



**CHALMERS**



# **En analys av kylbehov i bostadshus – en fallstudie av en systemlösning i ett nybyggt flerbostadshus**

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Samhällsbyggnadsteknik

**ISABELLE ASPLUND**

**INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK  
AVDELNING FÖR INSTALLATIONSTEKNIK**

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2022  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



EXAMENSARBETE ACEX20

En analys av kylbehov i bostadshus – en fallstudie av en  
systemlösning i ett nybyggt flerbostadshus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Samhällsbyggnadsteknik*

Isabelle Asplund

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för installationsteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, 2022

En analys av kylbehov i bostadshus – en fallstudie av en systemlösning i ett nybyggt flerbostadshus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

Isabelle Asplund

© ISABELLE ASPLUND 2022

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2022

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Parasockelns utvändiga design och placering i en lägenhet i flerbostadshuset Fiolen.

Bilden är tagen av författaren.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2022

En analys av kylbehov i bostadshus – en fallstudie av en systemlösning i ett nybyggt flerbostadshus

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Samhällsbyggnadsteknik*

Isabelle Asplund

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för Installationsteknik  
Chalmers tekniska högskola

## **SAMMANFATTNING**

Historiskt sett har passiv kyla varit den mest använda kylsystemet i flerbostadshus i Sverige. Passiv kyla är fortfarande en vanlig lösning, men det finns också aktiva lösningar som försörjs av fjärrkyla eller värmepumpar med kylfunktion. Idag finns det ingen fullständig och lättillgänglig information om kylanvändningen i Sverige. Vilket även försvårar analysen av framtidens behov av kyla. Flera aspekter såsom riktlinjer, byggtrender, klimatförändringar och beteende påverkar även framtidens behov av kyla. Idag byggs det tätare klimatskal med koppling till dagens krav och riktlinjer för energieffektivitet, konstruktion och byggtrender, vilket kan skapa övertemperaturer. Klimatförändringarna leder högst troligt till ett varmare klimat i Sverige, däremot finns det forskning som tyder på att passiva lösningar skulle räcka för att uppfylla ett större behov av kyla. Men människan är komplex och skapar hela tiden nya levnadsmönster och behov. Det nybyggda flerbostadshuset, Fiolen i Norrköping har därför installerats med en helt ny kylprodukt utvecklad av installationsteknikföretaget Swegon. Det är en envägsblåsande kylbaffel, kallad Parasockel, med möjlighet att kyla, värma och ventileras. Två Parasocklar täcker kylbehovet för 1 RoK, tre för 2 RoK och fyra för 3 RoK. Det går även att individuellt styra rumstemperaturen för de olika Parasocklarna av de boende. Parasockeln utnyttjar frikyla från underliggande berg. Genom att utnyttja kylan i berget på sommarhalvåret kan berget återladdas och bli mer effektivt under vinterhalvåret via en värmepump då det finns ett värmebehov. Den tillkommande energianvändningen för kylsystemet blir därför enbart el till cirkulationspumpen. Den tillkommande investeringskostnaden direkt kopplad till kylan i systemet kan uppskattas till ungefär 8000kr för en lägenhet med en storlek av 2 RoK. Om det uppstår ett ökat behov av kyla i samhället förefaller ett kylsystem likt Fiolens vara en bra lösning för flerbostadshus.

Nyckelord: Kyla, kylbehov, kylbaffel, Parasockel, framtid, kylsystem, flerbostadshus

An analysis of cooling needs in residential buildings – a case study of a system solution in a newly built apartment building

*Degree Project in the Engineering Programme  
Civil and Environmental Engineering*

Isabelle Asplund

Department of Architecture and Civil Engineering  
Division of Installation  
Chalmers University of Technology

## **ABSTRACT**

Throughout history passive cooling has been the most used cooling solution in residential buildings in Sweden. There is no precise information about the cooling needs in Sweden today. Passive cooling is still a very used solution, although active cooling such as district cooling and heat pumps with cooling exist. Because of the lack of information about today's cooling, the future cooling needs are even harder to predict. It is important to consider all aspects, such as guidelines, building trends, climate change and behavior. Today buildings are better sealed, which can create overheating, this connects to today's guidelines and building trends. Climate change indicates a warmer climate in Sweden, although scientist believe that passive cooling is enough to handle the cooling needs. Nevertheless, the human is complex and creates new pattern of life and needs. The new built multi-apartment, Fiolen located in Norrköping are installed with a new cooling product constructed by the installation company Swegon. It is a one-way blowing comfort beam, with the ability to cool, heat and ventilate. Two Parasockels covers the cooling need for the smallest apartment of 34 m<sup>2</sup>, three for 54m<sup>2</sup> and four covers 72 m<sup>2</sup>. It is possible to control the temperature by the residential. The Parasockel are using the cold underlying rock as the cooling producer. When using the rock during warm days in summer, the rock reloads and can be used more efficient during cold days in winter. Only the circulation pump uses energy in the cooling system. The cost of the cooling system is 8000 kr for an apartment with the size of 54 m<sup>2</sup>. If the need for cooling will increase than a cooling system as the cooling system in Fiolen will be a very good solution for residential buildings in Sweden.

Key words: cooling needs, future, comfort beam, Parasockel, cooling system, residential buildings

# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
Förkortningar	VI
1    INLEDNING	1
1.1    Bakgrund	1
1.2    Syfte	1
1.3    Frågeställning	1
1.4    Metod	1
1.5    Avgränsningar	2
2    SVERIGES BEHOV AV KYLA	3
2.1    Sveriges kylbehov idag	3
2.2    Framtidens behov av kyla	4
2.2.1    Riktlinjer och byggtrender	5
2.2.2    Klimatförändringar	6
2.2.3    Beteendeförändringar	8
3    FIOLENS KYLSYSTEM	9
3.1    Koncept	9
3.2    Parasockel	9
3.2.1    Kylbaffel	10
3.2.2    Kyleffekt	11
3.2.3    Luftflöde och placering	12
3.3    Kylalstring, distribuering och styrning	13
3.4    Buller	14
3.5    Kostnadsanalys	14
3.5.1    Energianvändning	15
4    DISKUSSION	16
4.1    Dagens kylanvändning	16
4.2    Framtidens kylanvändning	16
4.3    Fiolen	18
4.4    Miljöpåverkan	20
5    SLUTSATS	21
	III



## **Förord**

Denna studie är ett examensarbete omfattande av 15 högskolepoäng. Arbetet har utförts för Chalmers Tekniska högskola med hjälp av Swegon. Tack till mina handledare Anders Trüschel och Torbjörn Lindholm på avdelningen Installationsteknik på Chalmers för vägledning i det akademiska. Tack till Per-Åke Larsson och Anders Fransson på Swegon för branschexpertis.

Göteborg juni 2022  
Isabelle Asplund

## **Förkortningar**

dBa	Decibel A
FN	Förenta nationerna
G-värde	Dagsljustransmittans
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
LCA	Livscykelanalys
RCP	Representative Concentration Pathways
RoK	Rum och Kök
U-värde	Värmegenomgångskoefficienten

# 1 Inledning

I dagens samhälle är det en självklarhet med aktiv kyla på kontoret. Likaså i bilen där endast 51 minuter i snitt spenderas om dagen. Men i hemmet den plats där vi spenderar mest tid och där livet levs, finns inget aktivt kylsystem. Samtidigt sker det en förändring av hemmets roll, där linjen mellan det vardagliga och arbetet håller på att suddas ut. Vidare lever vi i en tid där klimatförändringarna redan knackar på och framtiden ligger i mänsklighetens händer. Människan försöker ständigt hitta lösningar till bekymmer och skapar nya behov för att underlätta vardagen. Således skapas en ingång för ett större behov av kyla i Sverige. Det är en spännande tid för kyla.

## 1.1 Bakgrund

Ett bostadshus byggs av det uppenbara skälet att det ska bli ett hem att bo i. Det är viktigt att huset konstrueras efter de behov som ska uppfyllas och de krav som finns att följa. Vilket betyder att de olika aspekterna arkitektur, byggnadsteknik och installationsteknik alla behöver tas i beaktning (Abel & Elmroth, 2017). Främst har ett bostadshus i Sverige konstruerats för att hantera värmebehovet. Men med en möjlig öppning för kyla i framtiden finns det en tom lucka på kylmarknaden. Således finns en nyfikenhet och orörd mark inom området. Swegon är ett företag som konstruerar produkter inom området installationsteknik, vilket involverar lösningar för värme, kyla och ventilation. Swegon har med avseende på situationen valt att producera en kylprodukt kallad Parasocket som har installerats i ett flerbostadshus i Norrköping, med namnet Fiolen.

## 1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att analysera dagens och framtidens behov av kyla i flerbostadshus. Hur behovet av kyla kan uppfyllas exemplifieras av kylsystemet i flerbostadshuset Fiolen och syftar till att ge en ökad kunskap inom ämnet som kan användas av branschen för vidareutveckling.

## 1.3 Frågeställning

Hur ser dagens och framtidens behov av kyla ut i bostäder?

Är ett kylsystem, likt Fiolens en optimal lösning för att möta framtidens behov av kyla?

## 1.4 Metod

En litteraturstudie har genomförts för att analysera framtidens behov av kyla och det aktuella kylsystemets funktion. Främst med litteratur från vetenskapliga artiklar, artiklar, hemsidor och en bok. Information om kylsystemet har erhållits via intervjuer med Swegon. Vidare har platsbesök på Fiolen i Norrköping och

studiebesök på Swegons fabrik och kontor i Arvika har gjorts i syfte att inhämta information.

## **1.5 Avgränsningar**

Behovet av kyla är analyserat med den geografiska avgränsningen till Sverige. Vidare är både dagens och framtidens kylbehov inriktat på flerbostadshus. Kyla i lokaler såsom skola och sjukhus, kontor och villor är inte analyserat.

Vidare studeras enbart Fiolens kylsystem, däremot jämförs andra kyllosningar i diskussionen.

Kostnads- och energianalyser är antagna med hjälp av information från Swegon. Det har inte skett en djupgående analys såsom LCA.

## 2 Sveriges behov av kyla

I följande avsnitt analyseras Sveriges kylbehov idag och framtidens behov av kyla.

### 2.1 Sveriges kylbehov idag

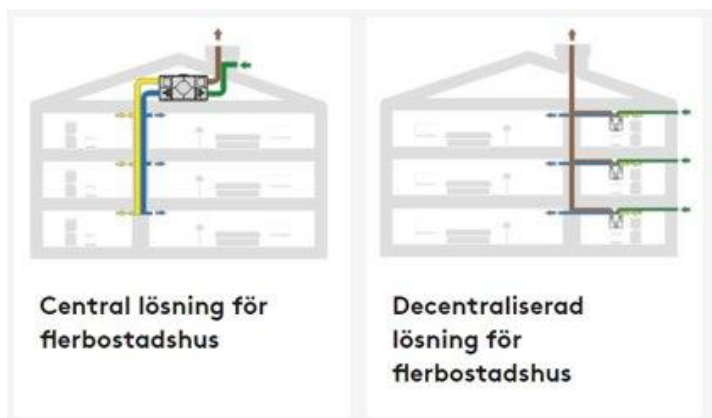
Ett kylbehov är likvärdigt med det värmeöverskott som behöver föras bort för att upprätthålla den önskade temperaturen. Det finns idag inga regler för hur varmt det maximalt får vara i en bostad. Folkhälsomyndigheten rekommenderar en operativ temperatur av max 26 grader på sommaren (Folkhälsomyndigheten, 2022). För hyreslägenheter är det enligt miljöbalken fastighetsägarens uppgift att säkerhetsställa en hälsosam miljö. Värme kan orsaka både lättare och mer allvarliga hälsoeffekter. Boverket rekommenderar en lägsta operativ temperatur av 18 grader, men har ingen maximal gräns. Utan anser att det är upp till brukaren själv att se till att byggnaden har god komfort.

Det finns ingen fullständig och lättillgänglig information om kylanvändningen i Sverige. Det finns desto mer information angående energianvändning för att värma. Uppvärmning av enbart bostäder hade en energianvändning av 140 TWh under 2020 (Energimyndigheten, 2020). I jämförelse med kyla som uppskattades ha en total energianvändning av 5–7 TWh under 2020 (Renström et al., 2021). Den totala användningen kan vidare indelas i underkategorier av komfortkyla för lokaler och bostäder, processkyla som används i exempelvis ishallar, processkyla till industri och transportkyla.

Passiva kylsystem har historiskt varit den enda lösningen för flerbostadshus. Passiv kyla fås genom naturliga lösningar. Omfattning av den passiva kylan är väldigt svårt att uppskatta. Exempelvis konstruerades nya hus fram till 1976 med självdrag, innan det tillkom hårdare krav för ventilation (Energy building AB, 2021). Passiv kyla kan också vara att öppna fönster. Fortfarande är det en väldigt vanlig lösning och används helt eller i kombination med andra lösningar.

Det finns flerbostadshus som använder aktiva kylsystem idag, men det saknas information om dess omfattning och sammansättning. Ett aktivt kylsystem betyder att det krävs tillförd energi för att alstra kyla. Kylsystemet kan vara antingen centraliserat eller decentraliserat, vilket illustreras i Figur 1. En central lösning kyler all luft för hela bygganden på samma ställe. Luften distribueras sedan vidare i kanaler till lägenheterna. I ett decentraliserat system har varje lägenhet ett aggregat där luften behandlas. Tilluften tas oftast från närliggande fasad, vilket gör att stora kanalsystem undviks.

Eftersom det inte finns någon etablerad kylsystemlösning för flerbostadshus i Sverige idag är det svårt att veta vad för typ av kylprodukter som används. Men skulle bostaden använda sig av ett luftburet centralt system krävs det tilluftsdon i varje lägenhet. För ett decentraliserat system kan luften kylas med ett vattenburet system. Exempelvis kan en kylbaffel användas som kylprodukt för att kyla luften. Det finns också helt frånkopplade lösningar med en egen inbyggd kylalstring. Exempelvis en portabel luftkonditionering.



Figur 1 illustrerar två olika systemlösningar. (Swegon, n.d)

Själva kylan kan alstras på olika sätt. Vanligt i Sverige är frikyla, kompressorkyla, absorptionskyla och sorptionskyla. Kylalstring kan ske både i bostaden och i en fjärrkylacentral.

Fjärrkyla är en relativt ny metod och utbredningen av fjärrkylanätet kan anses tämligen begränsat i Sverige. Användningen av fjärrkylan är den kylmetod som det finns mest kvantitativ information om. Fjärrkyla fungerar på samma sätt som fjärrvärme. Kyla produceras i en central av mest gynnsam kylalstring. Vatten fungerar som köldbärarvätska och distribueras via rör som sedan kopplas samman med byggandens distribuering (Abrahamsson & Nilsson, 2013). Distribueringen kan ske via luft eller vatten och beror på vilka kylprodukter som finns installerade. Under 2020 användes 660 GWh fjärrkyla (Renström et al., 2021). Statistiken är baserad på både lokaler och bostäder. Flerbostadshusen använder 3 % av den totala fjärrkylan för bostäder och lokaler, vilket resulterar i 29 GWh.

Vidare är det svårt att uppskatta storleken av resterande kylanvändning. Men en uppskattning har gjorts att 7 % av de bostäder som äger en värmepump också använder den för kyla, men troligtvis är användningen högre än så (Renström et al., 2021). Det finns några olika varianter av värmepumpar men det arbetar alla med samma princip som bygger på kompression av köldmediet i värmepumpen. På liknande sätt som med fjärrkyla ansluts värmepumpen till byggnadens distribuering. Det är enbart luft/luft-värmepumpar som kan användas för att kyla. Exempelvis luft/vatten- eller bergvärmepumpar kräver extra installation för att kunna hantera kyla.

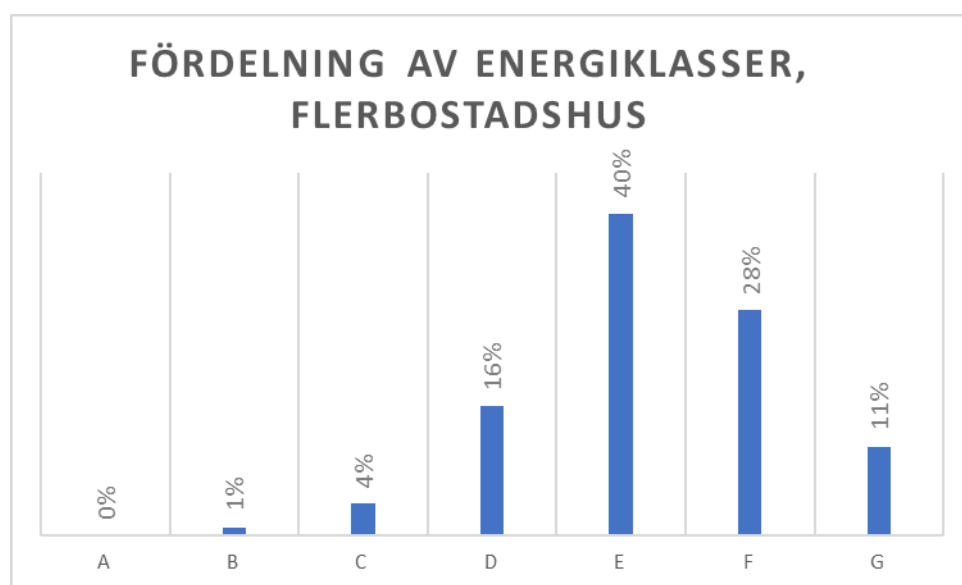
## 2.2 Framtidens behov av kyla

Framtidens behov av kyla är väldigt oförutsägbart. Men det finns tendenser till ett ökat behov av kyla. Exempel på aspekter att ta hänsyn till är byggstandarder och byggtrender, klimatförändringar och beteendeförändringar.

## 2.2.1 Riktlinjer och byggtrender

Sverige har satt upp 16 miljömål med FN:s globala hållbarhetsmål som grund. Miljömål 7 syftar på att skapa en god bebyggd miljö (Naturvårdsverket, 2020). Vilket involverar en effektiv energianvändning av Sveriges bostäder. (Boverket, 2011). Vidare finns mer specifika riktvärden att följa med avseende på primärenergitalet, installerad eleffekt för uppvärmning, klimatskärmens värmegenomgångskoefficient, även kallat U-värde och luftläckage.

Sedan 2009 behöver alla flerbostadshus ha en energideklaration (Riksrevisionen, 2021). Där bland annat byggnadens energiprestanda uttryckt i ett primärenergital ska redovisas för att byggnaden ska kunna kategoriseras i en energiklass (Boverket, 2021). Energiklasserna är uppdelade från A-G, där A har lägst energianvändning. Energiprestandan beror av både fastighetens energianvändning och energianvändning för den producerade energin. Däremot finns det ingen uppdelning av hur mycket av energin som ska användas för uppvärmning eller för kyla, utan den maximala energiprestandan är en kombination av båda. Den vanligaste energiklassen för flerbostadshus i Sverige var 2019 energiklass E. Alla nybyggda hus måste ha en energiklass av minst C. Vilket enbart 5 % av Sveriges flerbostadshus klarade 2019, se Figur 2.



Figur 2 Fördelningen av energiklasser för flerbostadshus. Under 2019. (Infrastrukturdepartementet, 2010)

Ett mer tätt och välisolerat klimatskal som kopplar till riktlinjer för värmegenomgångskoefficienten påverkar både värme- och kylbehovet. Då en tätare och mer välisolerad byggnad fungerar som en termos. Varm luft stannar kvar i byggnaden när det är kallt ute. Liksom på sommaren hålls den varma luften utanför, vilket leder till ett lägre kylbehov. Däremot upplevs inte alltid dessa byggnader som svalare (Renström et al., 2021). Solinstrålningen via fönster har en väldigt stor påverkan på inneklimatet. Även värmertilskott från internlasters såsom matlagning, dusch, mänsklig aktivitet eller produkter som utnyttjar elektricitet ger ett värmertilskott. Det finns vidare problem med att värme tar sig in i byggnaden, exempelvis genom ett öppet fönster och då kan värmen bli kvar. Det är därför viktigt att använda byggnaden på rätt sätt.

Passivhus har blivit mer populära och innefattar de fördelar och nackdelar som uppkommer av en tätare och mer välisolerad byggnad. Passivhus lägger stort fokus på att försöka sänka U-värdet på byggnaden så mycket som möjligt för att minska värmebehovet. Däremot finns det risk för övertemperaturer på sommaren.

Vid konstruktionen av passivhus är fönsterplaceringen och fönsterarean mycket relevant för en byggnads värme- och kylbehov. Enligt det tyska passivhuskonceptet ska fönstren placeras mot söder för att utnyttja så mycket solinstrålning som möjligt för att minska värmebehovet (Persson et al., 2006). Vidare har stora fönster länge varit en trend och den verkar inte avta. Stora fönster ger ett dagsljusinsläpp med goda hälsosamma egenskaper och är estetiskt tillfredställande. Men kan på sommaren leda till problem med övertemperaturer.

### **2.2.2 Klimatförändringar**

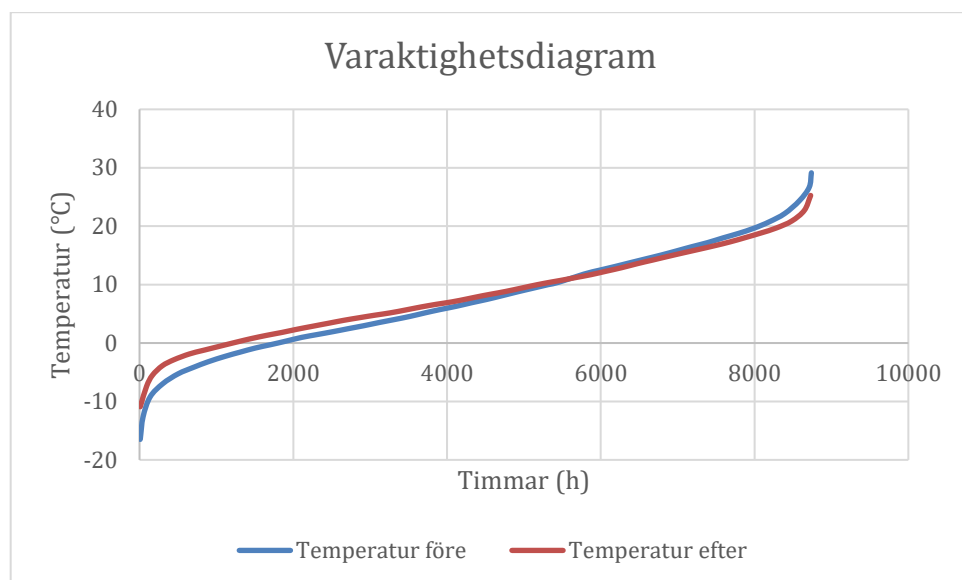
Klimatförändringarna har redan börjat sätta sina spår och enligt FN:s klimatpanel IPCC är det en antropogen sådan, människan är boven (IPCC, 2022). En varmare medeltemperatur leder till mer extrema väderfenomen som redan bevitnats på många platser på jorden. En höjd havsnivå påverkar människor över hela världen. Torka och översvämningar skapar obalans i kulturer. En temperaturhöjning av 1,5 grader skulle leda till irreversibla händelser i ekosystem, där människor med en sämre socioekonomisk tillvaro drabbas hårdast. Vidare kommer högre temperaturhöjningar få ännu större konsekvenser.

Framtiden är oviss och beror på samhällets förmåga att avveckla beroendet av fossila bränslen. Exempelvis med avseende på framtidens utveckling av befolkning, ekonomi och ny teknik. Det finns därför inte bara ett framtida scenario, utan flera. IPCC har delat in dessa i främst tre framtida scenarion beroende av den energiökning som tros uppnås på jordens yta, mätt i effekt per kvadratmeter (IPCC, 2022). RCP2,6 är det mest ambitiösa scenariot (SMHI, n.d.). Vilket skulle betyda en direkt minskning av växthusgaser från 2020 fram till 2100 för att sedan bli negativa. RCP8,5 beskriver det scenario där världsutsläppen fortsätter på samma sätt, vilket skulle leda till en tredubbling av utsläppen 2100. RCP4,5 är ett mellanscenario, där det sker en ökning av utsläpp till en början, för att sedan minska från 2040.

I Sverige kommer klimatförändringarna få stora geografiska variationer enligt Energimyndigheten (Energimyndigheten, 2021). I norra Sverige som ligger närmare polerna kommer det ske en större omställning. Som leder till en stor minskning i antalet gradtimmar, således timmar på ett år som en byggnad behöver värmas. På sommarhalvåret kommer det ske ett ökat behov av kyla men inte i samma omfattning, på liknande vis över hela Sverige.

En liknande tolkning av IPCC framtidsscenarion har gjorts av (Nordman et al., 2010). Vidare har de valt att illustrera framtidens temperatur i ett varaktighetsdiagram, se Figur 3. Varaktighetsdiagrammet visar en högre lägsta

temperatur. Vilket ger en högre medeltemperatur. Således kommer det inte ske någon vidare ökning av högsta temperaturen. Vilket resulterar i ett jämnare men något varmare klimat.



Figur 3 Förskjutning av temperaturprofilen över ett år. (Nordman et al., 2010)

Norrköping tas vidare som exempel över framtidens temperaturförändringar. Idag har Norrköping en medeltemperatur av 6,7 grader (Abel & Elmroth, 2017). Under tidsperioden 2041–2070 ska det ske en temperaturökning av 1,5–2 grader för RCP2,6 i Norrköping enligt SMHI:s klimatscenariotjänst (SMHI, n.d.). RCP4,5 med samma förhållanden hade gett en temperaturökning av 2–2,5 grader. Till sist om människan fortsätter som idag skulle det leda till en temperaturökning av 2,5–3 grader om knappa 20 år.

Det finns vidare en osäkerhet kring metoden för att kyla i Sverige. Energimyndigheten påstår att det kommer finnas ett framtida behov av kyla i bostäder, men uppger inga rekommendationer för val av kylsystem (Energimyndigheten, 2021). I Nik och Sasic Kalagasidis (2013) studie analyseras det svenska kylbehovets framtida lösningar i bostäder. Studien grundas på en stor mängd data från bostäder lokaliserade i Stockholm. Nik och Sasic Kalagasidis (2013) har simulerat olika framtidsscenarioer med avseende på forskning från IPCC. Vidare har varje klimatscenario studerats med en av tre kylmetoder. Passiv kyla, hybrid kyla av passiv och mekanisk och enbart mekanisk kyla. Med ett resultat att de flesta bostäder klarar sig med passiv kyla även i de varmaste scenarion.

För att förutspå framtidens kylbehov har Nordman et al. (2010) simulerat 3 olika scenarion. Det mest troliga scenariot som är baserat på klimatförändringen, tyder på att ingen aktiv kyla kommer behövas för vare sig befintliga eller nybyggda flerbostadshus.

### 2.2.3 Beteendeförändringar

Historiskt sett har hemmet varit en plats där det vardagliga livet sker. Arbetet däremot har funnits på en annan fysisk plats. När världen 2019 drabbades av en pandemi blev restriktioner kring det fysiska arbetet ett faktum. Människor blev tvungna att arbeta hemifrån. Hemmet var inte längre en plats för enbart det vardagliga.

Många kontor i Sverige har något typ av aktivt kylsystem. Exempelvis används 30 % av den totala fjärrkylan till kontor, i förhållande till flerbostadshus som uppgick till 3 %. Det finns studier som visar på att det blir kostnadseffektivt att kyla arbetsplatsen eftersom produktviten ökar till en gynnsam nivå. Enligt en studie av Seppanen et al., (2004) påverkas inte produktiviteten märkvärt inom temperaturspannet 21–25 grader. Utan det är vid temperaturer över 25 grader som det sker en minskning av produktivitet. Hur stor minskningen är kan variera men produktiviteten kan antas avta med 2 % per grad.

En ökad levnadsstandard leder till nya behov. Det finns en problematik med energieffektivisering och det är att den energi som sparas på ett håll skapar nya behov på andra ställen, vilket kallas rekyleffekten (Ekonomifakta, 2009). Även fast samhället behöver minska sin energianvändning, styrs fortfarande mycket av marknaden. En mer effektiv energianvändning kan hjälpa till att skapa en större kylmarknad.

### 3 Fiolens Kylsystem

Avsnittet kommer analysera kylsystemet som installerats i flerbostadshuset Fiolen. Fiolen består av 44 lägenheter i varierande storlekar från 1 till 3 RoK, se Figur 4. Fiolen är belägen med närhet till Norrköping centrum. Bostäderna är hyresrätter och förvaltas av Slättö förvaltning. Byggnaden är producerad av Nock i prefabricerat korslimmat trä och har fyra våningar.



Figur 4 Översiktsvy av Fiolen.

#### 3.1 Koncept

Swegons idé om en ny kylprodukt för flerbostadshus uppkom i samband en möjlig ändring av BBR under 2017. Då det fanns en diskussion för att skärpa energikraven för frånluftspumpar i villor, vilket skulle öppna upp marknaden för bergvärmepumpar. Swegon såg då en möjlighet med en kylprodukt eftersom frikyla på berget skulle kunna utnyttjas och skapa en energieffektiv kylösning. Reglerna implementerades inte på antaget vis, men Swegon såg fortfarande en möjlighet med avseende på avsaknaden av en etablerad kylprodukt på marknaden för bostäder. De hade vidare identifierat ett värmeöverskott i lägenheter i städer. Där för täta klimatskal skapade övertemperaturer samtidigt som det var svårt att utnyttja passiva lösningar i form av öppna fönster eftersom bullernivåerna utifrån var för höga. De insåg att kylprodukten hade större möjligheter att implementera i lägenhet på grund av en mindre variation i storlek och funktion i förhållande till en villa. Det fanns också en större erfarenhet inom lägenhet som gjorde att produkten ansågs bäst att utveckla för flerbostadshus.

#### 3.2 Parasockel

Parasockeln är en envägsblåsande kylbaffel som kan användas till att kyla, värma och ventilera, se Figur 5. Det är en vidareutveckling från produkten Paragon som är större och ofta återfinns i hotellrum. Parasockeln är däremot konstruerad för lägenheter. Designen är diskret och täcks med ett nätt galler, se Figur 6. Parasockeln har en rektangulär form med en bredd på 56 cm, djup 48,5 cm och

en höjd på 12 cm-16,6 cm, vilket gör att den får plats mellan luckor och i skåp, se Figur 6.



*Figur 5 Bilden till vänster visar Parasockeln oinstallerad. Bilden till höger visar en Parasockel som är installerad men utan galler.*



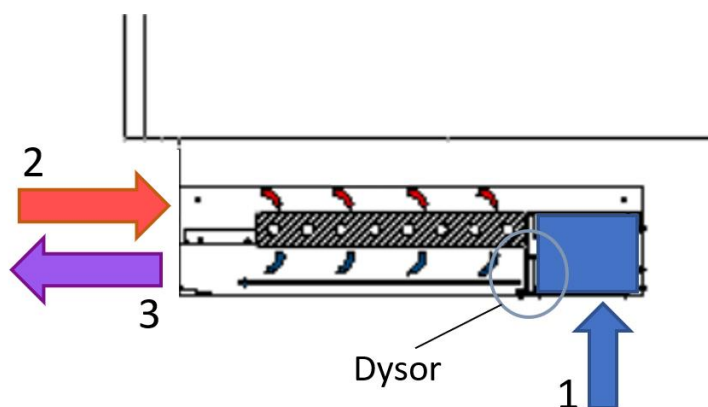
*Figur 6 De två bilderna visar hur Parasockeln kan placeras och hur de ser ut med galler.*

### 3.2.1 Kylbaffel

Kylbaffeln använder kallt eller varmt vatten för att kyla eller värma luften. Luften som kylbaffeln kylar eller värmer är rumsluften som sedan blandas med tilluften. Tilluften, även kallad primärluften tas från lägenhetens fasad och behandlas i ett lokalt luftbehandlingsaggregat som i Fiolens lägenheter återfinns i klädkammaren. Men det är ingen förutbestämmd plats utan luftbehandlingsaggregatet kan placeras där det finns plats, en vanlig placering är över spisen.

Primärluften blåses in i Parasockeln genom dysor, som Figur 7 illustrerar i steg 1 och blåses ut på undersidan av kylbaffeln. Ytterligare en skillnad mellan Paragon och Parasockeln är regleringen av dysorna. Dysorna i Parasockeln är konstanta, till skillnad från Paragons dysor som går att variera och därmed ändra luftflödet. För att kontrollera luftflödet i Parasockeln behöver det ske en ändring av varvtalet på fläkten i luftbehandlingsaggregatet. Högre varvantal leder till högre tryck och vice versa. På grund av primärluftens hastighet skapas ett undertryck så att rumsluften, även kallad sekundärluften sugas in i kylbaffeln, se Figur 7 steg 2. Beroende av primärluftens hastighet skapas ett induktionsvärde som

beskriver hur väl kylbaffeln suger in sekundärluften. Luften förs sedan över lameller av aluminium som korsar röret med kallt eller varmt vatten. Luften blir svalare eller varmare och blåses ut genom den nedre delen av kylbaffeln, blandat med primärluften, tillbaka in i rummet, enligt Figur 7 steg 3.



Figur 5 illustrerar luftintag och luftutsläpp i en kylbaffel. Den blå pilen illustrerar intaget av primärluft. Den röda bilen illustrerar intaget av sekundärluft och den lila pilen illustrerar blandningen av den rena och kylda luften.

Vid kyl drift är vattnets tillloppstemperaturen är 15 grader och leds tillbaka med en temperatur av 18 grader. Det är en relativt liten temperaturskillnad som beror av att det sker en torr kylning. En lägre tillloppstemperatur hade gett en större kyleffekt. Men det skulle också skapa problem med kondens, således skulle det behövas ett rör för bortförsl av vattnet. Tillloppstemperaturen är daggpunktsreglerad och beror av luftfuktigheten i en av lägenheterna. Som extra säkerhet finns det en sensor/givare i varje lägenhet som detekterar risk för kondens och kan stänga av systemet för den individuella lägenheten.

### 3.2.2 Kyleffekt

Kyleffekten kan variera och beror av flera aspekter. En förinställning av dysornas luftinsläpp påverkar lufthastigheten, en högre lufthastighet ger en högre kyleffekt. Vidare kan Parasockeln aktivera boost mode då trycket höjs från 70 Pa till 110 Pa vilket också påverkar lufthastigheten. Ytterligare inverkan har gallerhöjden då det finns en större tilluftsytta. Temperaturdifferensen mellan inomhus- och utomhusluften och den relativa fuktigheten påverkar kyleffekten ytterligare. Vattenflödet påverkar också. Kyleffekten beror därför av en mängd olika aspekter men som riktvärde har Parasockeln en kyleffekt av 300 W och värmeeffekt av 600 W. Swegon har beräknat det dimensionerande kylbehovet genom att anta 15 W/m<sup>2</sup>. I Tabell 1 redovisas ett exempel av kylbehovet för de olika lägenheterna och antalet Parasocklar och dess kyleffekt. Temperaturen i rummet ska vara mellan 20–23 grader och regleras med vattenflödet. Varje Parasockel är kopplad till en ventil som stryper vattenflödet så att det blir rätt temperatur. I lägenheternas olika rum går det därför att ha olika temperaturer som kan styras till en viss del av de boende. Således kan en Parasockel placerad i ett rum som vetter mot väst ha en annan kyleffekt än en Parasockel placerad i ett rum som vetter mot norr.

Tabell 1 Kyleffekt

	Golvarea	Kylbehov	Antal Parasockel	Effekt Parasockel	Boost
1 rok	34 kvm	510 W	2 st	475 W	563 W
2 rok	54 kvm	810 W	3 st	696 W	824 W
3 rok	72 kvm	1080 W	4 st	950 W	1126 W

### 3.2.3 Luftflöde och placering

Vilka förinställningar som Parasockeln har beror också av luftflödet. Som riktvärde ska det finnas ett tilluftsflöde av  $0,35 \text{ l/s} * \text{m}^2$  för en lägenhet. Däremot finns det ytterligare krav för kök och toa, som har ett krav på frånluftsflöde av 10 vardera 15 l/s. Vilket av dessa två fallen som blir dimensionerande beror på lägenhetens storlek. Således krävs ett luftflöde av 25 l/s i alla lägenheter som Tabell 2 visar.

Tabell 2 Luftflöde

	Golvarea	Luftflöde	Toa + kök
1 rok	34 kvm	11 l/s	25 l/s
2 rok	54 kvm	19 l/s	25 l/s
3 rok	72 kvm	25 l/s	25 l/s

Luftflödet kan variera något för de olika Parasocklarna men summan av luftflödena ska resultera i 25 l/s. Således illustreras position och luftflöde i Figur 8. Parasocklarna har placerats antingen efter golvet eller högre upp mot taket. Swegon har utfört tester för att säkerhetsställa att drag inte upplevs. Exempelvis är Parasocklarna inte placerade under arbetsytor där personer vistas under en längre tid.



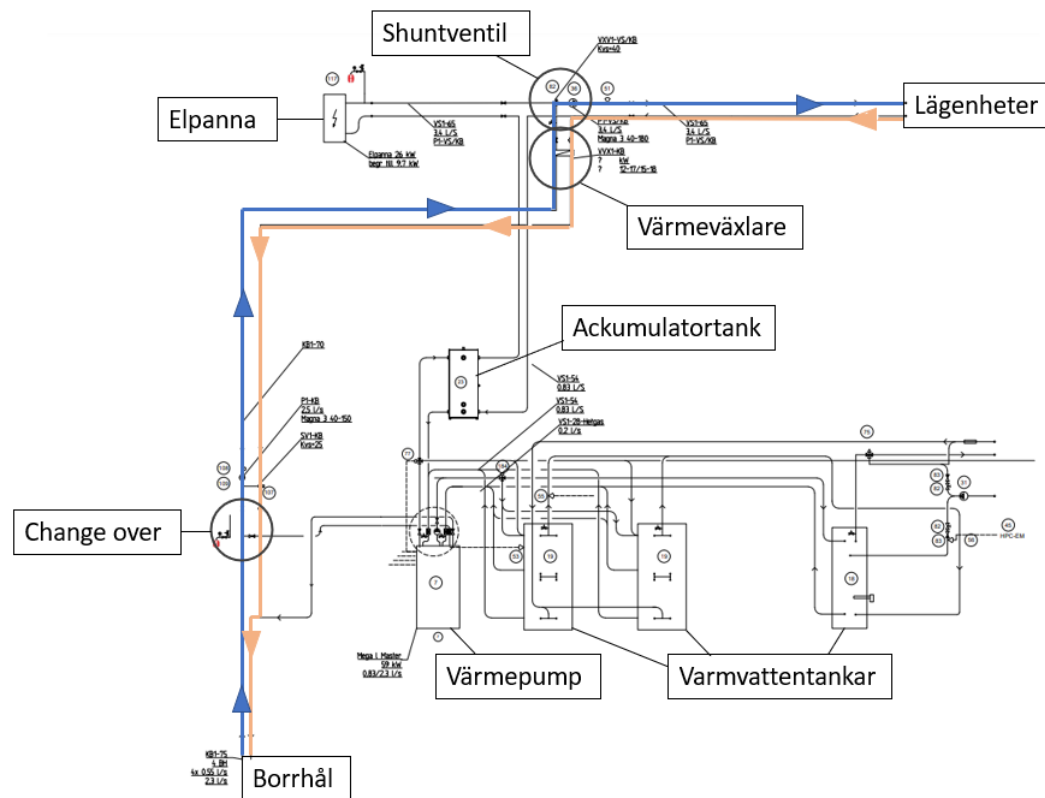
Figur 6 är en planbeskrivning över de olika lägenhetsstorlekarna och visar vart Parasocklarna är placerade. Grönt beskriver att Parasockeln är placerad efter golvet och blått högre upp mot tak. Lägenheten till vänster är 1 RoK, mittenlägenheten är 2 RoK och den högra lägenheten är 3 RoK.

### 3.3 Kylalstring, distribuering och styrning

Kylan alstras av frikyla från borrhål i underliggande berg. Temperaturen i ett borrhål varierar något med djupet men kan antas ha en temperatur likvärdig med ortens medeltemperatur. På vintern utnyttjas värmetrögheten i berget för att värma bostaden och på samma sätt utnyttjas berget på sommaren för att kyla bostaden. Vid utnyttjande av bergets värmetröghet borrar ett antal hål i anslutning till bostaden, hur många beror på byggnadens storlek och tillgänglig yta att borra på. 4 borrhål är kopplade till Fiolen. Emellan borrhålen krävs en viss distans. Djupet på borrhålet beror av den mängd energi som antas användas i byggnaden och de geotekniska egenskaperna i marken (Borgström et al., 2019). Information saknas angående djupet på borrhålen kopplade till Fiolen. En kollektorslang förs ned i borrhålet. I slangen pumpas en köldbärarvätska runt, som består av en blandning av vatten och ett frosttåligt ämne. Köldbärarvätskan som används är en spritlösning. Ett borrhål kan riskeras att förlora sin effektivitet om endast värme utvinns från berget. Då kan berget efter ett tag få en lägre medeltemperatur. Det är därför fördelaktigt att använda borrhålen till att både värma och kyla. Då utnyttjande av kyla på sommaren laddar upp berget med värme inför vintern och vice versa.

Kollektorslangen kopplas sedan samman med kyl- och värmesystemet som illustreras av Fiolens principalschema i Figur 9. Köldbärarvätskans distribuering i systemet beror av om det finns ett värme- eller kylbehov. En change over ventil styr riktningen i systemet. Finns det ett värmebehov förs köldbärarvätskan till värmepumpen som höjer temperaturen ytterligare genom en kompressorteknik. Finns det ett kylbehov förs köldbärarvätskan till en plattvärmeväxlare. I plattvärmeväxlaren möts köldbärarvätskan från berget och vattnet som kretsar till Parasocklarna. I plattvärmeväxlaren kyler köldbärarvätskan vattnet utan att de blandas. En shuntventil styr temperaturen så att den är lagom, det finns då ingen risk för kondens. Med ett tvårörssystem distribueras vattnet vidare till lägenheterna. Ett tvårörssystem är parallellkopplat, vilket betyder att vattnet som ska till lägenheten längst bort inte påverkas av lägenheterna innan. Däremot leder ett tvårörssystem till att det antingen skickas varmt eller kallt vatten enligt en change over. En Parasockel i systemet kan inte få varmt vatten medan en annan får kallt. De olika parasocklarna styrs av temperaturen i rummet som den är kopplad till och kan reglera sitt intag av varmt eller kallt vatten. En temperaturgivare informerar om det finns varmt eller kallt vatten i rören vilket systemet sedan anpassar sig efter.

I principalschemat kan ytterligare komponenter identifieras såsom varmvattentankar, elpanna och ackumulatortank. Dessa komponenter ingen påverkan på kylsystemet.



Figur 7 är ett principschema över Fiolens värme- och kylsystem. De blå pilarna illustrerar kallt tillloppsvattnet och de orangea pilarna illustrerar det varma returvattnet.

### 3.4 Buller

I bostaden finns det vissa riktlinjer från Boverket (2020) hur höga ljudvolymerna får högst vara i en bostad. Luftflödet från ett kylsystem kan ibland skapa för höga ljudnivåer. I bostaden där sömn, vila och daglig samvaro sker är den högst tillåtna ekvivalenta ljudvolym 30 dBA. Parasockeln har en ljudnivå upp till 25 dBA i de flesta lägen, med ett undantag när Parasockeln har högsta möjliga luftflöde, vilket ger en ljudnivå av 31 dBA.

### 3.5 Kostnadsanalys

Kostnadsanalysen studerar enbart den extra kostnaden för kyla. En lägenhet av storlek 2 RoK tas som kostnadsexempel. De kylkomponenter som finns i lägenheten är tre parasocklar. En parasockel har en kostnad av cirka 2000 kr styck. Vilket resulterar i 6000 kr för en lägenhet, vilket innefattar kyla, värme och ventilation. Utöver materialkostnaden tillkommer en kostnad av 1500 kr för styrning och eldragnings. Vilket resulterar i en kostnad av 7500 kr.

I undercentralen återfinns en trevägsventil, plattvärmeväxlare, cirkulationspump, daggpunktsreglering och ett extra styrkort. Komponenterna krävs för att kyla ska fungera i systemet. Installationen av dessa uppskattas ta en arbetsvecka och tillsammans med materialet uppskattas en kostnad av cirka 100 000 kr. Dividerat på 44 lägenheter ger det en kostnad av 2300 kr per lägenhet.

Den extra kostnaden för att installera kyla i 2 RoK är cirka 10 000 kr subtraherat med kostnaden för vad värme vanligtvis kostar. Exempelvis skulle två radiatorer behövas i en lägenhet av storlek 2 RoK vilket hade kostat 2000 kr. Själva kylan kommer därför ge en investeringskostnad av cirka 8000 kr för 2 RoK.

### **3.5.1 Energianvändning**

Driftkostnaderna i form av energianvändningen är låg, eftersom kylsystemet utnyttjar frikyla och den enda drivenergi som därmed används är el för att driva cirkulationspumpen.

## 4 Diskussion

### 4.1 Dagens kylanvändning

Det finns ingen fullständig och lättillgänglig information om dagens kylanvändning i flerbostadshus, men den är relativt liten. Det finns både för- och nackdelar med det. Många har upplevt varma somrardagar i hemmet och kämpat med att försöka somna till ljudet från bordsfläkten. Det finns en hög acceptans för övertemperaturer i hemmet i jämförelse med undertemperaturer. Det går att argumentera för att det är en rimlig acceptans. Det är relativt få dagar övertemperaturer uppstår. Vidare lever vi i en tid där samhället och världen behöver hitta alla tänkbara lösningar för att minska koldioxidutsläpp och energianvändning. Nya energikrävande produkter är inte att föredra.

Fördelarna med kyla är att det skapar ett välmående som kan leda till produktivitet. Därför är acceptansen för värme på arbetsplatsen mycket lägre och nästan alla arbetsplatser har installerad kyla. Hemmet idag kan också fungera som en arbetsplats, många har tvingats flytta hem kontoret under pandemin. Men hemmet har varit en arbetsplats längre än så. Historiskt har fler kvinnor tillbringat mer tid i hemmet och mannen mer tid på jobbet. Likaså idag lägger kvinnan mer tid på hushållet och kan anses jobba extra utan betalt i hemmet (Molen, 2012).

Mycket av en persons välmående beror av hemmet och allt som hör till. Det ska vara en plats för rekreation. Där sömnen sker, där största delen av livet sker. Också från ett arbetsperspektiv kan det tyckas underligt att förringa det termiska klimatet i hemmet då det skapar förutsättningar för hur personen tar sig an sitt arbete. Så varför förringa det vardagliga? Borde inte hemmet vara den viktigaste platsen att må bra på?

Några aktiva kylsystem har dock börjat installeras i Sveriges flerbostadshus. Fjärrkyla och värmepumpar med kylfunktion har blivit något vanligare. Men många av dagens distribueringsystem lämpar sig inte särskilt bra för flerbostadshus. Det finns idag ingen etablerad kyllosning som har en nog låg energianvändning och installationskostnad att det blir värt att installera kyla, med avseende på de fördelar som tillkommer.

### 4.2 Framtidens kylanvändning

Först och främst vid en diskussion av framtidens behov av kyla bör betydelsen av framtid definieras. Ur ett beteendeperspektiv kan framtiden vara redan imorgon. Trender är svåra att förutspå. Exempelvis skulle en ny teknisk lösning kunna skapa ett behov som aldrig funnits förut. Eller att det uppstår en elbrist som gör att det inte finns på kartan att tänka på kyla. Ur ett klimatperspektiv är det tänkta kylbehovet något längre bort i tiden. Klimatanalyserna är uppskattade till 2040–2070. Däremot kan klimatförändringarna uppfattas som större än vad de faktiskt är och skapa ett behov av kyla på grund av beteende. I sin tur

påverkas riktlinjer och lagar av klimatförändringar, byggtrender och samhällets uppfattning om kyla.

Simuleringar av Nik & Sasic Kalagasidis (2013) och Nordman et al. (2010) som har gjorts för att förutspå framtidens kylbehov, genererade i att de båda kom fram till slutsatsen att det kommer räcka med passiva lösningar för att klara framtidens kylbehov i flerbostadshus baserat på klimatförändringarna. De tror därför att lösningar såsom öppna fönster, täta och välisolerade klimatskal och solskydd kommer vara nog. Att kontrollera kylbehovet med öppna fönster är ett energisnålt och billigt alternativ. Nackdelarna är att det är svårt att styra om man inte är hemma, exempelvis att komma hem efter en lång dag på jobbet till ett för varmt hem, som sedan påverkar välmående och sömn. Ett annat problem är buller och luftföroreningar.

Att bygga täta och välisolerade klimatskal enligt passivhus standarden har blivit allt mer vanligare och går hand i hand med de svenska riktlinjerna med avseende på lågt U-värde och låg energianvändning. Nackdelarna är om det skulle komma in värme i bygganden är det svårt att bli av med. Med syftet att skapa en energisnål byggnad med ett lågt värmebehov skapas i stället ett behov av kyla. Det är därför viktigt att konstruera för både värme och kyla (Nordlund & Packowski, 2014). Det finns en gräns när ett U-värde blir för lågt så att det uppstår ett behov av kyla i stället, vilket vidare är kopplat till en byggnads stommaterial. En tegelbyggnad har en lägre energianvändning än en träbyggnad både vid värmning och kylning, med övrig lika konstruktion.

Typ av fönster och dess placering påverkar också värme- och kylbehovet. Tre-glas fönster har ett lågt U-värde och behåller kylan i ett hem. Vidare kan det diskuteras om solinstrålningen är positiv för byggnadens energianvändning eller inte. Enligt den tyska passivhus standarden ska fönstren placeras med syftet att utnyttja solinstrålning för värmebehovet. Däremot är effekten som fås av solinstrålning relativt liten under vinterhalvåret och fönster mot söder kan snarare bli ett problem för övertemperaturer under sommaren (Persson et al., 2006). Vidare beror fönstrets storlek och placering i hög grad av estetiska skäl och inte för att hantera värmebalansen. Det kan då krävas andra lösningar. Inre- och yttre solskydd kan ta bort solinstrålningen upp till 95 % (Sunoff, n.d.). Med samma nackdel som de öppna fönsterna finns det en risk att de glöms dra ned. Det finns automatiska solskydd som löser det problemet, men som tar bort dagsljus och utsikt. Ytterligare en solskyddslösning är fönster med lågt G-värde som reflekterar bort upp till 70 % av solenergin utan att påverka dagsljusinsläppet (Andersson, 2019).

Passiva lösningar kan fungera på många olika sätt och kombineras för att få till ett riktigt bra resultat men det är mycket som ska tänkas på och lösningarna är inte fria från bekymmer. Ny teknik är också en aspekt att väga in för att analysera framtidens behov av kyla. Om det skulle etableras en lösning med en låg energianvändning och kostnad hur skulle behovet av kyla förändras? Framtidens behov av kyla är långt ifrån självklart och det är en balansgång mellan alla olika aspekter. Där den mänskliga acceptansen för värme, i förhållande mot kostnad och energianvändning kommer sättas på prov.

### 4.3 Fiolen

Tankeprocessen som föranledde produktionen av Parasockeln är ett bra exempel på hur de olika aspekterna påverkar varandra. Swegon förväntade sig hårdare riktlinjer för energianvändning. Riktlinjerna i sig är en analys av samhällets uppfattning av klimatförändringar och nya behov för att människor ska må bättre i sina hem. Parasockeln skapar i sin tur en produkt med möjlig påverkan av ett större behov av kyla. Skulle etablering av Parasockeln, med den låga kostnaden och energianvändningen kunna leda till en självklarhet med kyla i bostäder? Är det Swegon som ser en tydlig efterfrågan på kyla eller skapar de ett behov av kyla? Eller är det en balansgång, där Swegon möter samhället halvvägs?

Swegons vision är att skapa den optimala produkten för kyla i flerbostadshus. Det finns många aspekter involverade i ett kylsystem. Parasockeln kräver ett vätskeburet system, i Sverige men främst världen är det dock vanligast med luftburna kylsystem. Vid luftburen kyla behandlas luften i ett centralt aggregat i byggnaden och distribueras via stora kanalsystem. Ett vattenburet system är decentraliserat och undviker de stora kanalerna. I vissa fall kan val av ett vattenburet system spara in hela våningsplan. Vid jämförelse av effektivitet är vattenburen kyla dubbelt så effektiv. Swegon räknar med en kyleffekt på 15 W/m<sup>2</sup> i jämförelse med en luftburen kyla på ungefär 7 W/m<sup>2</sup>.

Det finns också andra lösningar för en vattenburen kyla. Ytterligare varianter på vattenburen kyla är kyltak eller kyla installerad i vägg. Kyltaket kan ses som en stor kylbaffel och fungerar rent effektmässigt väldigt bra. Kyltak återfinns mest i kontor där det finns nog stora utrymmen och kylbehov. Kyla installerad i vägg har samma fördel. Enligt en polsk studie skulle det krävas väldigt små temperaturskillnader för att skapa en effektiv kylning, det skulle räcka att kyla med en temperatur av 20,5 grader (Krzaczek et al., 2019). Med avseende på hur kyla uppfattas, föredrar människan att få kyla från sidan. Däremot uppkommer problem med installationen kopplat till en mer komplex byggnation och vidare svårigheter vid ombyggnation.

Det finns vidare varianter av kylbafflar som kan hantera våt kyla, men då behöver det finnas en dränering till avloppet för att föra bort kondensvattnet. Andra produkter som exempelvis fan coils eller fläktkonvektorer som också använder vatten som köldbärarvätska kan också hantera våt kyla. Med våt kyla kan produkterna bli mer effektiva med exempelvis fram- och returtemperaturer av 7 respektive 12 grader. Ytterligare en skillnad med en fan coil är att luften passerar en fläkt för att kylas. Nackdelen är dess ljudvolym på grund av fläkten och underhållet som krävs för den uppkomna daggen. Fan coils används främst i kontor, hotell och serverhallar. En kylbaffel med våt kyla skulle kunna vara ett alternativ om det skulle finnas ett större kylbehov.

Fiolens kylsystem drivs av frikyla från berget. Frikyla kan utnyttjas från många olika källor för att sedan kopplas till en värmepump. De vanligaste värmepumparna att välja på är berg-, ytjord-, sjö-/grundvatten-, luft/vatten-,

luft/luft-, eller frånluftsvärmepump (Energimyndigheten, 2010). För att få ut maximal effekt av en värmepump är det viktigt att välja rätt typ av värmepump för rätt ändamål. Frikyla från yttjord och sjöar kan användas när det är för långt till berggrund. Således är alla tre alternativen bäst för mellan och stora värme- och kylbehov. För samtliga krävs ett vattenburet distributionssystem och minskar mängden köpt energi med 65–75 %. För mindre värme- och kylbehov passar det bättre med frikyla från luft. Sådana värmepumpar har lägre investeringskostnader men en lägre besparing av köpt energi. Utöver frikyla kan fjärrkyla användas. Fjärrkyla kan alstras på flera olika sätt, med syftet att utnyttja de lokala förutsättningarna för att skapa en så energieffektiv kylalstringen som möjligt. För en låg energianvändning och kostnad är det väldigt viktigt att välja rätt kylalstring. Fjärrkyla kan vara mer kostnadseffektiv eftersom det inte krävs något eget system i anslutning till bygganden. Men det är då viktigt att fjärrkylan utnyttjar miljövänliga alternativ, kylalstringens kapacitet bör därför undvikas att överskridas, så att det inte tvingas ske en kylalstring med metoder som ger en negativ klimatpåverkan. Annars är frikyla i direkt anslutning till byggnaden en bättre lösning för att veta säkert att det sker en miljövänlig kylalstring. Ytterligare en fördel med att ha frikyla i form av bergvärme som kylalstring är att det är samma system som används för värmealstringen.

Själva Parasockeln kombinerar också kyla, värme och ventilation i systemet i jämförelse med exempelvis ett radiatorsystem som enbart värmer. För ett sådant system hade det krävts en ytterligare produkt ifall det hade uppstått ett behov av kyla. Vid installation av Parasocklarna tillkommer däremot styrning av systemet som kan leda till svårigheter på grund av att det inte finns någon erfarenhet vid installation av styrningen. Väl i drift har Parasockeln en väldigt liten energianvändning för kyla och kylan hjälper till att ladda upp berget med värme under sommaren vilket ger en lägre energianvändning under vintern. Så den främsta kostnaden kommer från material och installation. 8000 kr kan anses vara en låg kostnad för ett sådant energieffektivt system. Skulle i stället ett frikopplat system i form av en luftkonditionering installeras kan priset dra i väg och det kommer även ha en mycket dyrare driftkostnad, som ytterligare beror av elpriser (Polarpumpen, 2022).

Det kan också vara en utmaning att värme och kyla hanteras i samma produkt, på grund av deras olika egenskaper och den mänskliga upplevelsen. Parasockeln kan vara placerad antingen efter golv eller tak. Beroende om det behövs kyla eller värme kommer luften bete sig på olika vis. Varm luft stiger och kall luft sjunker. Det finns då en risk att den varma luften stannar utefter taket vid en Parasockel placerad högt eller tvärtom för den kalla luften vid en lågt placerad Parasockel. Hur människan vill bli kyld eller värmd skiljer sig också åt, med aspekter som upplevelsen av kalla eller varma ytor i stället för värme eller kyla från ventilation. Ytterligare en utmaning för Parasockeln är installation i redan befintliga flerbostadshus, då det krävs ett kopplat rörsystem. Att installera ett system som Fiolens kan vara kostsamt och svårt att installera i ett redan befintligt flerbostadshus.

Fiolen är en hyresrätt. Det är Slättö förvaltning som investerat i Parasockeln. För att få hyra ut en lägenhet måste det finnas en energideklaration (Mäklarhuset,

n.d.). Hyresgästen ska kunna ha möjlighet att välja lägenhet med en låg energiklass. Meningen är att det ska vara attraktivt och hyran kan därför höjas. Energideklarationen involverar främst hur värmebehovet ska hanteras. Eftersom det inte finns några krav på kyla är det svårt att ta ut högre hyra för det. Vilket är en anledning till att det är svårare för Parasockeln att ta sig ut på marknaden. Vidare hade det varit intressant att få höra Slättö förvaltning och Nocks åsikter kring kyla och varför de valde att installera det utifrån deras perspektiv.

Det finns mycket spännande information att få ut från projektet Fiolen. Hur de boende kommer uppfatta Parasockeln, om den kommer funka som tänkt och kommer produkten ändra deras syn på kyla i hemmet?

#### **4.4 Miljöpåverkan**

Det finns ingen livscykelanalys att tillgå för produkten, men det finns såklart en miljöpåverkan från tillverkning och material för Parasockeln. Det finns vidare flera olika aspekter att studera för att ta reda på Parasockelns miljöpåverkan. Exempelvis ur ett materialperspektiv eller vilka transporter som sker i processen. Fördelen med Parasockeln är att det är samma produkt för värme, kyla och ventilation vilket minskar materialanvändningen i jämförelse om det skulle bli ett större behov av kyla i framtiden och det i stället installeras separata kylanläggningar.

## 5 Slutsats

Framtidens behov av kyla kan falla ut i en rad olika scenarion. Där alla olika aspekter såsom trender, klimatförändringar, beteende och teknik hänger ihop och påverkar varandra i en relativt oförutsägbar riktning. Men det kommer högst troligt ske ett ökat behov av kyla. Huruvida det ökade behovet av kyla kommer att hanteras är oklart. Passiva lösningar bör användas i första hand för att undvika en energikrävande aktiv lösning. Däremot är kylsystemet i Fiolen en energisnål aktiv lösning vilket skapar nya möjligheter. Kylsystemet i Fiolen är en väldigt passande kylsystem för flerbostadshus. Parasockeln tar upp lite plats, exempelvis i förhållande till ett radiatorsystem man annars normalt hade behövt installera. Den klarar effektbehovet och är energieffektiv på grund av utnyttjande av kyla i berg och därmed billig i drift. Det går också att variera temperaturen och effektbehovet i olika lägenheter och rum. Kylsystemet kan också utnyttja fjärrkyla. Nackdelarna är svårigheter att installera och särskilt i befintliga bostäder.

Kostnaden av 8000 kr för kyla kan anses överkomlig och är inte något större argument emot Fiolens kylsystem, utan det är snarare osäkerheten av framtidens behov av kyla som styr utvecklingen av marknaden för ett kylsystem som Fiolens. Om samhället börjar gå mot en förändring där det finns ett större behov av kyla, i en framtid som kan vara redan imorgon eller om 30 år, så är Fiolens kylsystem en väldigt bra lösning för att hantera det behovet.

## 6 Referenser

- Abel, E., & Elmroth, A. (2017). *Byggnaden som system (4:2)*. Studentlitteratur AB.
- Abrahamsson, K., & Nilsson, J. (2013). *Kartläggning av marknaden för fjärrkyla*. Energimarknadsinspektionen. [www.ei.se](http://www.ei.se)
- Andersson, I. (2019). *Optimal fönsterstorlek*. [Kandidatuppsats, Linnéuniversitetet]. DiVA. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1333425/FULLTEXT01.pdf>
- Borgström, S., Bratt, M., Landfors, K., Tabrizi, H., & Westerbjörk, K. (2019). *Förstudie: Optimering vid byte av bergvärmepumpar i befintliga borrhål*. Besmå. <https://energieffektivasmahus.se/wp-content/uploads/2019/09/F%C3%B6rstudie-Optimering-vid-byte-av-bergv%C3%A4rmepumpar-i-befintliga-borrh%C3%A5l.pdf>
- Boverket. (2020). *Konsoliderad version av Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd*. [https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad\\_bbr\\_2011-6.pdf](https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf)
- Boverket. (2021). *Energideklarationens innehåll - Energideklaration - Boverket*. <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/>
- Ekonomifakta. (2009). *Rekyleffekten – energieffektiviseringens baksida*. <https://www.ekonomifakta.se/Artiklar/2009/Oktober/Rekyleffekten--energieffektiviseringens-baksida/>
- Energimyndigheten. (2010). *Välj rätt värmepump*. [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)
- Energimyndigheten. (2020). *Slutlig energianvändning i bostäder, service m.m. per energivara fr.o.m. 1970, TWh*. [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)
- Energimyndigheten. (2021). *Scenarier över Sveriges energisystem 2020*. [www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se)
- Energy building AB. (2021). *Självdragsventilation - så fungerar det! Och så här förbättras det enkelt*. <https://www.energybuilding.se/sjalvdragsventilation/>
- Folkhälsomyndigheten. (2022). *Temperatur inomhus*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/temperatur/>
- Infrastrukturdepartementet. (2010). *Sveriges tredje nationella strategi för energieffektiviserande renovering*.

<https://www.regeringen.se/495d4b/contentassets/b6499271ac374526b9aa6f5e944b0472/sveriges-tredje-nationella-strategi-for-energieffektiviserande-renovering.pdf>

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.  
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Final\\_Draft\\_FullReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Final_Draft_FullReport.pdf)

Krzaczek, M., Florczuk, J., & Tejchman, J. (2019). Improved energy management technique in pipe-embedded wall heating/cooling system in residential buildings. *Applied Energy*, 254, Artikel 113711.  
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113711>

Mäklarhuset. (n.d.). *5 frågor och svar om energideklaration!*  
<https://www.maklarhuset.se/hemmaliv/5-fragor-och-svar-om-energideklaration>

Molen, M. (2012). Mäns hushållsarbete ökar, men kvinnorna gör fortfarande mest hemma. *Välfärd*.  
[https://www.jamstalldhetskartan.se/images/pdf/LE0001\\_2012K01\\_TI\\_06\\_A05TI1\\_201.pdf](https://www.jamstalldhetskartan.se/images/pdf/LE0001_2012K01_TI_06_A05TI1_201.pdf)

Naturvårdsverket. (2020). *Så fungerar arbetet med Sveriges miljömål*.  
<https://www.sverigesmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/>

Nik, V. M., & Sasic Kalagasidis, A. (2013). Impact study of the climate change on the energy performance of the building stock in Stockholm considering four climate uncertainties. *Building and Environment*, 60, 291–304.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.005>

Nordlund, Å., & Packowski, Z. (2014). *Klimatskalets inverkan vid byggnation av solcellsdrivna plusenergihus*. [Examensarbete, Lunds universitet].  
<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=4647761&fileId=8961776>

Nordman, R., Stignor, C. H., Rolfman, L., Lindahl, M., Alsbjer, M., & Axell, M. (2010). *Nästa generations klimatkyla i bostäder och lokaler*. (2010:50). SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:962564/FULLTEXT01.pdf>

Persson, M. L., Roos, A., & Wall, M. (2006). Influence of window size on the energy balance of low energy houses. *Energy and Buildings*, 38(3), 181–188.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.05.006>

Polarpumpen. (2022). *Hur mycket kostar det med portabel AC hemma*.  
<https://www.polarpumpen.se/kunskapsbanken/ac-luftkonditionering-kunskapsbank/portabel-ac-kunskapsbank/rakna-pa/hur-mycket-kostar-det-med-portabel-ac-hemma/>

Renström, J., Johnsson, J., & Ludvig Profu, K. (2021). *Kartläggning av kylamarknaden. Värmemarknad Sverige*. <https://www.varmemarknad.se/hem/blog-post-four-9j7tl-cnrlt-j4ffe-nknxw-w39s2-k3nmp-c3ery-fwhgh-f42yp-zgtwy-3f2fx-tcp2y-w5p35-hwj2b>

Riksrevisionen. (2021). *Systemet med energideklarationer*. <https://www.riksrevisionen.se/rapporter/granskningsrapporter/2021/systemet-med-energideklarationer---tydligt-syfte-men-oklart-mal.html>

SMHI. (n.d.). *Enkel klimatscenariotjänst*. [https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/enkel-scenariotjanst/ostergotlands\\_lan/medeltemperatur/rcp85/2041-2070](https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/enkel-scenariotjanst/ostergotlands_lan/medeltemperatur/rcp85/2041-2070)

Sunoff. (n.d.). *Så löser solskydd dubbla temperaturproblem*. <https://sunoff.se/spara-energi>

Swegon. (n.d.). *Ventilation lösningar*. <https://www.swegon.com/sv/produkter/bostadsventilation/>

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH  
SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2022  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**