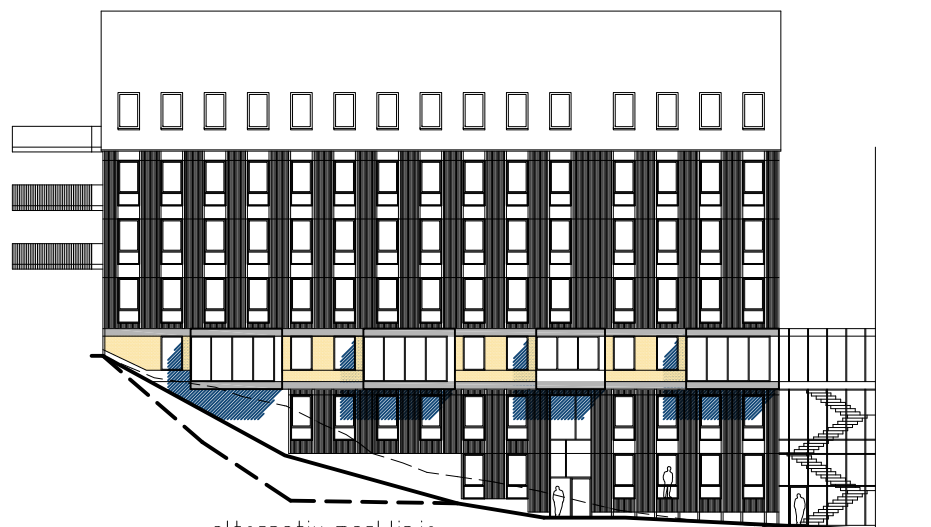


SKALA 1:200
0 1 2 5 10 15 20
METER



BET	ANDRINGSÄNDRA	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR	RITAD AV	HANDLAGGARE	
DATUM	UPPDRAGSLEDARE	ANSVARIG ARKITEKT	
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)	NUMMER A-40-3-101		BET

HUS C

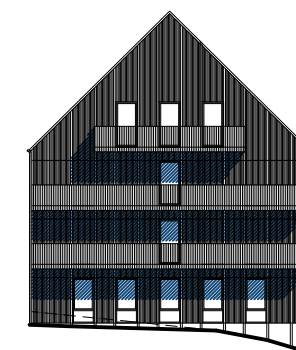


alternativ marklinje
ger 3st 1:or

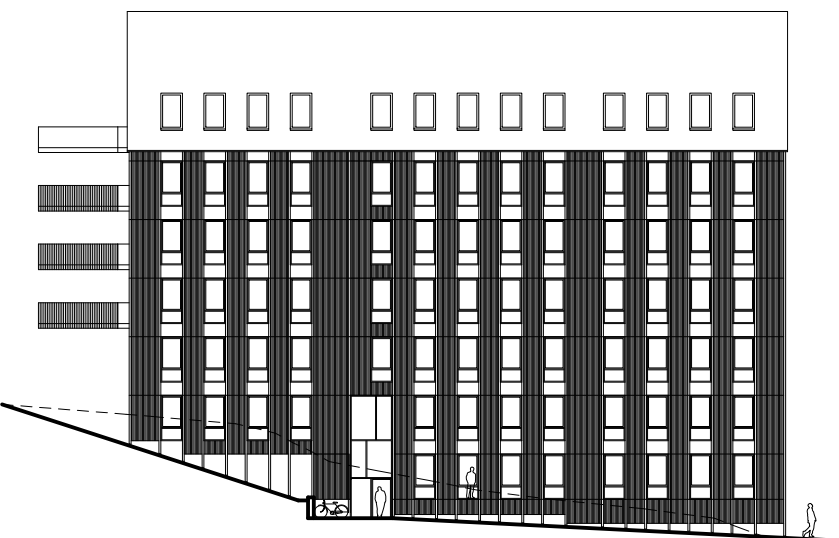
HUS C



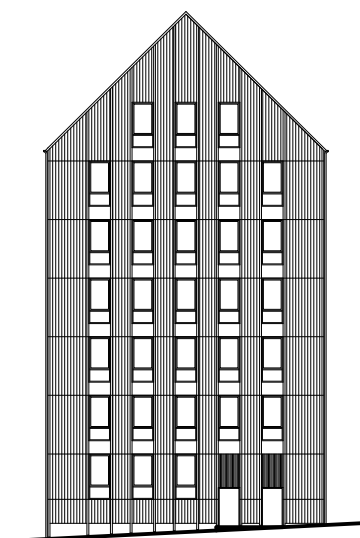
HUS C



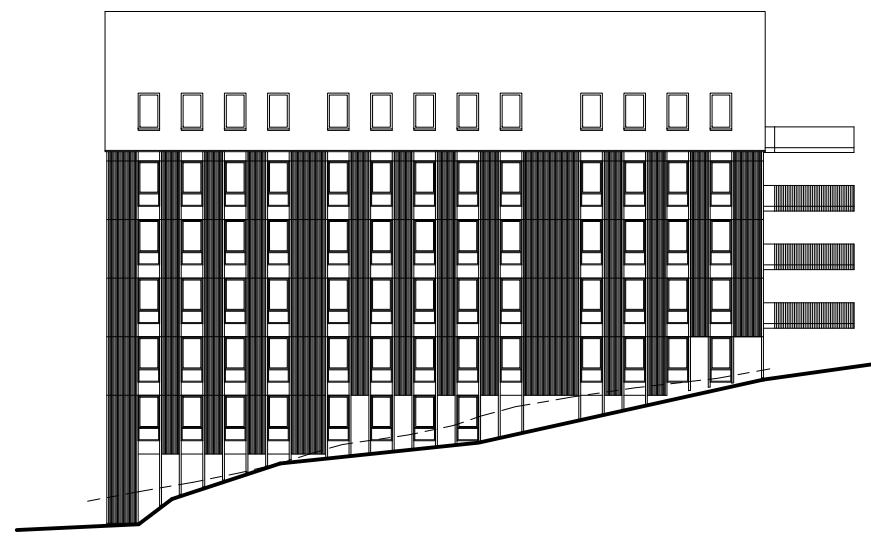
HUS D



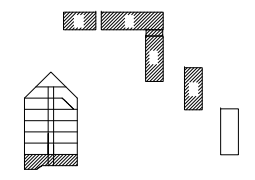
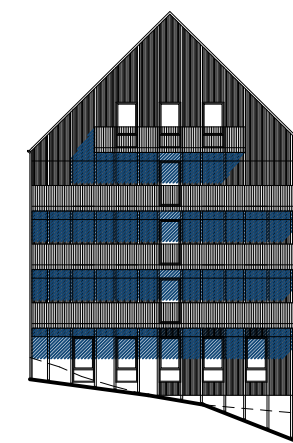
HUS D



HUS D



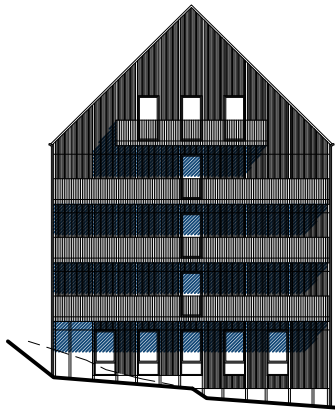
HUS D



SKALA 1:200
0 1 2 5 10 15 20
METER

BET	ANDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
SVEN BROLIDS GATA STUDENTBOSTÄDER			
UPPDRAG NR		RITAD AV	HANDLAGGARE
DATUM	UPPDRAGSLEDARE		ANSVARIG ARKITEKT
SKALA 1:200 (A1) 1:400 (A3)	NUMMER A-40-3-101		BET

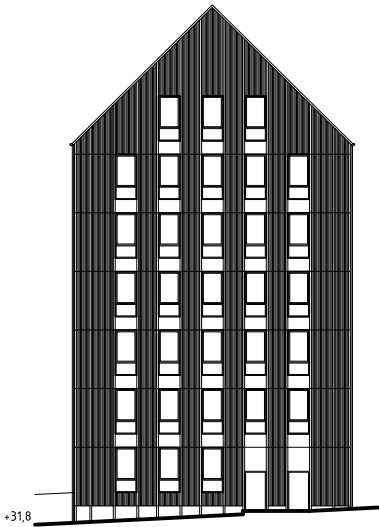
HUS E



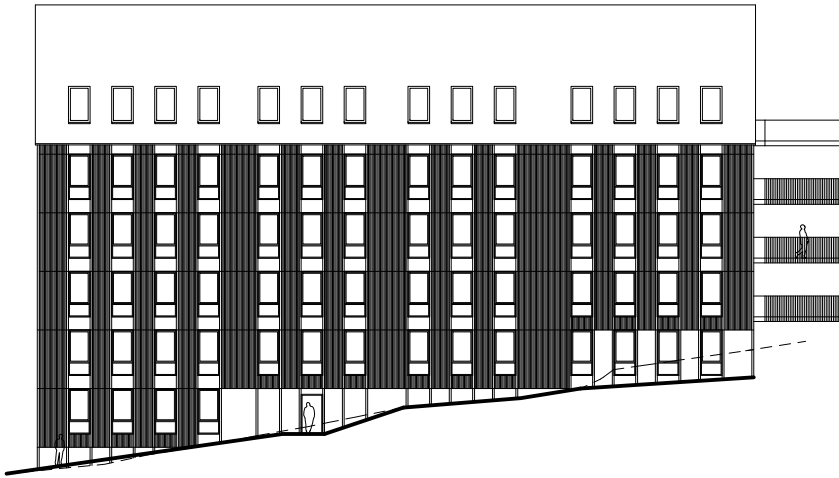
HUS E



HUS E

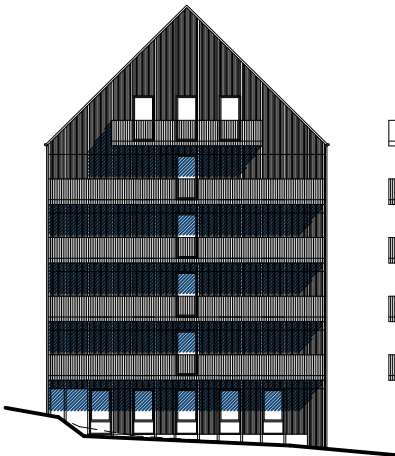


HUS E

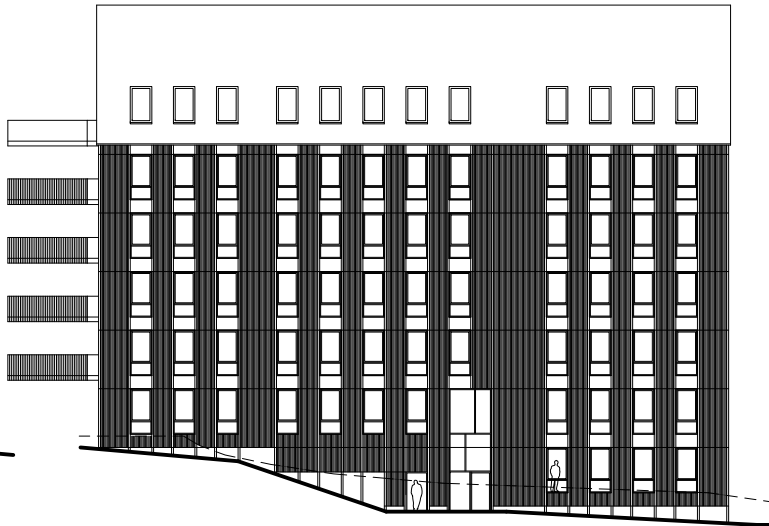


varför så
stor
nivåskillnad?

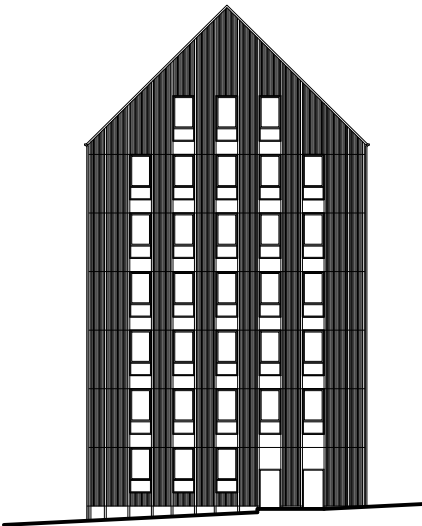
HUS F



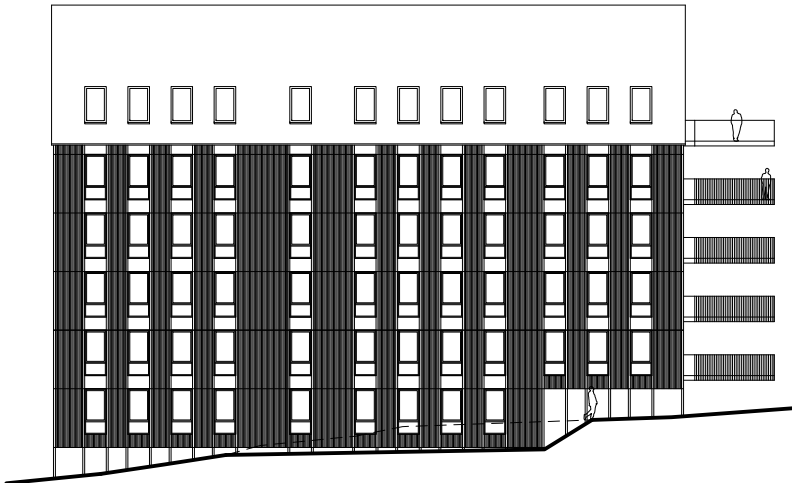
HUS F



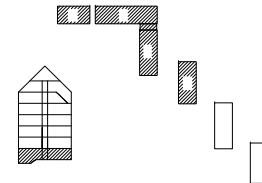
HUS F



HUS F



SKALA 1:200
0 1 2 5 10 15 20
METER



BET		ÄNDRINGEN AVSER		DATUM		SIGN	
SVEN BROLIDS GATA							
STUDENTBOSTÄDER							
UPPDRAG NR		RITAD AV		HANDLAGGARE			
DATUM		UPPDRAGSLEDARE		ANSVARIG ARKITEKT			
SKALA		NUMMER				BET	
1:200 (A1)		A-40-3-101					
1:400 (A3)							

Frågor vid mejlkonversation med Tove Malmqvist

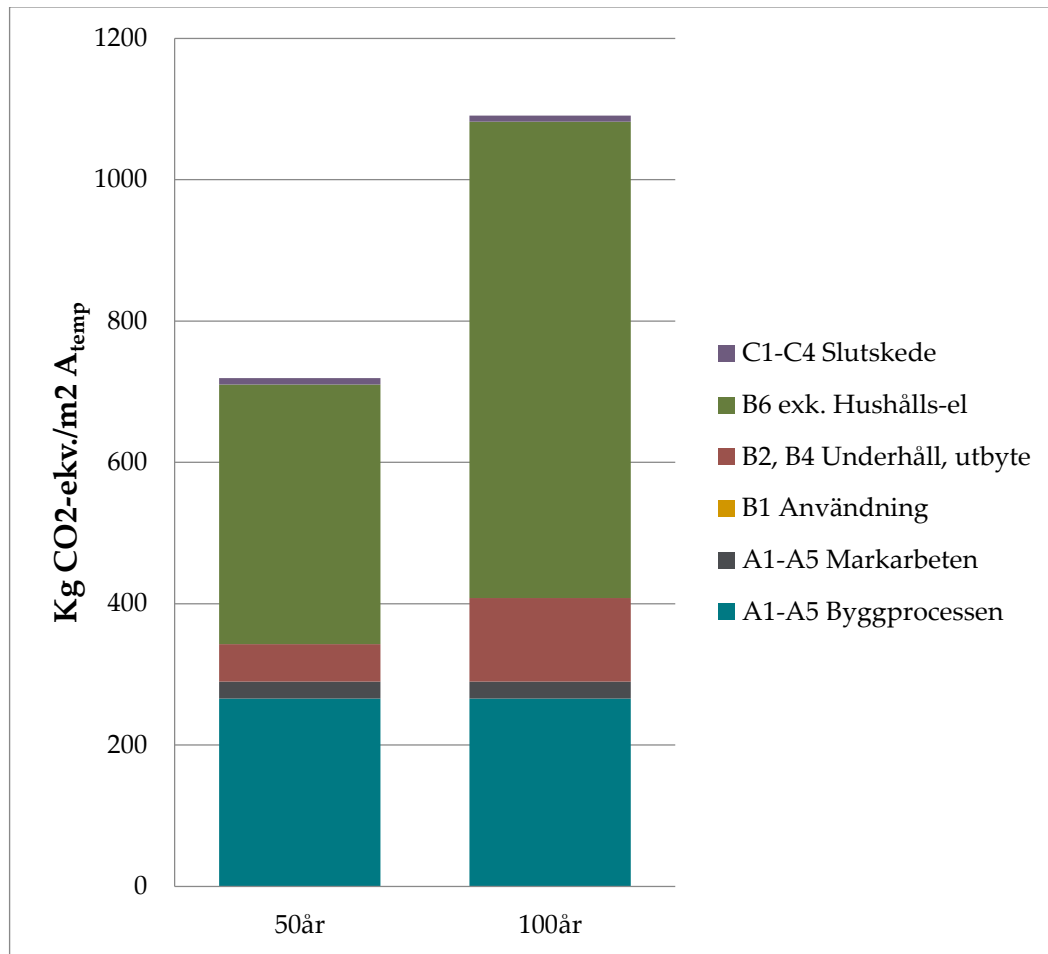
1. Vad innebär klimatneutralitet för dig?
2. Varför klimatkompensera?

Frågor vid mejlkonversation med Tomas Jaxing

1. Berätta om tävlingen.
2. Varför vann White Arkitekter AB?

Frågor vid mejlkonversation med John Helmfridsson

1. Vad innebär klimatneutralitet för White Arkitekter AB?



Figur 17 Klimatpåverkan (kg CO₂ek/m² A_{temp}) för Strandparken (fall 1 inklusive markarbete) fördelat på olika livscykelkedan. Analysperiod 50 respektive 100 år. Energiscenario modul B6: 65kWh/m² A_{temp}, medel scenario, exklusive hushålls-el. Underhålls- och utbytesscenario modul B2, B4: medel⁵.

Tabell 15 Klimatpåverkan (kg CO₂e/m² A_{temp}) för Strandparken (fall 1 inklusive markarbete) fördelat på olika livscykelkedan. Analysperiod 50 respektive 100 år. Energiscenario modul B6: medel, exklusive hushålls-el. Underhålls- och utbytesscenario modul B2, B4: medel.

Modul	Klimatpåverkan 50 år		Klimatpåverkan 100år	
	kg CO ₂ e	kg CO ₂ /m ² A _{temp}	kg CO ₂ e	kg CO ₂ -e/m ² A _{temp}
Byggprocessen (modul A1-A5) exkl markarbeten	1 056 000	265	1 056 000	265
Utbyte och underhåll (modul B2, B4)	205 000	53	470 000	106
Energianvändning i driften (modul B6)	1 461 000	367	2 923 000	734
Karbonatisering av betong (B1)	1 000	-0,3	2 000	-0,4
Slutskede (modul C1-4)	36 000	9	36 000	9
Totalt exklusive markarbeten	2 766 000	695	4 481 000	1 055
Markarbeten och grundläggning (modul A1-A5)	96 000	24	96 000	24
Totalt inklusive markarbeten	2 862 000	719	4 296 000	1 079

⁵ Observera att modul B1 användning är så liten i sammanhanget att den inte syns i diagrammet. Se vidare tabell 15.