

# **KOMFORTGOLVVÄRME - SYSTEMLÖSNINGAR FÖR FÖRBÄTTRAD ENERGIPRESTANDA**

**Victoria Stigemyr Hill, Andreas Karlsson &  
Henrik Karlsson**

**2021-02-26**

# FÖRORD

Detta projekt initierades av HSB och PEAB för att undersöka möjligheter att erbjuda komfortgolvvärme och samtidigt uppfylla krav på ett energieffektivt boende. Projektet genomfördes under 2020 av Bengt Dahlgren Göteborg AB i HSB Living Lab.

Författare till denna rapport är Andreas Karlsson, Henrik Karlsson och Victoria Stigemyr Hill.

Författarna vill tacka SBUF och beslutsgruppen i HSB Living lab för att de finansierat detta projekt. Tack till Ebeco som bidragit med material så väl som sin tid. Tack till HSB för deras stöd och kommunikation med de boende i fastigheten. Tack till referensgruppen. Tack till de personer som deltog under projektets utvärderingsdag av komfortgolvvärmes börvärde. Till sist ett stort tack till de boende i HSB Living lab som deltagit i och gjort detta projekt möjligt.

Referensgrupp:

Kjell-Åke Henriksson, JM

Johan Svensson, PEAB

Peter Gustavsson, Ebeco

Kristian Larsson, Ebeco

Henrik Olsson, NCC

Rasmus Westin, Skanska

Peter Nyberg, Bonava

Maria Qvillberg, HSB

/ Andreas Karlsson, Henrik Karlsson & Victoria Stigemyr Hill

Göteborg, 2021-02-26

# SAMMANFATTNING

Det blir allt svårare att använda komfortgolvvärme och samtidigt uppfylla krav på energianvändning. Kommande energikrav indikerar även högre kravställning och kommer därmed slå ännu hårdare mot komfortgolvvärmesystem. Samtidigt finns det en brist i kunskap gällande komfortgolvvärmes brukande och hur stor den faktiska energianvändningen är av elförsörjd komfortgolvvärme. Detta projekt har sin utgångspunkt i att erhålla mer kunskap om den elanvändningen samt bidra till utvecklingen av komfortgolvvärmesystem för att uppfylla framtida energikrav.

I projekt har tekniska lösningar testats och utvärderats för att identifiera energieffektiva lösningar för komfortgolvvärme. Projektet har bestått av två faser; simuleringar av testfall med potentiell energibesparing samt vidare praktiska tester och mätningar i en faktisk boendemiljö.

Projektets praktiska tester har genomförts i HSB Living Lab, en forsknings- och demonstrationsarena placerad på Chalmers campus Johanneberg i Göteborg. Fastigheten är ett flerbostadshus där studenter, forskare och HSB anställda bor. Komfortgolvvärme installerades i två av fastighetens badrum och brukades under testperioden av de boende .

Resultaten från denna studie visar att komfortgolvvärmesystems energianvändning i hög grad påverkas av parametrar som ligger utanför komfortgolvvärmens kontroll, så som brukarbeteenden och byggnadens värmesystem. Men studien vill ändå lyfta fyra identifierade rekommendationer som kan bidra till att öka energieffektiviteten för komfortgolvvärmen:

- Isolera komfortgolvvärmesystemet
- Begränsa den uppvärmda ytan
- Använd tidsstyrning
- Inkludera maxbegränsning för golvtemperatur

Studien visar att med ett tidsstyrt isolerat komfortgolvvärmesystem kan en energibesparing i storleksordningen 15–30 % erhållas gentemot studiens simulerade referens – ett oisolerat komfortgolvvärmesystem med konstant drift. I kombination med en reducering av den uppvärmda golvytan med ca 50 % kan energianvändningen ytterligare reduceras till ca 30–50 % av referenssystemets energianvändning.

Frågan om komfortgolvvärme och hur energin från detta system kommer byggnaden tillgodo och hur den ska tas hänsyn till vid energiberäkningar och projektering är komplex. I studien redovisas att komfortgolvvärmesystemets energianvändning beror på påverkningsbara såväl opåverkningsbara parametrar som golvets yttemperatur och brukarbeteende. Därmed blir slutsatsen från denna studie att de identifierade tekniska lösningarna som rekommenderas kommer bidra till att minska energibehovet för komfortgolvvärme, men att den faktiska energianvändningen beror på respektive byggnads förutsättningar samt brukarbeteende.

Utöver energieffektiva åtgärder vill projektet belysa komfortperspektivet av komfortgolvvärme. Att sänka komfortgolvvärmens börvärde, golvets yttemperatur, sänker energianvändningen men hamnar i konflikt med systemets tänka funktion – en god fotkomfort. Denna studie anser att ett sänkt börvärde (under +25°C) inte är kompatibelt med den avsedda funktionen hos komfortgolvvärme så vida brukaren inte själv efterfrågar en lägre golvtemperatur. Därmed bör komfortgolvvärmesystem klara av att leverera 25 – 26 °C men för att erbjuda ett energieffektivt system innehålla en maxbegräsning så angivna temperaturer inte överskrids.

# INNEHÅLL

<b>1. INLEDNING</b> .....	<b>4</b>
1.1 BAKGRUND .....	4
1.2 SYFTE .....	4
1.3 GENOMFÖRANDE .....	4
1.4 OBJEKTSBESKRIVNING .....	5
<b>2. SIMULERINGAR</b> .....	<b>6</b>
2.1 SIMULERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR.....	6
2.2 SIMULERINGSRESULTAT .....	7
2.3 SIMULERAD INVERKAN AV EN FÖRSKJUTNING AV OMGIVNINGENS TEMPERATUR.....	10
<b>3. PRAKTISKA TESTER</b> .....	<b>11</b>
3.1 PRAKTISKA ANPASSNINGAR .....	12
3.2 MÄTNING OCH INSAMLING AV DATA.....	13
3.3 MÄTRESULTAT .....	13
3.4 TESTDAGAR MED UTVÄRDERING AV BÖRVÄRDEN .....	16
<b>4. ANALYS OCH DISKUSSION</b> .....	<b>20</b>
<b>5. SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER</b> .....	<b>22</b>
<b>6. REFERENSER</b> .....	<b>24</b>
<b>BILAGOR</b> .....	<b>25</b>

# 1. INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Med ökade krav på energianvändning från BBR samt införandet av nya primärenergifaktorer blir frågan om att kunna använda komfortgolvvärme och samtidigt uppfylla regelkraven allt svårare.

El för komfortgolvvärme hanteras idag oftast rent schablonmässigt och det måste till mer kunskap om den faktiska elanvändningen för komfortgolvvärme samt hur den kan optimeras. Med detta som grund initierades HSB och PEAB ett utvecklingsprojekt för att se på möjligheter att erbjuda komfortgolvvärme och samtidigt uppfylla krav på ett energieffektivt boende med låg miljöbelastning. Detta projekt inkluderade en förstudie som genomfördes i HSB Living Lab.

Förstudie innehöll en sammanställning av kunskapsläget där tidigare studier visar att komfortgolvvärmes energianvändning till stor del är beroende av golvtemperaturen. I de tidigare studierna rekommenderas att sänka golvtemperaturen, införa tidsstyrning och även sträva efter att hålla luftflödet lågt. De tidigare studierna visar att det bör finnas möjligheter att sänka energianvändningen jämfört med det värde som anges i Svebys schablon.

Förstudien tog även upp hur tidigare studier inte fullt förklarar hur komfortkravet ska hanteras. En studie utförd av SP (RISE) visar att där finns ett motsatsförhållande mellan komfort och viljan att sänka golvtemperaturen. Där förstudien visar att om komfortaspekten inte är uppfylld så uppfyller inte komfortgolvvärme sin funktion.

I förstudien nämndes även att andra material än klinker, med högre värmebehaglighet, kan tillåta lägre golvtemperatur med bibehållen komfortupplevelse men idag är klinker det dominerande golvmaterial.

Förstudien indikerade även att de kommande energikraven kommer slå ännu hårdare mot komfortgolvvärme. Med energianvändning enligt Sveby schablon kommer de nya energikraven innebära att det som idag motsvarar en energieffektiv fastighet (Miljöbyggnad Silver, utan komfortgolvvärme) med tillagt komfortgolvvärme inte kommer uppfylla BBR krav på energianvändning (PET).

## 1.2 Syfte

Syftet med projektet är att testa och utvärdera olika tekniska lösningar där målet är att bidra till utvecklingen av mer energieffektiva lösningar för komfortgolvvärme. Ytterligare ett mål är att bidra till kunskapsspridning inom branschen och underlag på vad som kan ses som normalt brukande.

## 1.3 Genomförande

Projektet har innehållit två faser:

- Simuleringar för att verifiera och testa de identifierade testfallen från förstudien
- Praktiska tester och mätningar i HSB Living Lab

HSB Living Lab är en modulbyggnad med en lätt konstruktion. Eftersom de praktiska testerna utförs i denna byggnad kan resultaten från denna studie inte direkt överföras till byggnader med tung stomme. Bedömning från denna studie är att konstruktioner med isolering mellan komfortgolvvärmen och stommen motsvarar en lätt konstruktion.

I HSB Living Lab utförs de praktiska testerna i personers boende därmed behövde projektet ta hänsyn till och anpassa omfattning av tester efter deras livssituation. Tillsammans med HSB togs

beslut att enbart använda två badrum i fastigheten och att utföra installationen så att ett av badrummen kunde användas för två olika testfall.

I förstudien fanns driftfall som både inkluderade drift utan påverkan från de boende och drift med påverkan från de boende. Då de boende påverkar driften kan de påverka fotkomforten genom att själva välja börvärde för yttemperatur på komfortgolvvärmen. I maj påbörjades första testomgången utan påverkan från de boende och till följd av varmt väder förlängdes denna testperiod in till hösten och minskade därmed omfattningen av testomgången med påverkan från de boende. På grund av den minskade omfattningen av badrum påverkades även den statistiska grunden med de boendes integration. Med anledning av detta prioriterades istället vidare arbete med testerna utan påverkan från de boende, det vill säga de boende hade inte möjlighet att själva ställa in börvärde, ändra tidsschema eller på annat sätt ändra inställningarna för komfortgolvvärmen.

I tidigare studier [1] har komfortaspekten av komfortgolvvärmesystem inte berörts. För att studera komfortaspekten vidare anordnades en testdag där olika börvärden utvärderades genom ett blindtest. Under 2020 utbröt en pandemi i världen av viruset SARS-CoV-2 som följd hade Sverige restriktioner för allmänheten som bland annat berörde fysiska möten. Med hänsyn till restriktionerna bjöds ett begränsat antal personer in till testdagen.

Under projektets gång har det funnits tillgång till en referensgrupp bestående av representanter från branschen. I projektbeslutet från SBUF specificerade SBUF deltagare i referensgruppen utifrån tidigare utvecklingsprojekt om komfortgolvvärme.

## 1.4 Objektsbeskrivning

De praktiska testerna utförs i HSB Living Lab som är en forsknings- och demonstrationsarena med syfte att utveckla nya sätt att bygga och forma framtidens boende [2]. Byggnaden är en modulbyggnad i en lätt stålkonstruktion som står upprättat på Chalmers Campus Johanneberg i Göteborg.

Badrummen är placerade i byggnadens kärna utan direkt anslutning till fasad, yttertak eller bottenplatta. Badrummen är ett mindre och ett större badrum, 3,6 m<sup>2</sup> respektive 5,4 m<sup>2</sup>. Där det större badrummet, förutom nödvändigheter, även är utrustat med tvättmaskin och torktumlare. Större delen av testperioden var det ingen boende som brukade det lilla badrummet medan det stora badrummet brukades av flera personer.

Hädanefter refereras badrummen till lilla respektive stora badrummet.

## 2. SIMULERINGAR

Från förstudien inför projektet identifierades testfall intressanta att utreda vidare med praktiska tester. För att jämföra testfallens elanvändning simulerades dem i IDA ICE och resultatet gav vidare riktning till de praktiska testerna.

### 2.1 Simuleringsförutsättningar

Simuleringen utgår från ett testrum med liknande förutsättningar som badrummen i HSB Living Lab. Testrummet är ett 6 m<sup>2</sup> rum med lätt bjälklag och lätta väggar. Golvkonstruktionen består av 250 mm isolering med värmeledningsförmåga på 0,036 W/mK, 50 mm avjämningsmassa, elslinga, 20 mm avjämningsmassa och därefter 10 mm klinker över hela golvytan. För Simulering 2 – 5 kompletterades golvkonstruktionen med en isolering mellan elslinga och de 50 mm avjämningsmassa. Det förutsätts inte vara någon värmeförlust i sidled från testrummet via det lätta/isolerade bjälklaget samt att dörren in till rummet antas vara stängd. Testrummet förses även med 15 l/s i överluft från omgivningen där den omgivande temperaturen är +21 °C konstant.

I förstudien identifierades fem golvkonstruktioner samt tre driftfall intressanta för vidare praktiska tester. Konstruktionerna och driftfallen (tidschema) preciseras nedan utan rangordning. Den extra golvisoleringen har en värmeledningsförmåga på 0,036 W/mK.

**Tabell 2-1 Konstruktioner för simulering**

Simulering	Golvkonstruktion	Komfortgolvvärme
Simulering 1	Tung referenskonstruktion utan extra golvisolering	100 W/m <sup>2</sup> installerad effekt över hela ytan
Simulering 2	Lätt bjälklag. 25 mm extra golvisolering under 20 mm avjämningsmassa.	60 W/m <sup>2</sup> installerad effekt över hela ytan
Simulering 3	Lätt bjälklag. 25 mm extra golvisolering under 20 mm avjämningsmassa.	60 W/m <sup>2</sup> installerad effekt. El-slinga installeras ej i perifera ytor. Komfortgolvvärmen täcker 61 % av golvytan.
Simulering 4	Lätt bjälklag. 25 mm extra golvisolering under 20 mm avjämningsmassa.	160 W/m <sup>2</sup> installerad effekt över hela ytan
Simulering 5	Extremt termiskt lätt bjälklag. 275 mm golvisolering under 20 mm avjämningsmassa.	160 W/m <sup>2</sup> installerad effekt över hela ytan

**Tabell 2-2 Tidschema för simulering**

Tidschema	Förklaring	Driftintervall
Tidschema 1	17h = 26 °C, övrig tid 21 °C	06:00-23:00
Tidschema 2A	2x4h = 26 °C, övrig tid 21 °C	06:00-11:00 19:00-23:00
Tidschema 3	4x1h = 26 °C, övrig tid 21 °C	06:00-07:00 11:00-12:00 16:00-17:00 21:00-22:00

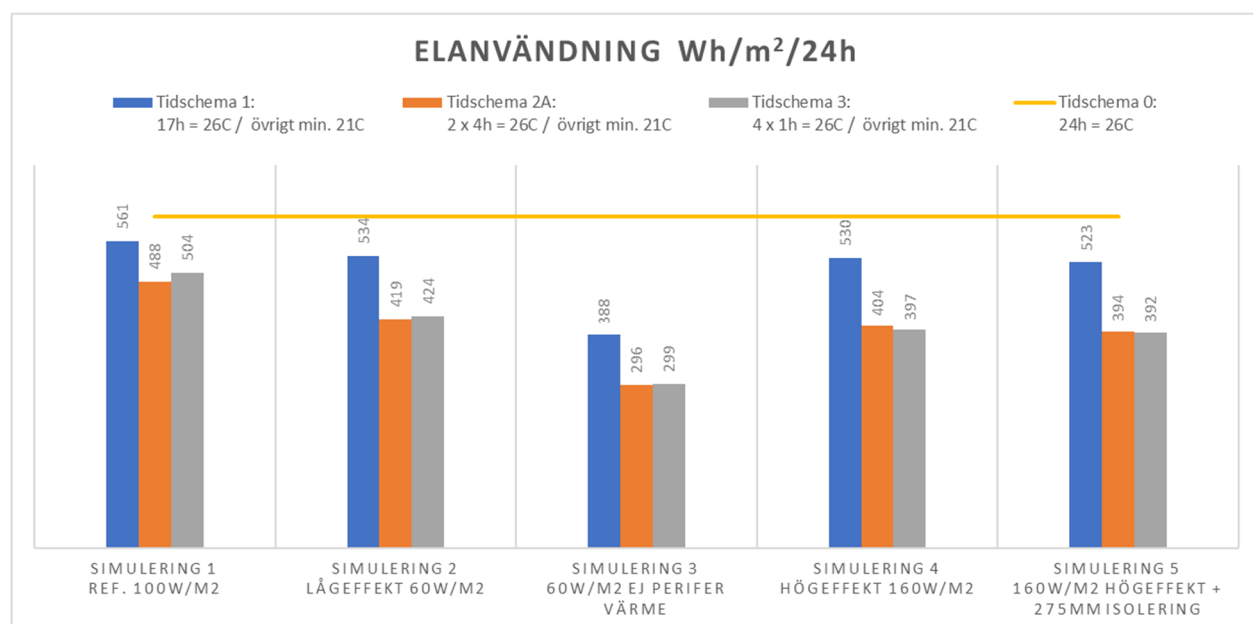
I ovanstående driftintervall förutsätts komfortgolvvärmesystemet uppnå efterfrågad ytemperatur på golvet under angivna klockslag.

Tidsschema 3 är tänkt att motsvara en mer behovsanpassad styrning där man eftersträvar att enbart värma upp golvet i badrummet när de boende faktiskt beträder rummet. En hypotes från förstudien var att med högre installerad effekt per kvadratmeter och intelligent, adaptiv styrning skulle man kunna få ner drifttiden och få ett mer energieffektivt system.

## 2.2 Simuleringsresultat

För att erhålla ett referensvärde på elanvändning har ett komfortgolvvärmesystem utan isolering med konstant drift simulerats. Eftersom driften är konstant utgår simuleringen från statiska förhållanden och påverkas då ej av golvkonstruktionens eller rummets förmåga att lagra värme. För att uppnå 26 °C i golvtemperatur kräver ett idealt komfortgolvvärmesystem, utan isolering och med konstant drift, 25 W/m<sup>2</sup> i konstant eleffekt. Elanvändningen under ett dygn resulterar då i 606 Wh/m<sup>2</sup>/24h, se tidsschema 0 (konstant drift) i Figur 2-1.

I Figur 2-1 nedan redovisas resultatet från de fem simuleringarna med tre olika tidsscheman.



**Figur 2-1 Simuleringsresultat: beräknad elanvändning för Simulering 1–5**

Att inför tidsstyrning reducerar elanvändningen med ca 10–20 % gentemot ett komfortgolvvärmesystem utan isolering med konstant drift. Vid jämförelse av de olika tidsscheman syns att flera korta behovspulser, 4 st pulser á 1 timme (TS3), resulterar i princip ingen elbesparing och är därmed likvärdigt tidsschema med 2 st pulser á 4 timmar (TS2A). Detta trots att TS3 motsvarar 4h med uppfyllt komfortkrav medan TS2A motsvarar det dubbla. Simuleringsresultaten indikerar att en mer behovsstyrd samt närvarostyrd komfortgolvvärme inte sänker elbehovet. Detta resultat gäller för den aktuella typen av golvkonstruktion där värmetrögheten hos avjämningsmassa och klinker är så pass stor att flera pulser inte sparar energi trots kortare drifttid. Detta är relaterat till värmeförluster under ramptiden samt inlagringen av värme i golvkonstruktionen. Med alternativa material som har lägre värmetröghet skulle behovsstyrning fortsatt kunna leda till energibesparingar.

Ett relativt tunt isoleringsskikt under elslingorna reducerade även elanvändningen. Elanvändningen minskas eftersom lägre massa kring elslingorna ger en kortare ramptid. Samtidigt

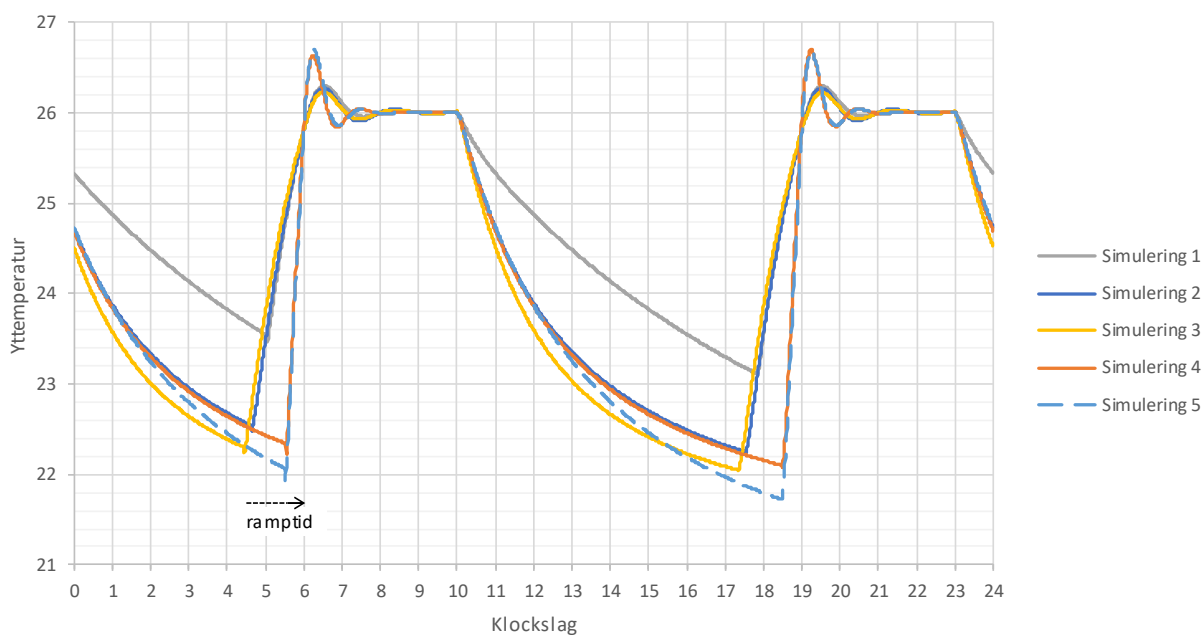


konstateras att ett överdrivet tjockt isoleringsskikt inte gav några ytterligare avsevärda elbesparingar (simulering 5). Under TS1 reduceras elanvändningen med ca 5 % då simulering 1 utan extra golvisolering jämförs med övriga simuleringar. Då ett tidsstyrt system kombineras med en extra golvisolering är besparingen större och reduceras med ca 20 %. I jämförelse med komfortgolvvärmesystemet utan isolering och med konstant drift kan ett komfortgolvvärmesystem med isolering i kombination med tidstyrning reducera elanvändningen med ca 30 %. Detta pekar alltså på vikten av att inkludera isolering för att få ett energieffektivt system och framförallt vid användning av tidsstyrning.

Ytterligare reduktion av elanvändningen sker genom att minska den uppvärma golvytan vilket visas med Simulering 3. Dock bör det observeras att den relativa reduktionen av värmebehovet är lägre än reduktionen av den uppvärmda ytan. Detta eftersom värmebalansen i badrummet samtidigt påverkas. Både lufttemperatur och yttemperaturen på innerväggar och tak i badrummet sjunker om en reducerad golvyta i badrummet värms, jämfört med att värma hela golvytan. Denna påverkan av temperaturen/värmebalansen i badrummet ökar värmeflödet ( $W/m^2$ ) för den uppvärmda golvytan jämfört med värmeflödet då hela golvet värms (givet att börvärdet för komfortgolvvärmen och andra randvillkor är oförändrade). I simuleringarna är det 39 % reduktion av den uppvärmda golvytan (Simulering 3 jämfört med Simulering 2). Resultaten visar att elbehovet för hela badrummet reduceras med 27–30 % för de olika tidscheman i simuleringsstudien (TS1, TS2A samt TS3). Med andra ord: energibesparingen inte likformig med den minskade ytan. Det bör även observeras att minska den uppvärmda golvytan kan ses som en passiv design eftersom begränsningen byggs in i golvkonstruktionen.

Ett komfortgolvvärmesystem med högre installerad effekt per kvadratmeter leder inte till ökad energiförbrukning så länge en maxbegränsning i golvtemperatur är inkluderad. Däremot erhålls en viss reduktion av elbehovet vid en ökad installerad eleffekt. Anledningen är att ökad eleffekt ger kortare ramptid, vilket reducerad värmeförlust från rummet i form av lägre ventilations- och transmissionsförluster under själva ramptiden.

Med lägre installerad effekt per kvadratmeter uppnås efterfrågad golvtemperatur med en längre ramptid. Därmed kan komfortgolvvärme med låg installerad effekt snarare ses som en passiv design med statisk begränsning då den byggs in i golvkonstruktionen och kan ej påverkas i driftsfas. En flexiblare lösning är att istället en maxbegränsning av golvtemperaturen via komfortgolvvärmens styrsystem. Därmed kan komfortgolvvärmen under driftsfas anpassas efter brukarens individuella behov och krav på energieffektivitet.

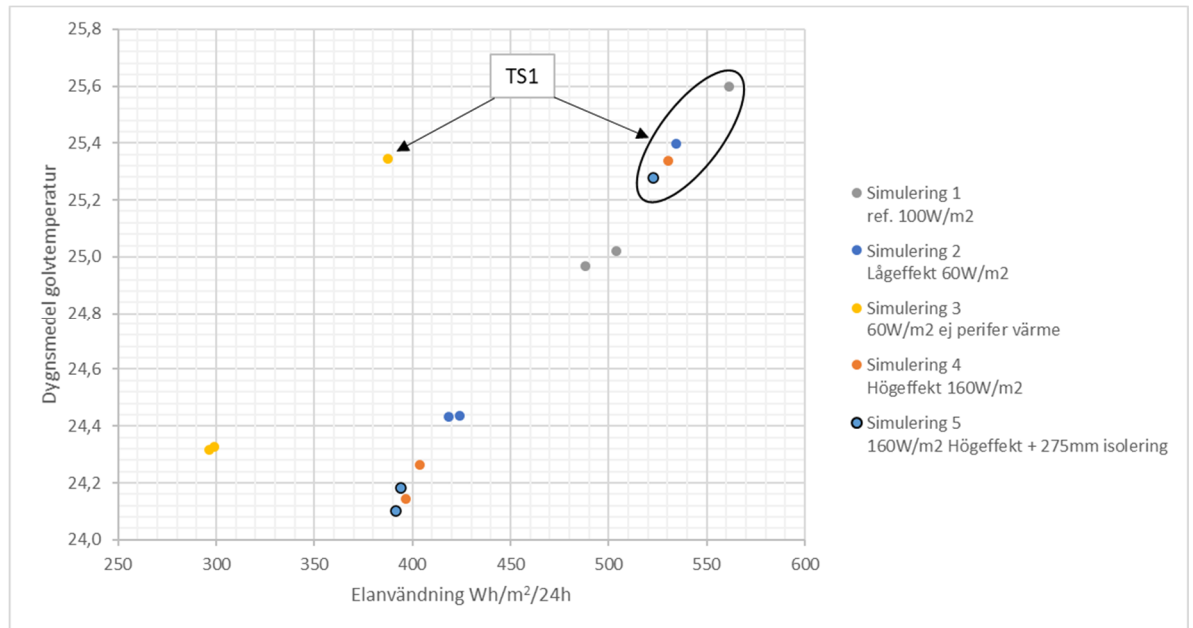


**Figur 2-2 Redovisning av simuleringsresultat för tidsschema 2A.**

Figur 2-2 redovisar resultat för samtliga simuleringar med tidsschema 2A. Figuren illustrerar ramptiden, dvs. tidsskillnaden mellan påslag av komfortvärmens tills tidpunkten då börvärdet uppfylls (exakt 06:00 och 19:00 för TS2A). Resultaten visar att ju högre installerad effekt per kvadratmeter, desto kortare ramptid. Simulering 1 visar hur den termiska massan i bjälklaget framförallt påverkar hur temperaturen i golvet sjunker långsamt efter avslag i effekttilförseln. Ju tyngre bjälklaget är, desto mer värme finns självklart lagrat i golvet då värmeförseln slås av. Likaså krävs mer värme för att höja temperaturen i det tunga golvet. Dagnsmedeltemperaturen på golvytan är signifikant högre för ett termiskt tungt system med samma tidsschema. Orsaken är perioderna mellan de två perioderna med önskad +26 °C på golvytan, temperaturen i golvet sjunker betydligt långsammare jämfört med temperaturökningen vid påslag av effekten (under ramptiden).

I Figur 2-3 redovisas dagnsmedelvärdet på den uppvärmda golvytan tillsammans med elanvändningen under samma period. Figuren innehåller samtliga simuleringar. Ett tydligt samband råder, som kan hjälpa i förståelse för vad som påverkar elanvändningen. Ju lägre golvytans dagnsmedeltemperatur är, desto lägre är elanvändningen. Simulering 3 avviker från sambandet som råder för övriga studerade fall, eftersom en mindre golvyta är uppvärmd. Tidsschema 2A och 3 resulterar i liknande medeltemperaturer och elanvändning. Tidsschema 1 ger i de simulerade fallen, oavsett uppbyggnad av golvet/komfortgolvvärmen, de relativt sätt högsta dagnsmedeltemperaturerna och den högsta elanvändningen.

För att uppnå en låg elanvändningen så skall den termiska massan i golvet vara så låg som möjligt. Ju lägre den termiska massan är, desto närmre är golvtemperaturbörvärdeskurvan över hela dygnet. Enligt tidsschema 2A är dagnsmedeltemperaturen "idealt" som lägst 22.7 °C (8h@26 °C + 16h@21 °C). Den termiska massa som finns i golvet (och även övrigt i rummets tak/väggar) gör att inte ens det termiskt lättaste beräknade systemet är nära detta "ideala system". Simulering 5 är en extremt lätt konstruktion med medeltemperatur strax över 24 °C. För att behovsstyrning skall fungera mer effektivt i praktiken, krävs innovationer där golvkonstruktionens termiska massa är signifikant lägre.



**Figur 2-3 Redovisning av sambandet mellan elanvändningen och dygnsnedeltemperaturerna på golvytan (För Simulering 3 redovisas yttertemperatur för området med komfortgolvvärme, elanvändningen redovisas för badrummets hela golvyta).**

## 2.3 Simulerad inverkan av en förskjutning av omgivningens temperatur

En känslighetstudie har utförts för att studera påverkan på elbehovet beroende på variationer i temperaturen utanför badrummet med komfortgolvvärme. I beräkningsmodellen motsvarar detta en känslighet av ett randvillkor för systemet. I verkligheten motsvarar en förskjutning i omgivningens temperatur de normala variationer som sker vid brukande av bostaden över året.

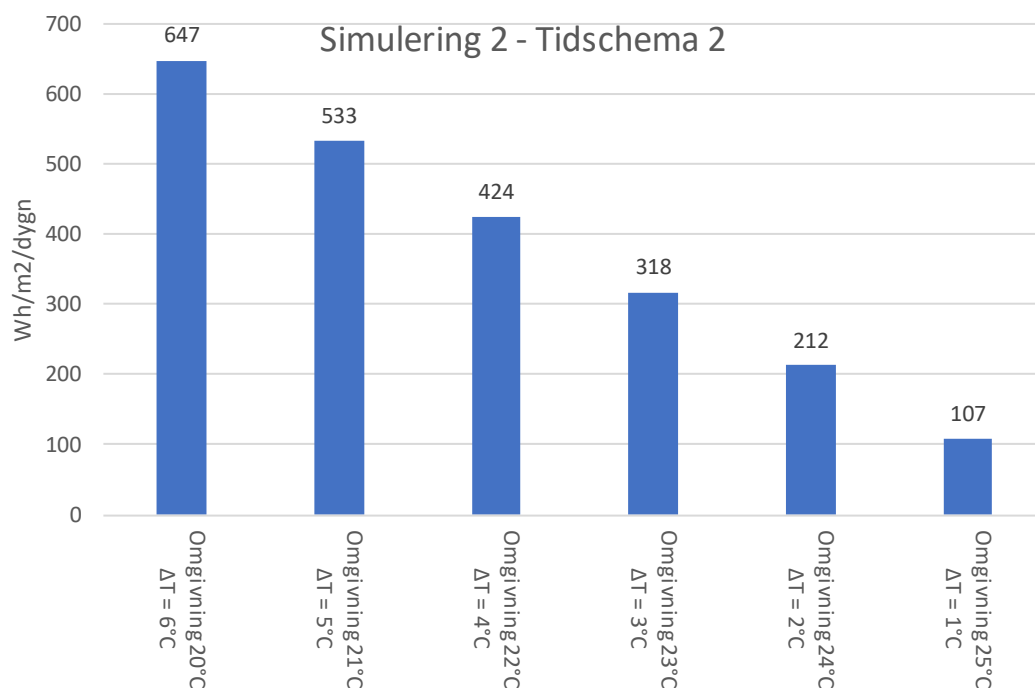
I badrummet är lufttemperaturen och yttertemperaturerna sannolikt högre än i omgivningen på grund av värmestillskottet från komfortgolvvärmen. En variation i lufttemperaturen i badrummet påverkar den konvektiva värmeöverföringen från den uppvärmda golvytan. Variation i yttertemperaturen på tak och innerväggar påverkar värmestrålningen från den uppvärmda golvytan.

En förändring i omgivande temperatur påverkar värmeledning och yttertemperatur på de innerväggar som delar av badrummet mot omgivningen. Men framförallt påverkas lufttemperaturen på den överluft som tillförs badrummet. Slutligen påverkas värmebalansen på golvytan av förändringarna i omgivningen. Ju lägre temperatur i omgivningen, desto mer värme måste tillföras via komfortgolvvärmen för att uppfylla komfortgolvvärmsystemets börvärde (golvtemperaturen).

Simulering 2 (TS1) studeras med en variation i omgivningstemperatur mellan +20 °C och +25 °C, börvärdet under 17h på golvytan är +26 °C. I **Figur 2-4** redovisas förändringen i elbehov. Självklart närmar sig elbehovet noll då det är mycket varmt i bostaden (nära börvärdet). Sambandet mellan elbehov och omgivningstemperatur är tämligen linjärt, vilket inte är en överraskning.

Det intressanta, som vi vill belysa, är att relativt små förskjutningar i omgivningstemperaturen kan ha stor påverkan på komfortgolvvärmens elbehov. Ju lägre börvärde som tillämpas i systemet, desto högre känslighet för förskjutningar i omgivningstemperaturen. Den höga känsligheten för förskjutningar i omgivningstemperatur är speciellt viktigt vid utvärdering av byggnaders

energiprestanda samt vid estimering av elbehov i samband med energiberäkningar under projektering av byggnader med komfortgolvvärme.



Figur 2-4 Beräknad elanvändning beroende på omgivande temperatur till badrummet. ΔT avser skillnaden mellan omgivande temperatur och börvärdet på golvytan i badrummet (+26 °C i simuleringarna)

### 3. PRAKTISKA TESTER

Som nämnt tidigare begränsades omfattningen av tillgängliga badrum och därmed var det inte praktiskt möjligt att utföra samtliga testfall. Utifrån simuleringens resultatet och i samråd med referensgruppen ströks Simulering 1 Referenskonstruktion.

Simuleringsresultat visade också att en ökad behovsanpassning inte ger energibesparingar och därför inkluderas inte något driftfall motsvarande Tidsschema 3 i simuleringarna i de praktiska testerna. Vidare visade också simuleringarna att ytterligare isolering (utöver de 25 mm) inte gav förbättrad energiprestanda och därför ströks även Simulering 5 från de praktiska testerna.

Kvarstående badrum och installerad golvkonstruktion listas i Tabell 3-1 nedan.

Tabell 3-1 Installerad golvkonstruktion i badrummen

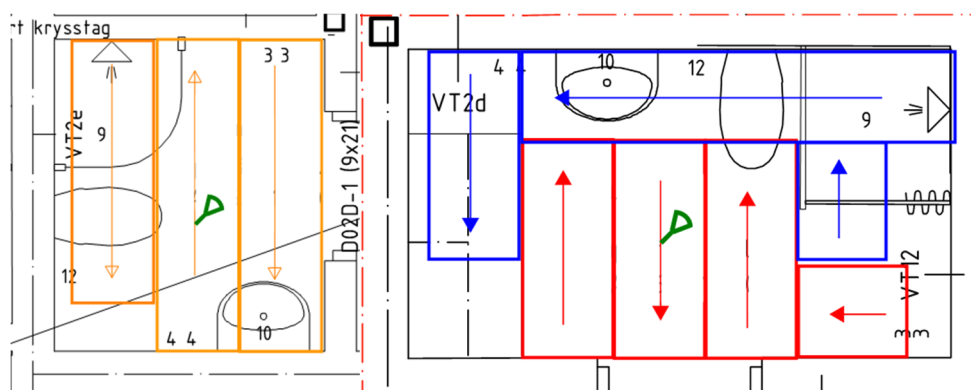
Badrum	Golvkonstruktion
Lilla badrummet 3,6 m <sup>2</sup>	Golvkonstruktion från Simulering 4 – Högeffekt 160 W/m <sup>2</sup>
Stora badrummet 5,4 m <sup>2</sup>	Golvkonstruktion från Simulering 2 – Lägre installerad effekt 60 W/m <sup>2</sup> Golvkonstruktion från Simulering 3 – Lägre installerad effekt 60 W/m <sup>2</sup> , ej värme i perifera ytor

I det mindre badrummet utförs golvkonstruktion motsvarande Simulering 4 och i det större badrummet utförs två sammanslagna konstruktioner; motsvarande Simulering 2 och 3. Under respektive testomgång innehåller det större badrummet två testperioder, en period då hela golvytan testas och en period då komfortgolvvärmen i perifer golvyta stängs av.

### 3.1 Praktiska anpassningar

Simuleringarna påvisar att ett relativt tunt isolerskikt reducerade elanvändningen. För att även minimera osäkerheter kring mängd avjämningsmassa i badrummens befintliga golvkonstruktion kompletteras båda badrummen med en isolerskiva under elslingorna. Skivan är Ebecos Thermoboard som är 10 mm med en värmeledningsförmåga på 0,035 W/mK.

Badrummen förses med Ebecos värmemattor Thermoflex med olika värmeeffekter. I det mindre badrummet installeras Thermoflex 160 W/m<sup>2</sup> och i det större badrummet två separata Thermoflex-mattor med 60 W/m<sup>2</sup> vardera, se Figur 3-1 nedan med utklipp från förläggningsritning. Den uppvärmda reduceras med ca 50 % när endast den röda slingan i det stora badrummet är aktiv. Golvgivare placeras centriskt i värmemattorna och för att erhålla medeltemperaturen på golvet placeras givarna på ¼ avstånd mellan två värmeslingor.



Figur 3-1 Utklipp från förläggningsritning med givarplacering i det mindre respektive större badrummet

Från simuleringarna konstateras att driftfall med korta behovspulser inte reducerade elbehovet och därmed utgår driftfallen med behovsstyrd samt närvarostyrd komfortgolvvärme. I Tabell 3-2 listas de kvarstående driftfallen.

Tabell 3-2 Genomförda praktiska driftfall

Tidschema	Förklaring	Driftintervall
Tidschema 0	Kontinuerlig drift	Fast inställt börvärde
Tidschema 1	På dag/Av natt inkluderat med vardag/helg-funktion	Måndag-Fredag 06:00-23:00 Fast inställt börvärde enligt ovan Övrig tid avstängt, börvärde 21 °C Lördag-Söndag 07:00-24:00 Fast inställt börvärde enligt ovan Övrig tid avstängt, börvärde 21 °C
Tidschema 2B	Korta intervall morgon/Längre intervall kväll inkluderat med vardag/helg-funktion	Måndag-Fredag 06:00-09:00 Fast inställt börvärde enligt ovan  15:00-23:00 Fast inställt börvärde enligt ovan Övrig tid avstängt, börvärde 21 °C Lördag-Söndag 07:00-10:00 Fast inställt börvärde enligt ovan  15:00-24:00 Fast inställt börvärde enligt ovan Övrig tid avstängt, börvärde 21 °C

I ovanstående driftintervall förutsätts komfortgolvvärmesystemet uppnå efterfrågad ytemperatur på golvet under angivna klockslag.

I referensgruppen lyftes intresset med tester med ett sänkt börvärde. Utifrån detta utfördes ovanstående driftfall med två börvärden:

- Referensbörvärde – fast inställt börvärde 25 °C och drift enligt tidschema
- Sänkt börvärde – fast inställt börvärde 23 °C och drift enligt tidschema

## 3.2 Mätning och insamling av data

Följande data har loggats och samlats in under hela eller delar av testperioden:

- Rumstemperatur via batterilogger – i badrum samt rum utanför badrum
- Inställt börvärde
- Elanvändning – komfortgolvvärme
- Golvtemperatur/yttetemperatur
- Utetemperatur
- Position badrumsdörr öppen/stängd

Elanvändning för komfortgolvvärme samt golvtemperatur/yttetemperatur mäts och loggas via Ebecos termostat EB-Term 500.

Temperaturer och ackumulerad elanvändning mättes med upplösning 6 – 10 mättillfällen per timme under testperioden.

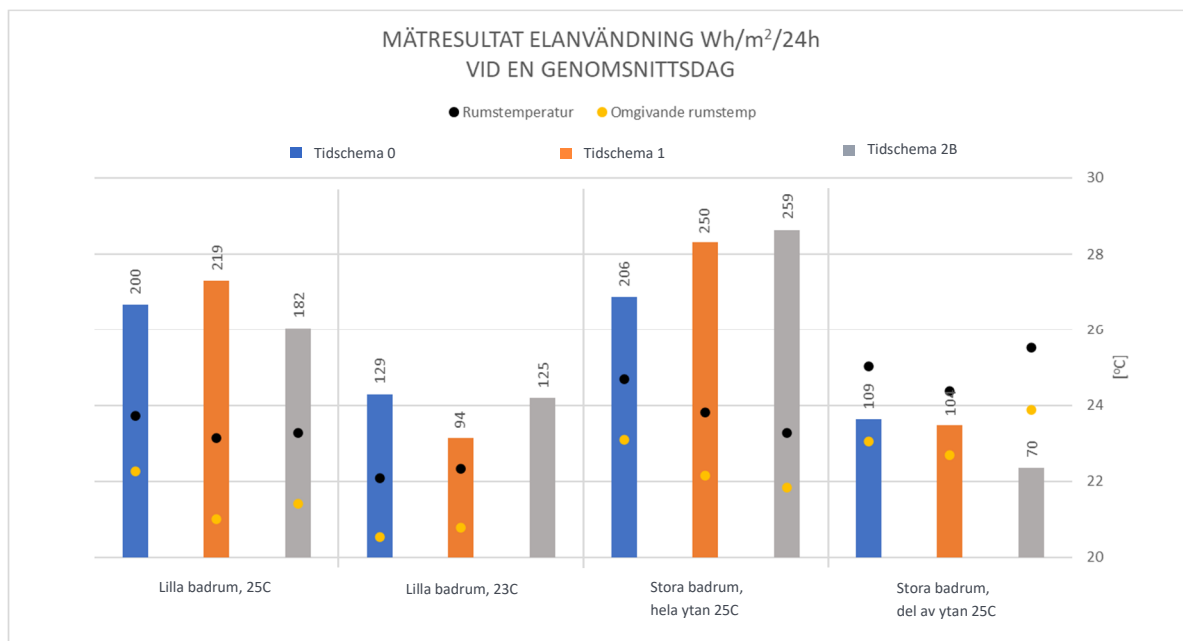
Inför testerna uppmanades de boende att hålla badrumsdörren stängd men badrumsdörrens position öppen/stängd loggades även via en WiFi-uppkopplad magnetkontakt. Loggningen skedde under angivna veckor för att observera avvikande beteenden som kan påverkat testerna.

Inför testerna mättes även frånluftsflödet i badrummen till 15 l/s i lilla badrummet och 15 l/s i stora badrummet. Vid mätningen noterades det att frånluftsdonen ej var låsta, därmed är det lätt att flödet justeras om någon rör donen.

## 3.3 Mätresultat

Resultatet av mätningarna bör tolkas som en jämförelse mellan testfallen snarare än som den allmängiltiga energianvändningen för respektive konstruktion och driftfall. På grund av kort drifttid och få badrum kan mätresultaten inte sägas vara tillräckligt representativ för att användas som grund för att definiera en normal användning av komfortgolvvärme. Men på grund av att testerna genomförs i relativt väl kontrollerade former ger dessa resultat en god indikation på vad effekten blir av olika åtgärder för att sänka energianvändningen.

I Figur 3-1 visas resultaten för en genomsnittsdag under testperioden. På grund av fel vid loggning saknas temperaturresultat för testfall Lilla badrum 23 °C under tidsschema 3. Samlat resultat över insamlad data presenteras i Bilaga 1 – Diagram.

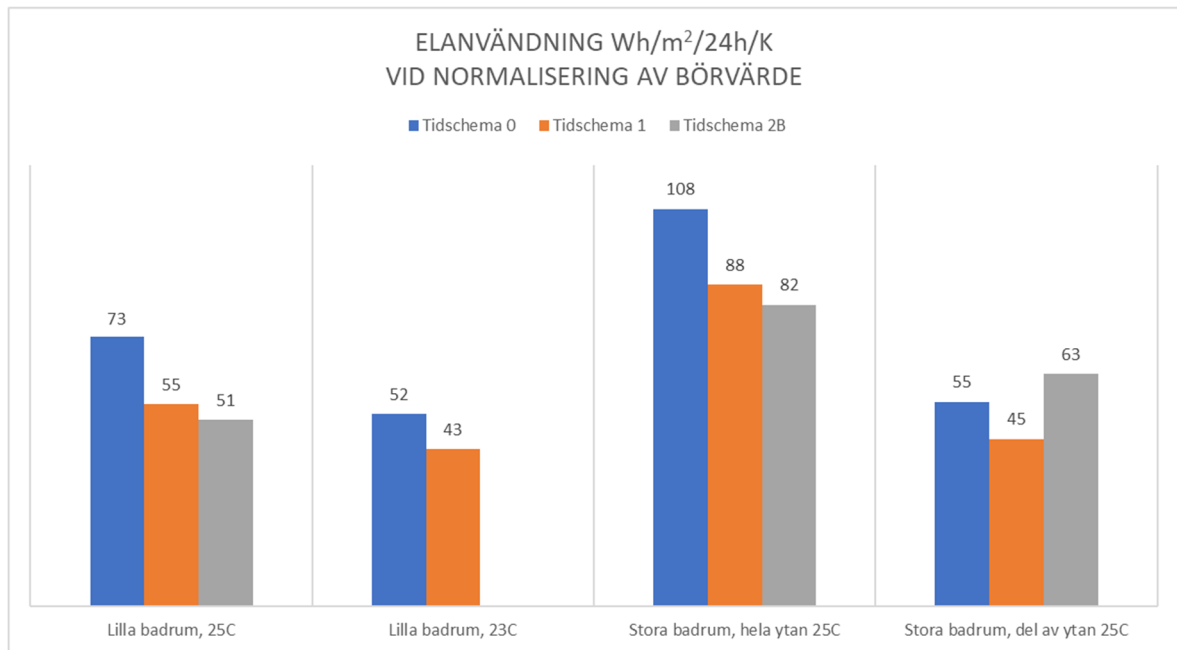


**Figur 3-2 Resultat för samtliga testfall**

I **Figur 3-2** syns att energiförbrukningen framförallt påverkas av ett lägre börvärde samt minskad uppvärmd yta. Det uppmärksammas även att mätresultaten inte följer trenden från simuleringsresultaten kring minskad energiförbrukning vid kortare driftstid (morgon och kvällspass) enligt TS1 och TS2B jämfört med TS0. Däremot syns det att energiförbrukningen i hög grad påverkas av den omgivande rumstemperaturen genom att energiförbrukningen stiger då den omgivande rumstemperaturen sjunker, se resultat för Lilla badrum 25 °C.

I denna studie visas att energianvändningen i hög grad påverkas av omgivande rumstemperatur men i lägre grad av utomhustemperatur. Detta är sannolikt beroende på att testerna genomfördes i en byggnad med lät stomme och med ett uppvärmt utrymme mellan badrummet med komfortgolvvärme och klimatskärmen som angränsar mot utetemperaturen.

För att erhålla ett resultat oberoende av den omgivande rumstemperaturen normaliseras genomsnittsenergin efter förhållandet mellan omgivande temperatur (uppmätt lufttemperatur i rummet utanför badrummet) och golvytans börvärde, se resultat i **Figur 3-3** nedan. Då elanvändningen normaliseras, är de inbördes skillnaderna i uppmätt elanvändning (mellan TS0, TS1 och TS2B) i princip liknande simuleringsresultaten.



**Figur 3-3 Resultat vid normalisering med golvytans börvärde**

Som nämnt ovan förtydligar Figur 3-3 att elanvändningen reduceras vid lägre golvtemperatur samt minskad uppvärmd yta. Genom att sänka golvtemperaturen med 2 °C sker en besparing om ca 20–30 % beroende på tidsschema. Att minska den uppvärmda ytan ger tillsammans med tidsstyrning en väsentlig reduktion av elanvändningen, knappt 50 %.

Att införa tidstyrning ger besparing i storleksordningen 15–30 % gentemot ett system med konstant drift. Den största procentuella besparingen sker i lilla badrummet där komfortgolvvärme med hög effekt per kvadratmeter är installerad. Däremot är det, som tidigare uppmärksammat, ingen större besparing med en kortare drifttid som mellan TS1 och TS2B.

Vid jämförelse av badrummen bör även osäkerheter i badrummens brukande tas i beaktning. Data om brukarbeteendet har inte samlats in med hänsyn till de boendes integritet. Därmed finns det osäkerheter kring badrummets användning och hur exempelvis brukandet av dusch och torktumlare påverkat resultaten. Däremot har i dessa tester de boende inte själva kunnat påverka inställning av termostat och därför inte kunnat kontrollera tidsschema eller börvärde.

Ett brukarbeteende, dörrens position, loggades dock under delar av testperioden. Genom dörrloggningen noterades att de boende följt uppmaningen att hålla badrumsdörren stängd. Dörren till lilla badrummet var stängd under större del av testperioden medan dörren till större badrummet var mestadels stängd med flera korta öppningar.

Utifrån ovanstående uppmärksammas att flera parametrar som inte kan påverkas av utformningen eller styrningen av själva komfortgolvvärmen inverkar på energianvändning. De opåverkbara parametrarna är relaterade både till brukarbeteenden, så som dörrposition och interna värmelaster, som till påverkan av den omgivande rumstemperaturen. Den omgivande rumstemperaturen påverkas i sig av brukarbeteenden kring vädring men även av byggnadens övergripande värmesystem.

I praktiken tillkommer även brukarbeteende gällande inställning av termostaten som kan ha stor inverkan på energianvändningen. Här finns dock möjlighet att, i alla fall i viss mån, kunna kontrollera brukarbeteende genom att implementera funktioner som maxbegränsning av



golvtemperatur, automatisk återgång till normalt börvärde och förregling av komfortgolvvärme mot till exempel utomhustemperatur.

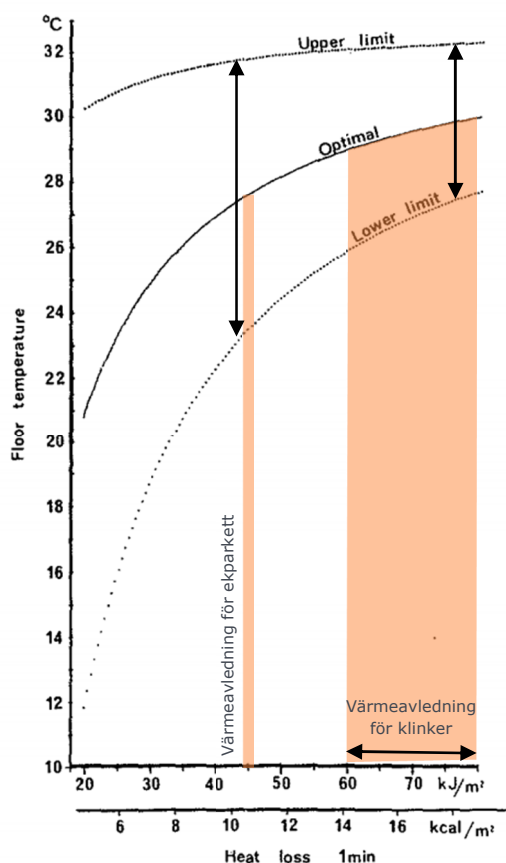
### 3.4 Testdagar med utvärdering av börvärden

För att studera komfortaspekten av komfortgolvvärmesystem anordnades två testdagar där två börvärden (golvtemperaturer) utvärderades genom ett blindtest. Med hänsyn till pågående pandemi begränsades antal deltagare och utvärderingen har därmed ej tillräckligt med statistiskt underlag. Därmed ger testdagarna ingen riktlinje för vilket börvärde komfortgolvvärmesystem bör använda men ger ett underlag för en diskussion kring upplevelsen av komfort.

I diskussioner med referensgrupp samt från tidigare studier kan två perspektiv på god fotkomfort av ett komfortgolvvärmesystem identifieras. Det första perspektivet är att god fotkomfort uppfylls när det uppvärmda golvet upplevs som behagligt varmt. Det andra perspektivet är att god fotkomfort uppfylls när den upplevda fotkomforten är likvärdig gentemot omgivande golvytor. Med andra ord att det uppvärmda golvet ej upplevs som kallare gentemot omgivande golvytor.

Badrumsgolvet i testlägenheten består överst av klinker som även generellt är det dominerande golvmaterialiet i badrum. Enligt Olesen [3] uppnås den optimala golvtemperaturen för klinkergolv vid 28–29 °C (förutsatt att klinkern har en värmeavledning mellan 60–80 kJ/m<sup>2</sup> enligt DIN 52614). Olesen visar även att ju högre värmeavledning materialet har desto smalare är temperaturspannet inom vilket PPD är inom 10% och ju högre golvtemperatur behövs för att uppnå en låg andel missnöjda. Enligt BBR allmänna råd kan yttemperaturen på golvet begränsas till högst 26 °C, därmed hämmar BBR-kravet att uppnå en god fotkomfort.

Golvet utanför badrummet i testlägenheten utgörs av lackad ekparkett. Ekparkett har en värmeavledning i storleksordning 45 kJ/m<sup>2</sup>. Men som påpekat ovan, temperaturspannet vilket ger ett PPD (fotkomfort) inom 10 % är avsevärt större än för de tyngre materialen som klinker, sten och betong.



Figur 3-4 Originalfigur från Olesen [3]. "Connection between measured heat loss from an artificial foot according to DIN 52614 and the optimal floor temperature (2% dissatisfied), together with the limits for the interval within which less than 10% are expected to be dissatisfied. Standing subjects with bare feet, 1-min, occupancy."

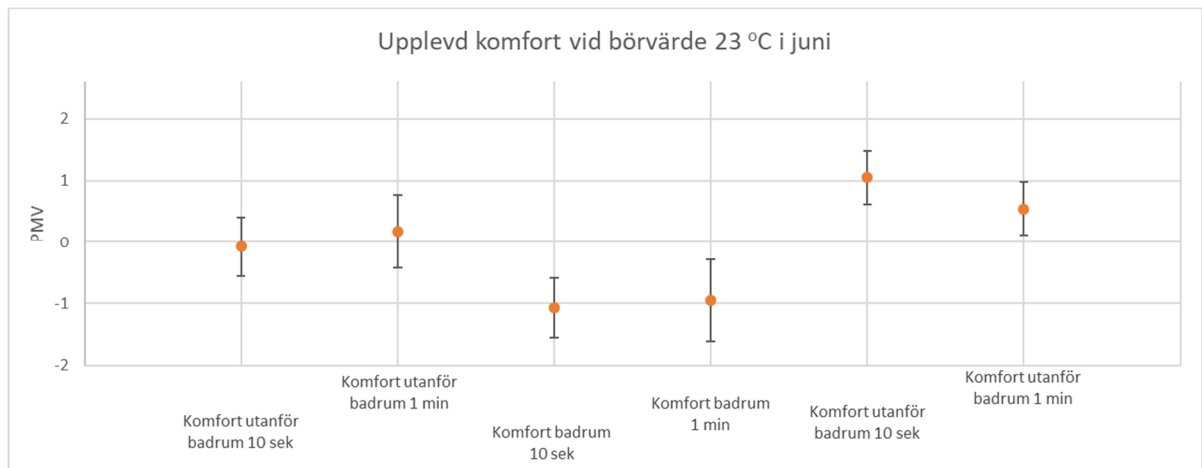
Utifrån ovanstående komfortperspektiv formades ett test för utvärdering av golvtemperatur enligt figuren nedan. Deltagarna tog steg från en neutral yta (handduk) till golvytan utanför det uppvärmda golvet (lackad ekparkett) vidare till det uppvärmda golvet (klinkergolvet i badrummet) och slutligen åter till golvytan utanför det uppvärmda golvet. Den upplevda komforten utvärderades direkt när fötterna placeras på en ny yta samt efter 1 minut på samma yta. Vid utvärderingen användes Fangers skala för att bedöma komfort enligt nedan:

- 2 – Obehagligt varmt
- 1 – Behagligt varmt
- 0 – Neutralt
- 1 – Behagligt kallt
- 2 – Obehagligt kallt

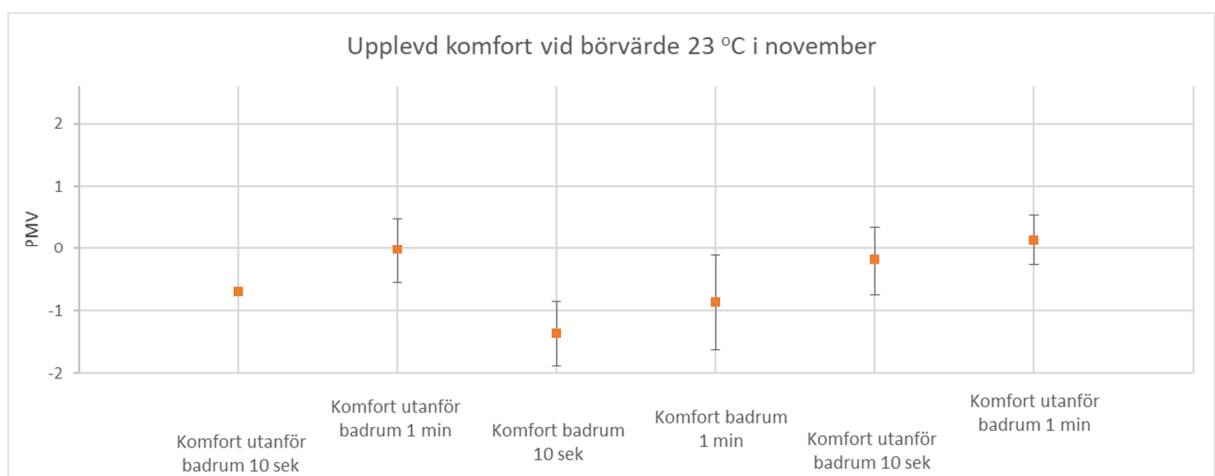
Under testdagen loggades även badrummets operativa temperatur, som var relativt konstant.



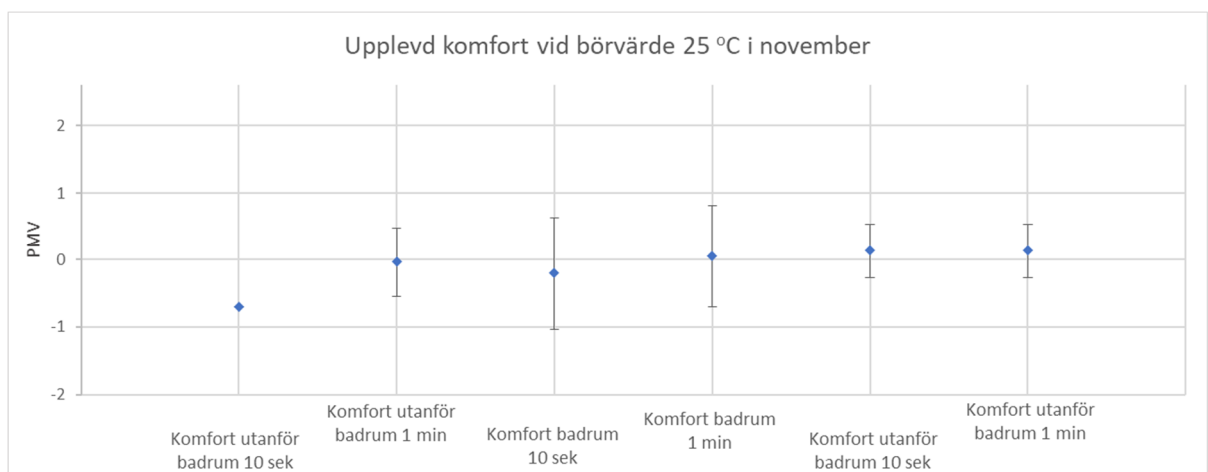
Figur 3-5 Testprocess för utvärdering av börvärde på komfortgolvvärme



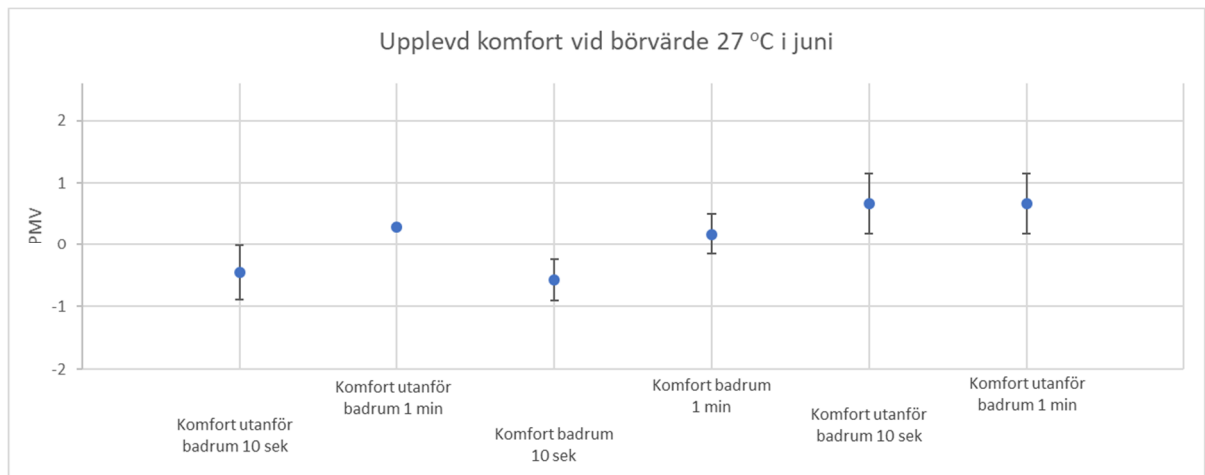
Figur 3-6 Upplevd komfort vid börvärde 23 °C i juni



Figur 3-7 Upplevd komfort vid börvärde 23 °C i november



Figur 3-8 Upplevd komfort vid börvärde 25 °C i november



**Figur 3-9 Upplevd komfort vid börvärde 27 °C i juni**

Resultaten redovisade i **Figur 3-6** till **Figur 3-9** är ett sammanlagt medelvärde från samtliga testpersoner, totalt 8 st, samt standardavvikelse.

**Figur 3-6** och **Figur 3-7** visar att vid börvärdet +23 °C upplevs golvytan i badrummet som kall och i relation till den omgivna golvytan upplevs även badrumsgolvet som kallare. I **Figur 3-8** då börvärdet är +25 °C (test i november) upplevs även golvytan i badrummet till viss del som kall men i relation till den omgivande golvytan är komfortupplevelsen relativt likvärdig.

Resultat från de två testdagarna indikerar att ett börvärde på +23 °C inte uppfyller något av perspektiven på fotkomfort med komfortgolvvärme. Det vill säga att golvet inte upplevs som behagligt och inte heller som likvärdigt i komfort som omgivande golvytor. Ett börvärde på +25 °C ger inte heller en upplevelse av behagligt varm fotkomfort på klinkeryta. Dessa resultat är även i linje med erfarenheter från produktleverantör.

## 4. ANALYS OCH DISKUSSION

Testfallen tolkas snarare som en jämförelse än som den allmängiltiga energianvändningen för respektive golvkonstruktion och driftsfall. Resultaten förutsätts även från lätta golvvärmesystem där både simulering- och mätresultat utgår från en lätt golvkonstruktion (klinker ovan avjämningsmassa och isolering). Som tidigare påpekats är bedömningen att motsvarande resultat kan förväntas även med tung stomme under förutsättning att komfortgolvvärmen isoleras bort från stommen.

Utifrån resultaten lokaliseras sex faktorer som påverkar energianvändningen för komfortgolvvärmesystem:

- Tidsstyrning
- Komfortgolvvärmens börvärde (golvtemperatur)
- Maxbegränsning av golvtemperatur
- Installerad effekt per kvadratmeter
- Area på uppvärmd yta
- Isolering

Dessa faktorer är de som kan påverkas eller styras av själva utformningen av komfortgolvvärmesystemet.

Tidsstyrning har även tidigare identifierats som en möjlighet för att ge besparingar i energi. Simuleringsresultatet visar att tidsstyrning kan reducera elanvändningen med ca 10–20 % gentemot ett komfortgolvvärmesystem utan isolering med konstant drift. Simuleringsresultatet visar även att en behovstyrning eller avancerade tidsstyrning är ej relevant vid tyngre golv med klinker. Om däremot systemet är avstängt under en längre period minskas energibehovet. Alltså visar denna studie att den typ av tidsstyrning som idag tillhandahålls med schemastyrning och avstängning nattetid är fullt tillräcklig. Mer avancerad behovstyrning med flertalet påslag per dygn bör inte förväntas ge några ytterligare besparingar. Däremot kan funktioner som automatiskt stänger av golvvärme vid längre tids frånvaro öka energieffektiviteten.

Tidsstyrning med morgon och kvällspass kan ge besparingar i storleksordningen 10 – 20 % jämfört med ett system med enbart nattavstängning. Men som de praktiska testerna visade påverkas den faktiska energianvändningen av många andra parametrar vilket gör det svårt att översätta detta till en faktisk förväntad elanvändning för en lägenhet eller fastighet. Utifrån denna studies förutsättningar visar det sammanvägda resultatet från simuleringar och mätningar att en kombination med ett isolerat system med tidsstyrning kan ge en besparing i storleksordningen 15–30 %.

Komfortgolvvärmens börvärde har en avsevärd påverkan på energianvändningen. Detta är ett högst förväntat resultat och har tydligt visats i tidigare genomförda SBUF-projekt. Som nämnt tidigare är den optimala golvtemperaturen för klinkergolv +28–29 °C enligt Olsen. Genomförda tester av fotkomfort i detta projekt, samt branschfarenheter pekar också i samma riktning; det vill säga att för att komfortgolvvärme ska uppfylla sin avsedda funktion, en god fotkomfort, bör golvtemperaturen inte vara lägre än +25 °C.

Detta visar på en utmaning för användandet av komfortgolvvärme och hur detta ska ställas i relation till mål om hållbara bostäder med låg energianvändning. Komfortgolvvärme är per definition ett system som ökar energianvändningen för en bostad och den höjda boendekvaliteten som systemet ger behöver ställas i relation till kraven på hållbarhet och klimatpåverkan.

Maxbegränsning av golvtemperatur är en nyckelfaktor för att skapa energieffektiva system för komfortgolvvärme. Detta kan även ställas i relation till BBR allmänna råd om att högst tillåta +26 °C på en golvyta. Utan maxbegränsning kan den faktiska energianvändningen bli mycket hög. Ett sätt att hantera detta är att begränsa den installerade effekten per kvadratmeter. Men som denna studie visar så leder inte en sådan begränsning i sig till sänkt energianvändning, så länge det inte samtidigt finns en maxbegränsning i golvtemperatur.

En högre installerad effekt per kvadratmeter ger kortare ramptider och därmed lägre energiförluster under dessa perioder. Därför kan en högre effekt ge något lägre energianvändning, under förutsättning att temperaturstyrningen i övrigt fungerar korrekt.

Från både simulering- och mätresultat erhålls att en minskning av den uppvärmda ytan ger en reducering av energibehovet. Detta är en mycket effektiv åtgärd som även är mindre känslig för parametrar som brukarbeteende, omgivande rums lufttemperatur osv. Dock bör det observeras att det relativa värmebehovet är mindre än reduktionen av den uppvärmda ytan eftersom värmebalansen i badrummet samtidigt påverkas. Att minska den uppvärmda ytan kan ses som en passiv design eftersom begränsningen byggs in i golvkonstruktionen som inte är påverkingsbar utan en ombyggnation. Eftersom att minska den uppvärmda ytan har en så stor effekt på elanvändningen anser denna studie att besparingen kompenserar för en annars begränsande passiv design.

Men även med hänsyn till påverkan av badrummets värmebalans så är en reduktion av den uppvärmda golvytan den enskilt mest effektiva åtgärden som kan vidtas för att energieffektivisera komfortgolvvärmesystem. Hur stor besparing som fås med att begränsa den uppvärmda ytan är självklart beroende av hur stor del av badrummet som förses med komfortgolvvärme. Men en stor fördel med denna åtgärd är att med god planering kan den införas utan någon negativ inverkan på den upplevda komforten. Så länge de ytor brukaren normalt beträder är uppvärmda uppfylls komfortkravet.

I simuleringsresultatet uppmärksammas hur den termiska massan i bjälklaget påverkar hur långsamt temperaturen i golvet sjunker vid förändring av effektutlösningen. Med en isolering under värmeslingorna begränsas påverkan från bjälklagets termiska massa. Med ett relativt tunt isoleringsskikt under värmeslingorna kan elanvändningen reduceras med ca 5 %.

Utöver ovanstående faktorer påverkas även komfortgolvvärmesystemet energianvändning utav parametrar som inte kan påverkas av själva komfortgolvvärmesystemet. Från mätresultaten och simuleringar uppmärksammades att systemet är speciellt känsligt mot den omgivande rumstemperaturen, som i vissa fall kan påverka energianvändningen mer än tidsstyrningen. Den omgivande rumstemperaturen påverkas både av byggnadens generella värmesystem samt av brukarbeteendet så som vädring av boendet. Även badrumsdörrens position påverkar energianvändningen för komfortgolvvärmen. En öppen dörr möjliggör troligen ett luftutbyte med övriga lägenhet, vilket påverkar värmebalansen och temperaturen i badrummet. En sänkt temperatur i badrummet (vid öppen dörr) ökar energibehovet då värmebalansen på den reglerade golvytan rubbas.

Komfortgolvvärmesystemet påverkas även av brukarens hantering av termostaten. Denna aspekt har ej utretts i detta projekt men diskuterats utefter simulering- och mätresultat. Exempelvis kan vissa brukare välja att maximera börvärdet på termostaten medan andra väljer att begränsa med en eventuell styrfunktion. För att styra brukarens beteende är det fördelaktigt med en begränsning av maximal golvtemperatur samt ha en återställningsfunktion av eventuell brukarreglering.

## 5. SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

Utgångspunkten för den här studien var att erhålla mer kunskap om den faktiska elanvändningen för komfortgolvvärme samt hur den kan optimeras. Studien ville med praktiska tester utvärdera olika tekniska lösningar för att bidra till utvecklingen av energieffektiva komfortgolvvärmesystem. Efter simuleringar och praktiska tester uppmärksammas att komfortgolvvärmesystemets energianvändning i hög grad påverkas av parametrar som ligger utanför komfortgolvvärmens kontroll, så som brukarbeteenden och byggnadens värmesystem. Trots detta anser studien att det är möjligt att minska energianvändningen för komfortgolvvärmesystem och har identifierat fyra rekommendationer som kan bidra till att öka energieffektiviteten för komfortgolvvärme.

- Isolera komfortgolvvärmesystemet
- Begränsa den uppvärmda ytan
- Använd tidsstyrning
- Inkludera maxbegränsning för golvtemperatur

För att bygga ett energieffektivt system bör golvvärmesystemet byggas så det blir ett lätt golvvärmesystem, ett lättare golvvärmesystem är fördelaktigt vid ett tidstyrt system. Ett lätt golvvärmesystem utförs med en liten isolering begränsad från byggnadsstommen.

Studien rekommenderar även att begränsa den uppvärmda ytan på komfortgolvvärmesystemet. Att begränsa ytan ger direkt effekt på energibehovet. Detta är den mest effektiva åtgärden och som i tillägg är minst känslig för parametrar som brukarbeteende.

Vidare rekommenderas även att tidsstyra komfortgolvvärmen där tidsstyrningen ej bör vara för avancerad, utan en enklare Dag/Natt-styrning alternativt Morgon/Kväll-styrning är fullt tillräcklig. Avancerad behovsstyrning ska inte förväntas ge sänkt energianvändning för klinkergolv. Däremot kan funktioner med automatisk avstängning av komfortgolvvärme efter säsong eller vid längre frånvaro vara positiv för att sänka energianvändningen.

Vidare rekommenderar studien att begränsa max golvtemperatur på komfortgolvvärmesystemet. Med en korrekt fungerande styrning och maxbegränsning ger inte en sänkt installerad effekt per kvadratmeter någon besparing i energi. Tvärtom kan en högre installerad effekt per kvadratmeter ge något sänkt energianvändning genom att minska värmeförluster under ramptiden. Maxbegränsning av golvtemperatur är en viktig faktor för att begränsa energianvändningen men kan hamna i konflikt med de boendes förväntningar på hur systemet ska fungera.

Just komfortperspektivet och den boendes upplevelse av komfortgolvvärmesystem är en intressant aspekt. Att sänka komfortgolvvärmens börvärde sänker energianvändningen men hamnar i konflikt med systemets tänkta funktion – en god fotkomfort. Klinker är i dagsläget det dominerande golvmaterial och detta material kräver en hög temperatur (28 – 29 °C) för optimal fotkomfort. Här finns en fråga om förväntan och social acceptans hos brukaren av systemet. Denna studie anser att ett sänkt börvärde (under +25 °C) är inte kompatibelt med den avsedda funktionen hos komfortgolvvärme så vida brukaren inte själv efterfrågar en lägre golvtemperatur. Med andra ord bör komfortgolvvärmesystem klara av att leverera 25 – 26 °C men för att erbjuda ett energieffektivt system innehålla en maxbegränsning så angivna temperaturer inte överskrids.

Det finns golvmaterial som tillåter en lägre golvtemperatur för optimal fotkomfort. Utifrån detta pekar studien på att det inte är rätt väg att minska energianvändningen genom att sänka golvtemperaturen samt att det vore önskvärt med en vidare utredning gällande komfortperspektivet hos komfortgolvvärmesystem.

För att underlätta för brukaren att göra energieffektiva val gällande sin komfortgolvvärms drift rekommenderas att termostaten innehåller en användarvänlig styrfunktion med ovanstående rekommendationer. Genom styrfunktionen bör en enklare tidsstyrning och maxbegräsning av golvtemperatur aktiveras utan att god fotkomfort hämmas.

Sammanvägt visar studien att vid användning av tidsstyrning med ett isolerat komfortgolvvärmsystem kan energianvändningen reduceras med 15–30 %. I kombination med en reduktion av den uppvärmda golvytan med ca 50 % kan energianvändningen ytterligare reduceras med ca 30–50 %. Det bör dock observeras att energibesparingen är i jämförelse med studiens simulerade referens – ett oisolerat komfortgolvvärmsystem med konstant drift.

Frågan om komfortgolvvärme och hur energin från detta system kommer byggnaden tillgodo och hur den ska tas hänsyn till vid energiberäkningar och projektering är komplex. Den faktiska energianvändningen är beroende av flera både påverkningsbara och icke påverkningsbara parametrar så som börvärde på golv, omgivande temperaturer, luftflöde och brukarbeteende. Slutsatserna från denna studie blir att de identifierade tekniska lösningarna som rekommenderas här kommer bidra till att minska energibehovet för komfortgolvvärme men att den faktiska energianvändningen beror på respektive byggnads förutsättningar samt brukarbeteende. För att översätta studiens resultat till en schablon krävs vidare studier kring verkligt brukande. Vidare vill studien även belysa frågan om när komfortgolvvärmsystemet uppfyller sin funktion och vikten av att ha med sig komfortperspektivet.



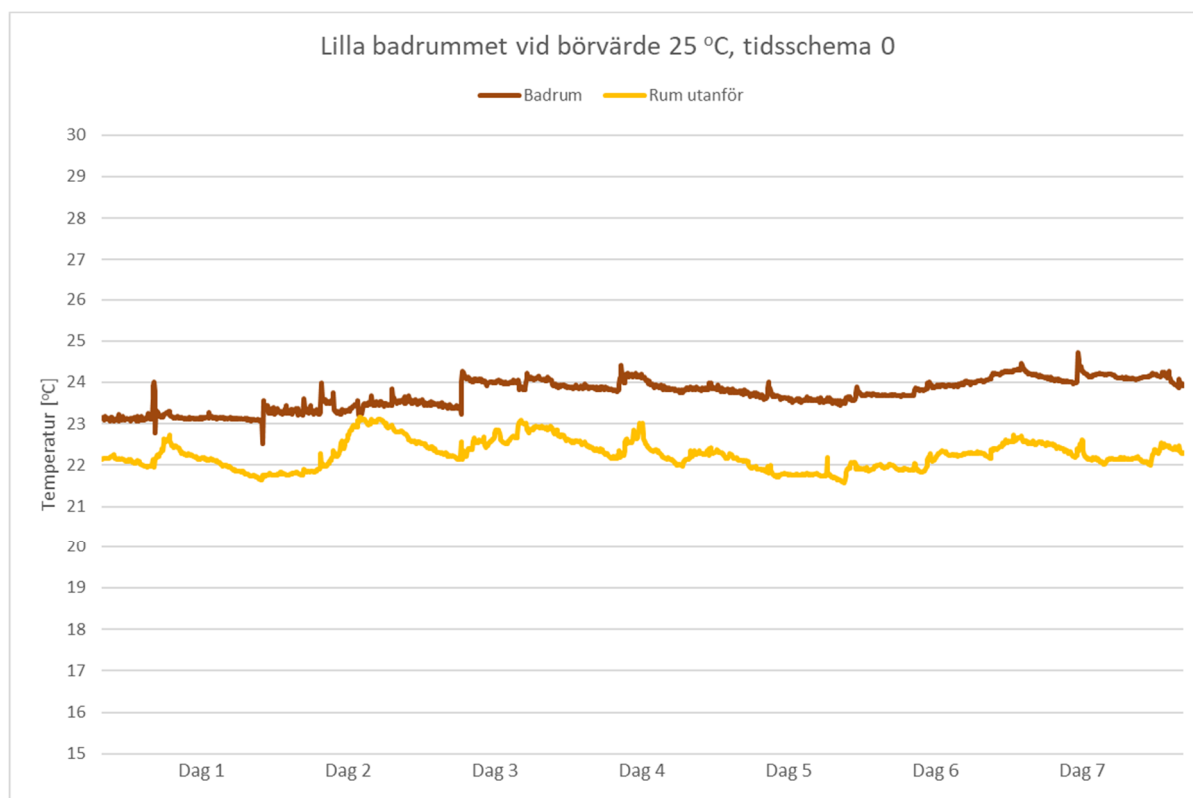
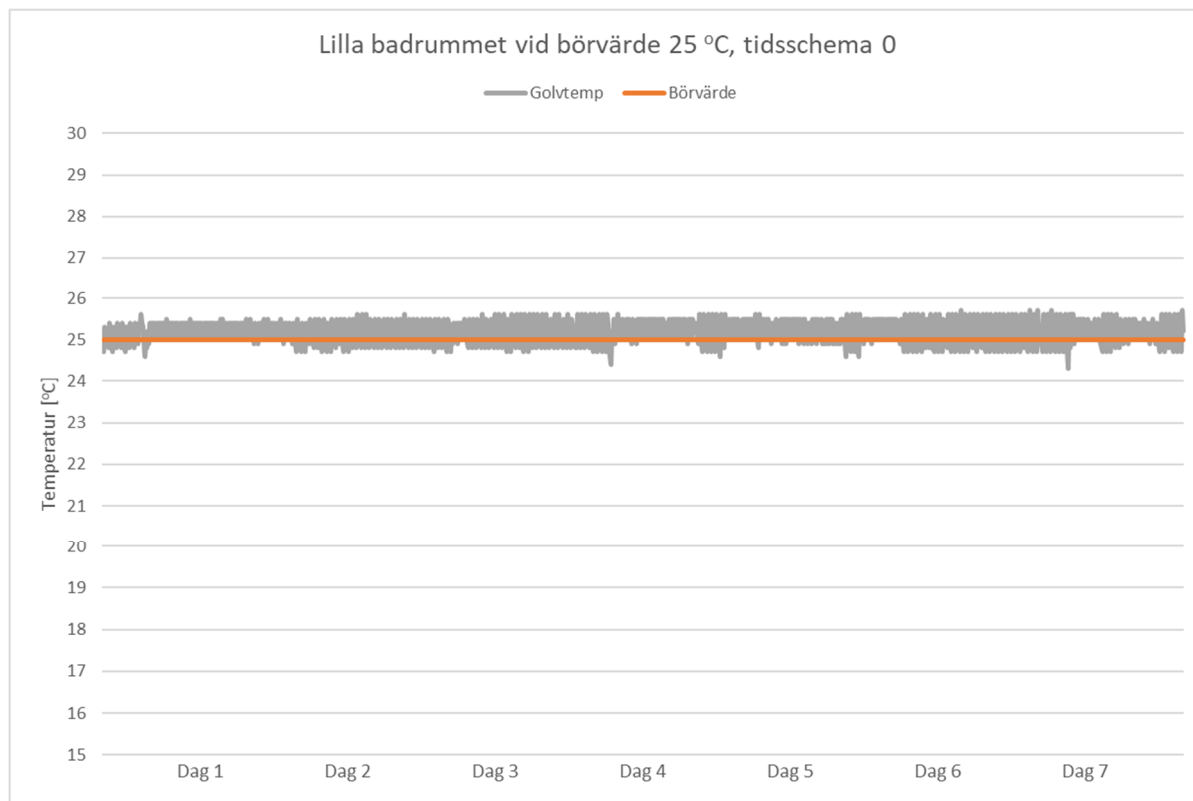
## 6. REFERENSER

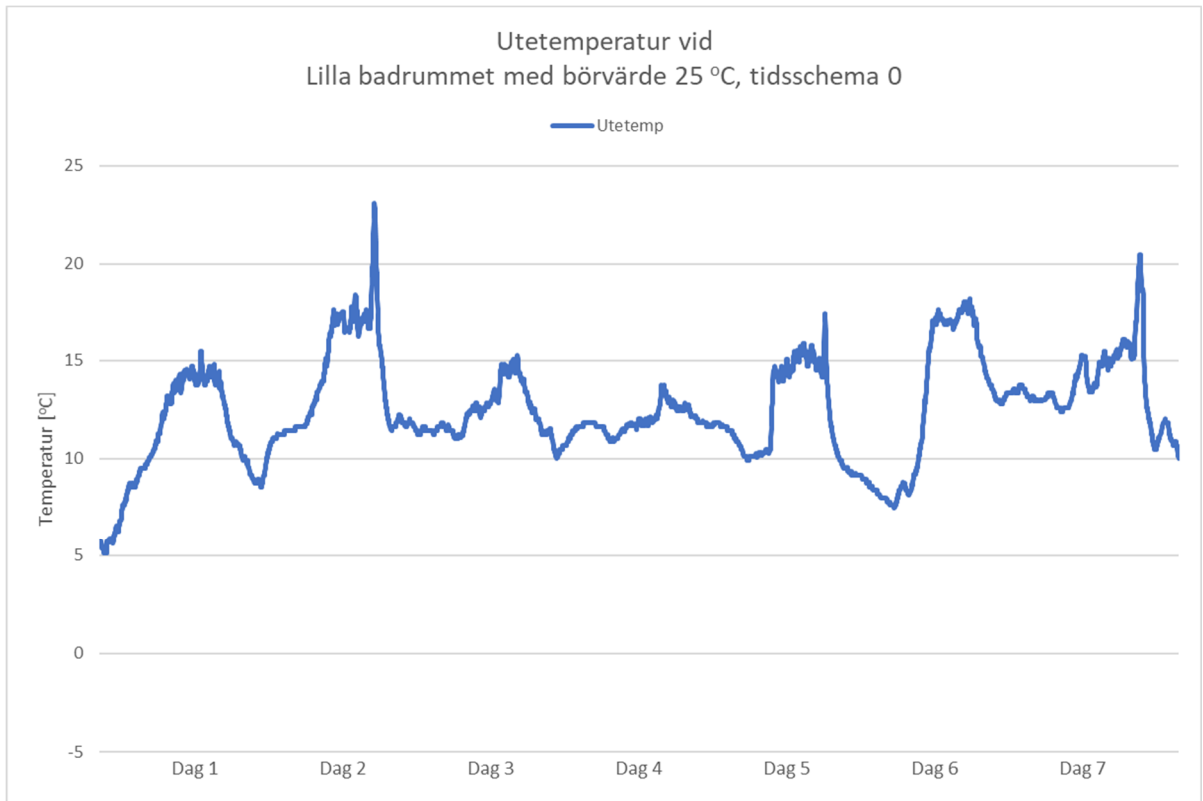
1. Berggren, B. and Westin, R., Komfortgolvvärme i flerbostadshus – Olika tekniska lösningar och beräkningsmetodikens påverkan på energiprestanda, 2016, SBUF ID:13208
2. HSB Living Lab. (2020) What's HSB Living Lab. <https://www.hsb.se/hsblivinglab/Om/> [Accessed 2020]
3. Olesen, B., Thermal comfort requirements for floors occupied by people with bare feet, 1977

## BILAGOR

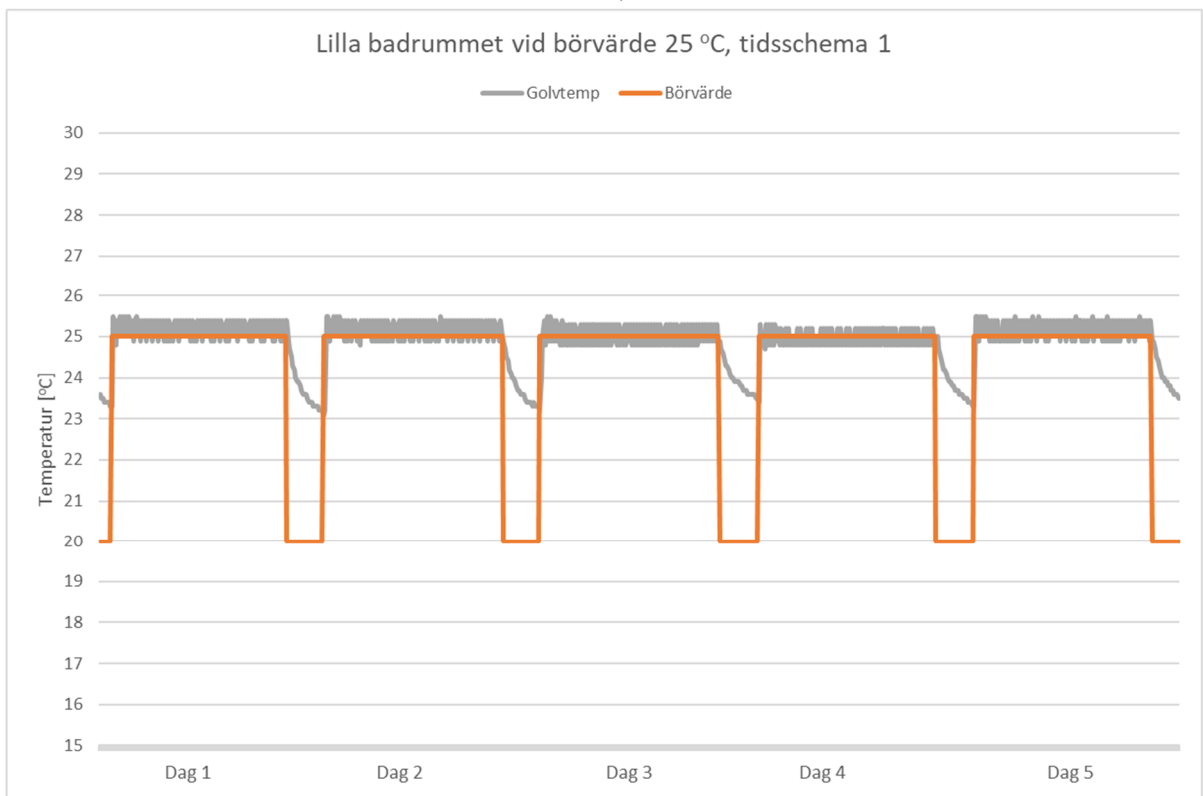
# BILAGA 1 – DIAGRAM

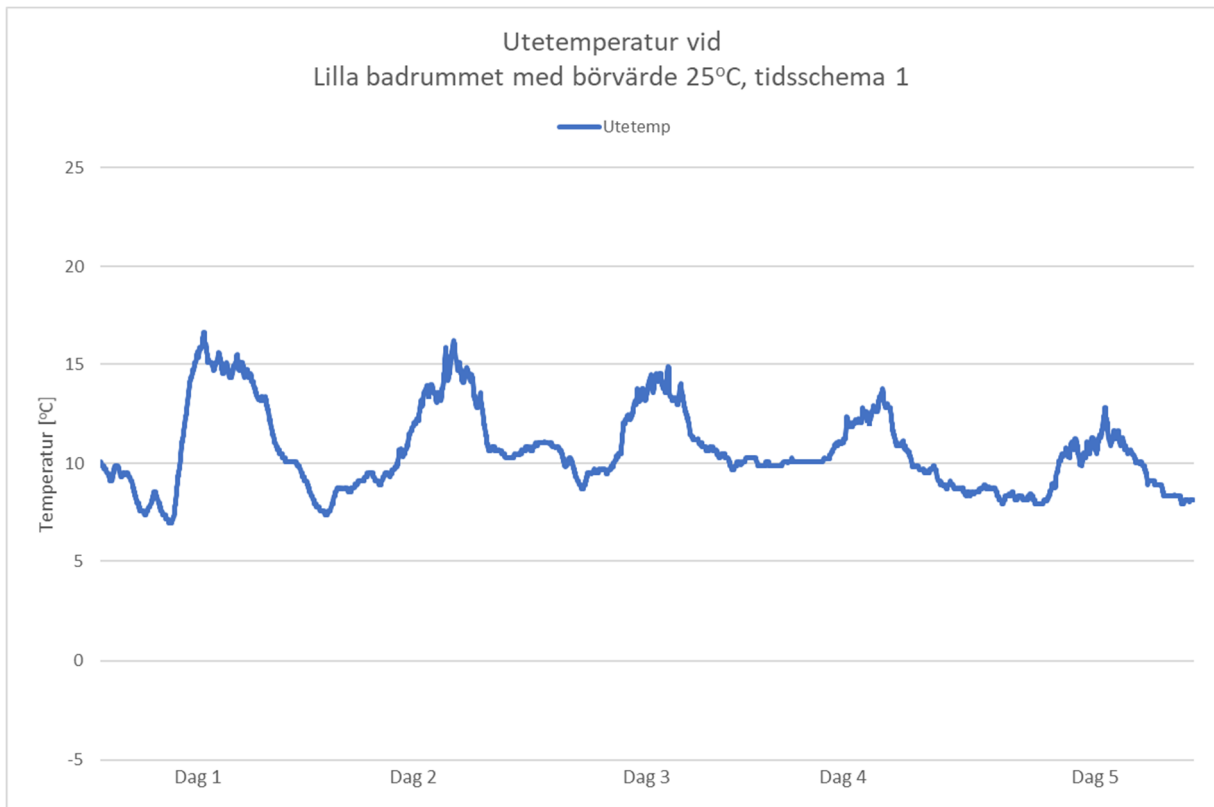
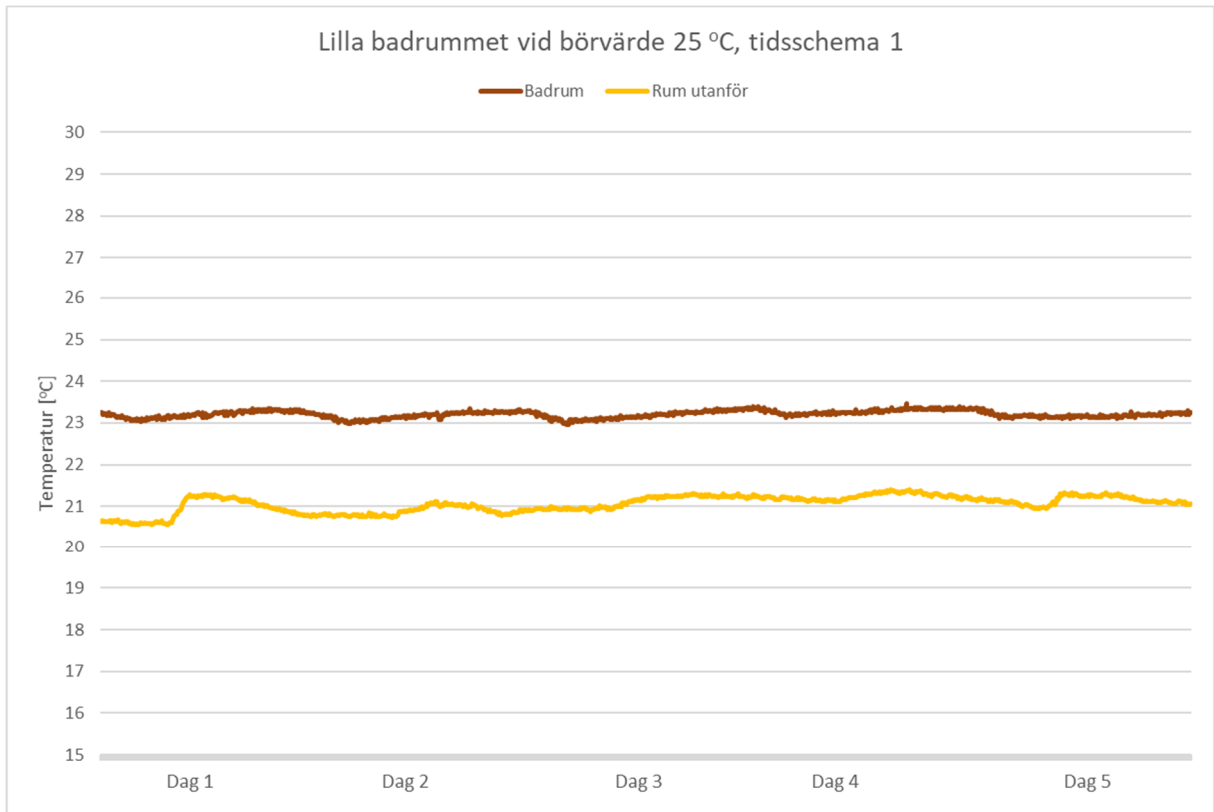
## Lilla badrummet vid börvärde 25°C, tidsschema 0



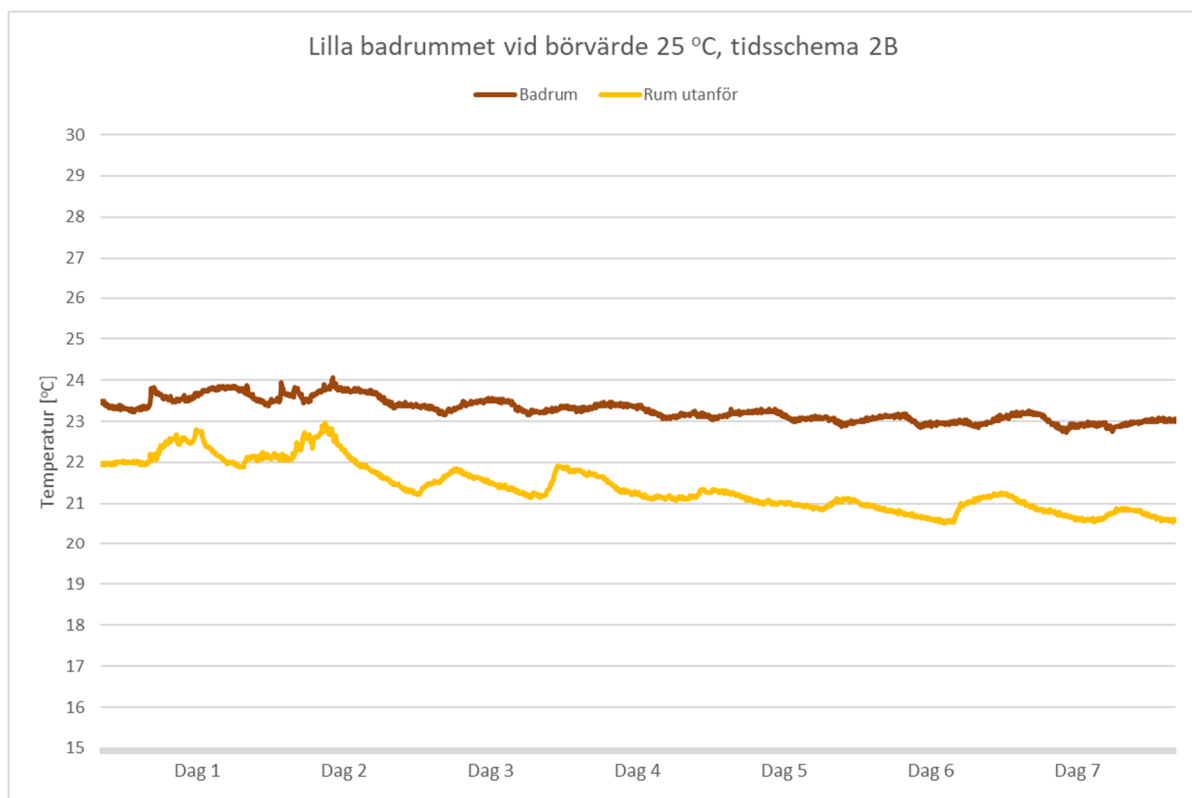
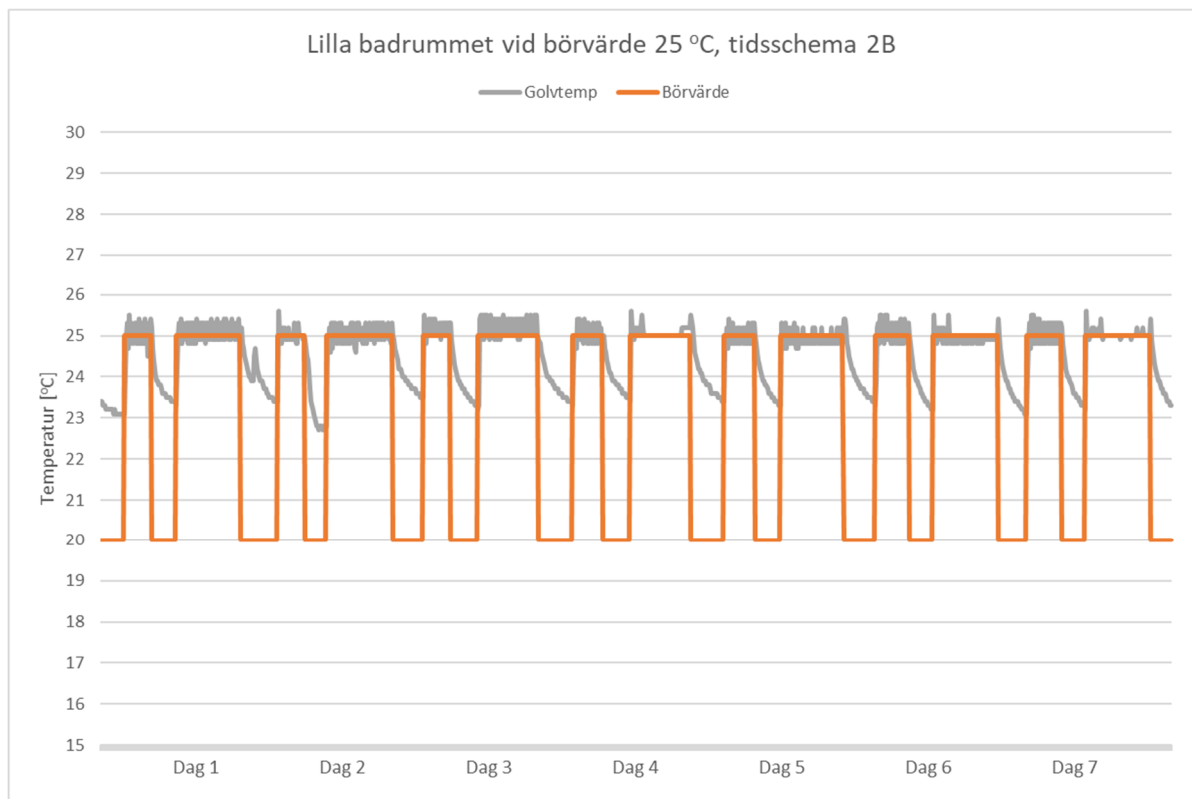


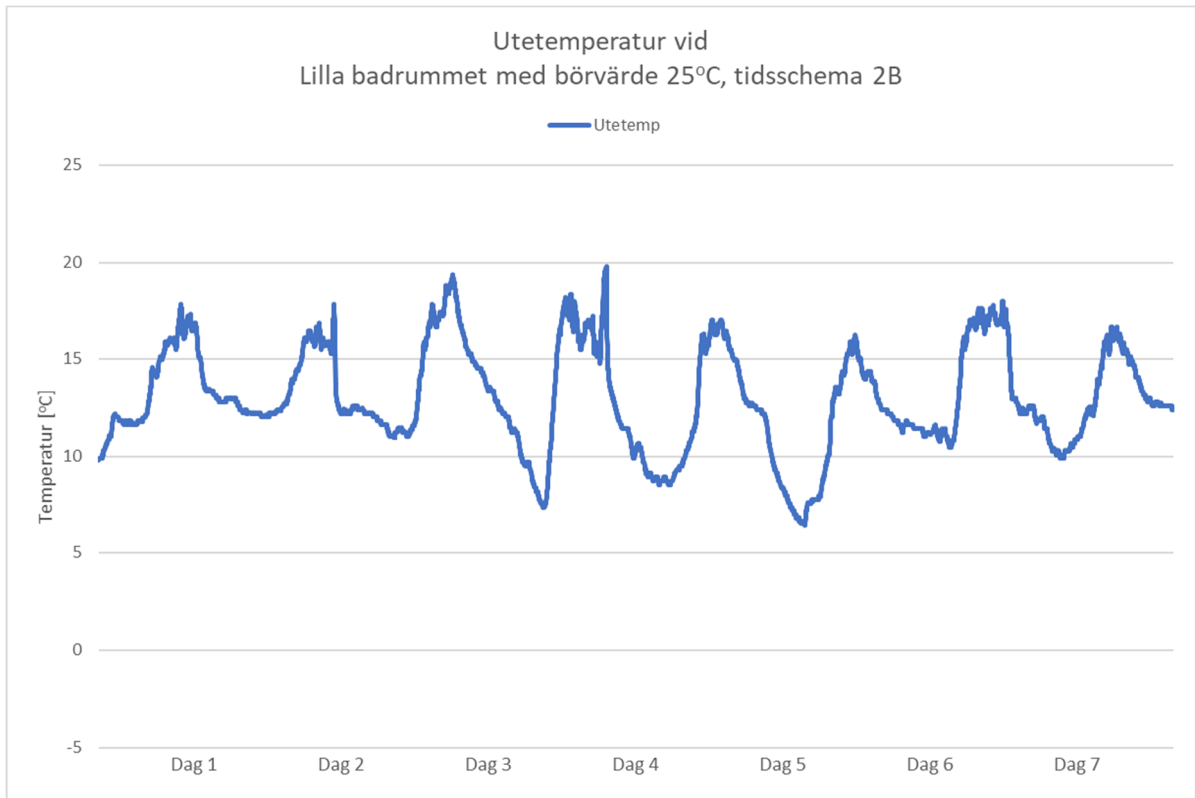
### Lilla badrummet vid börvärde 25°C, tidsschema 1



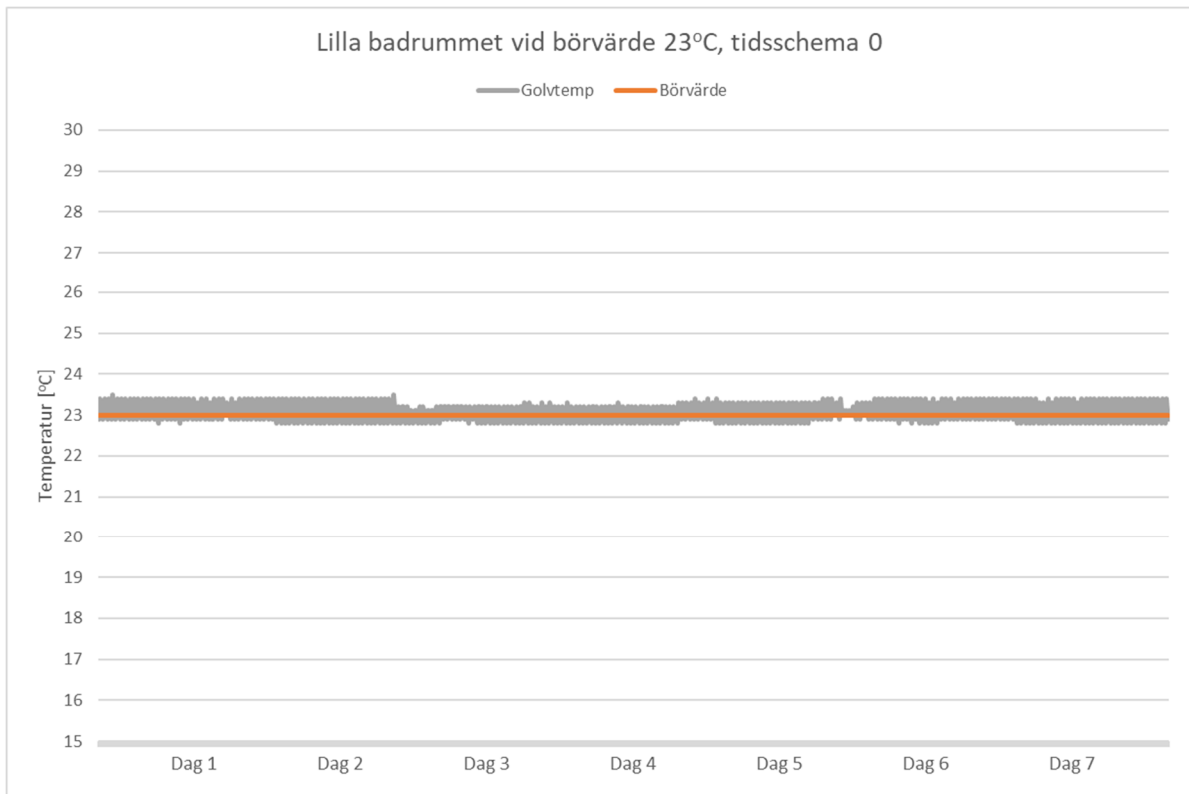


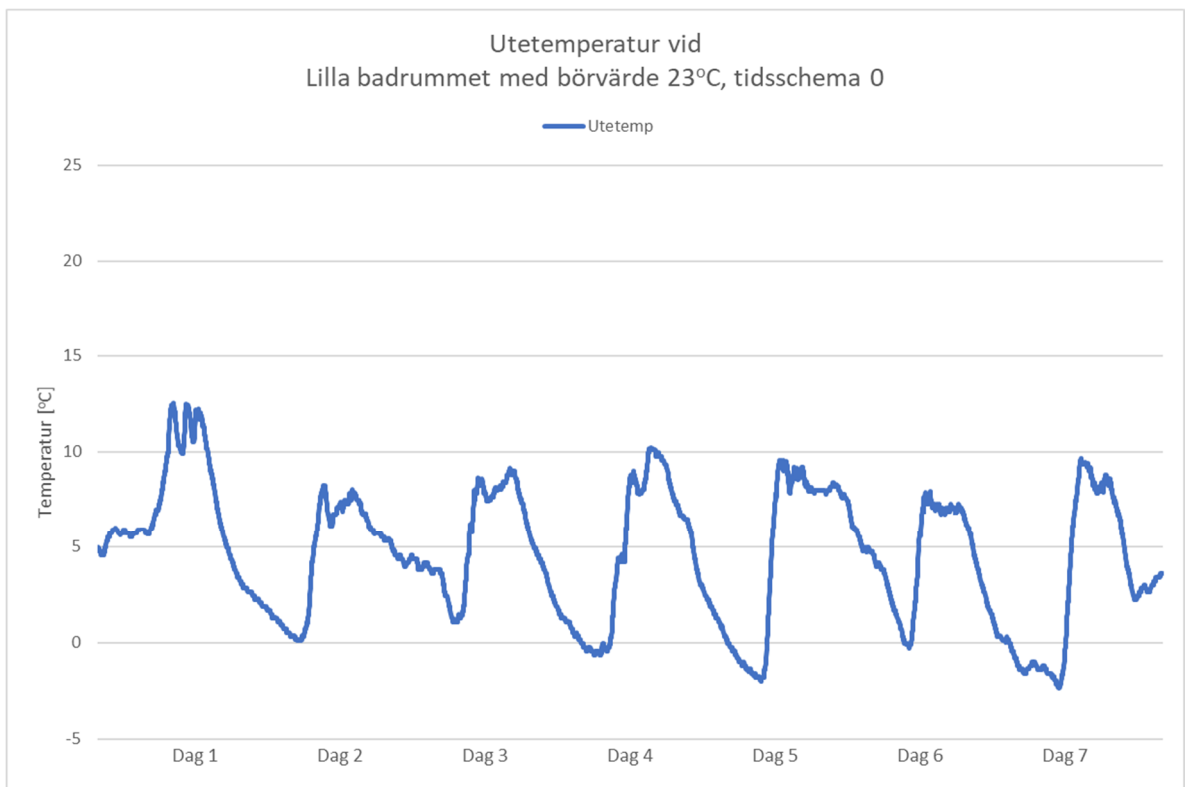
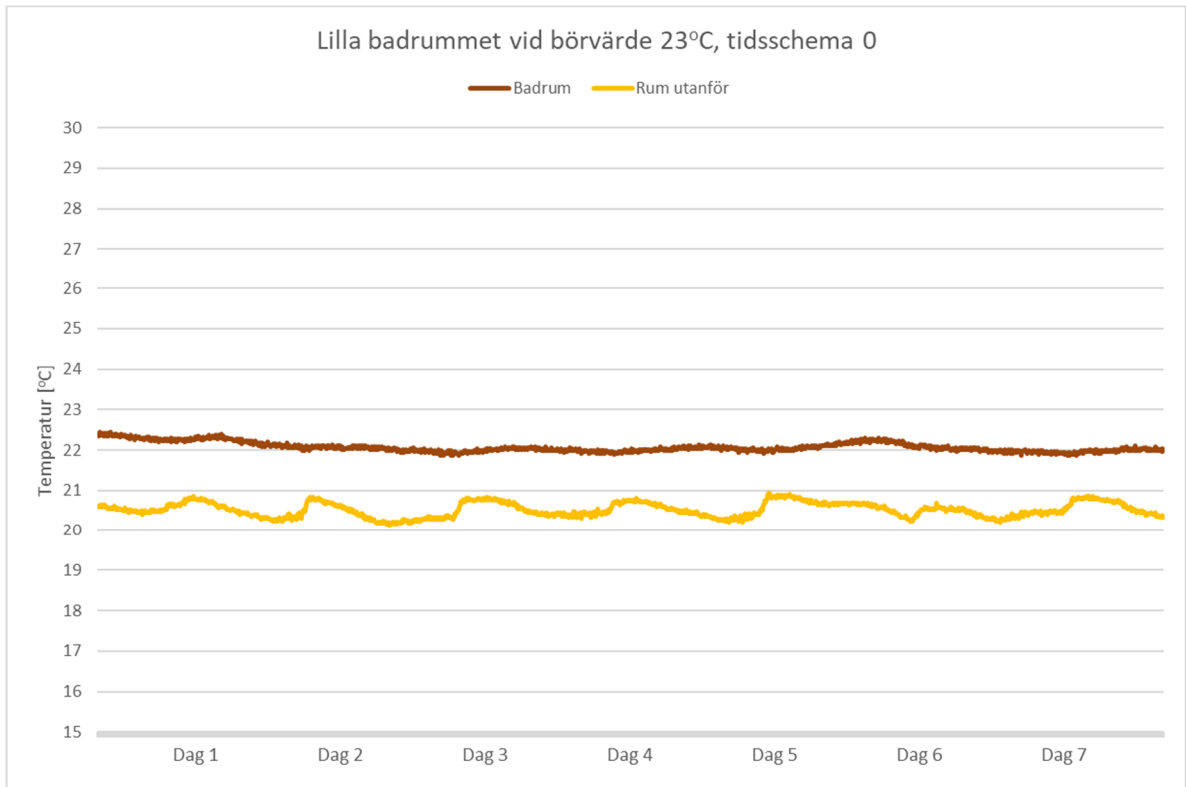
## Lilla badrummet vid börvärde 25°C, tidsschema 2B





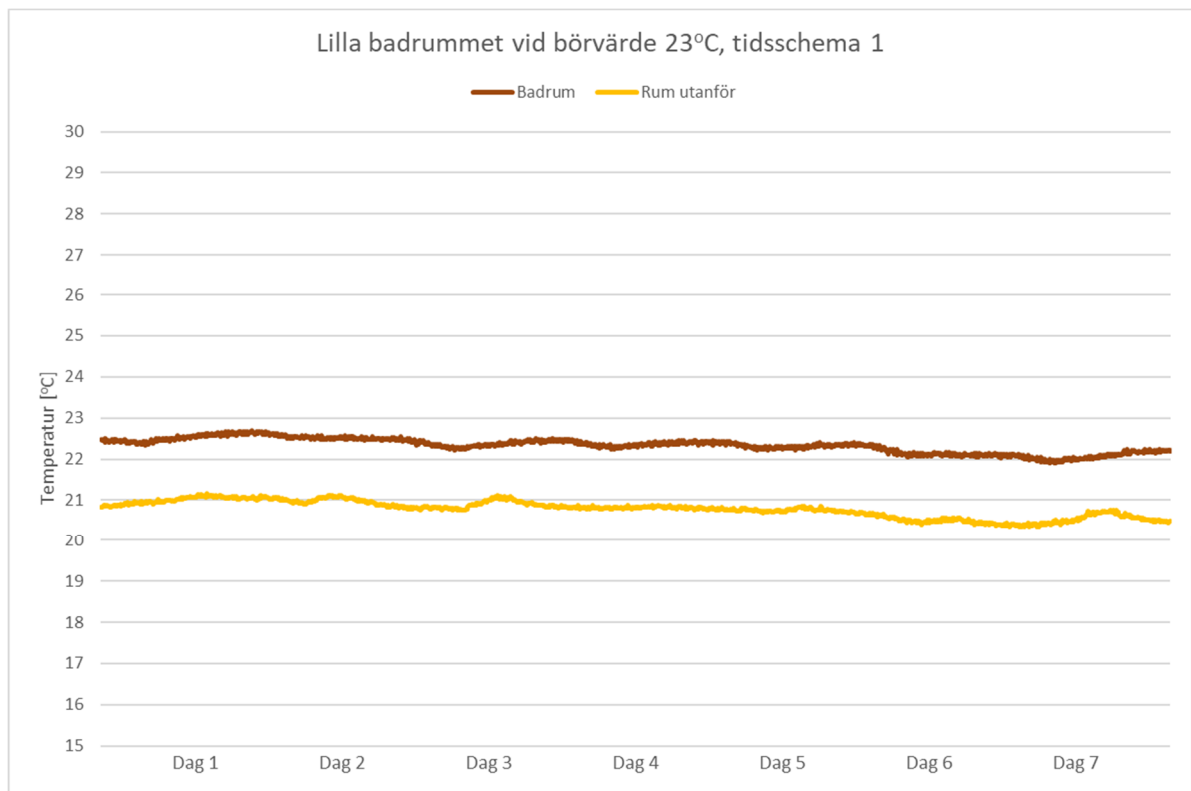
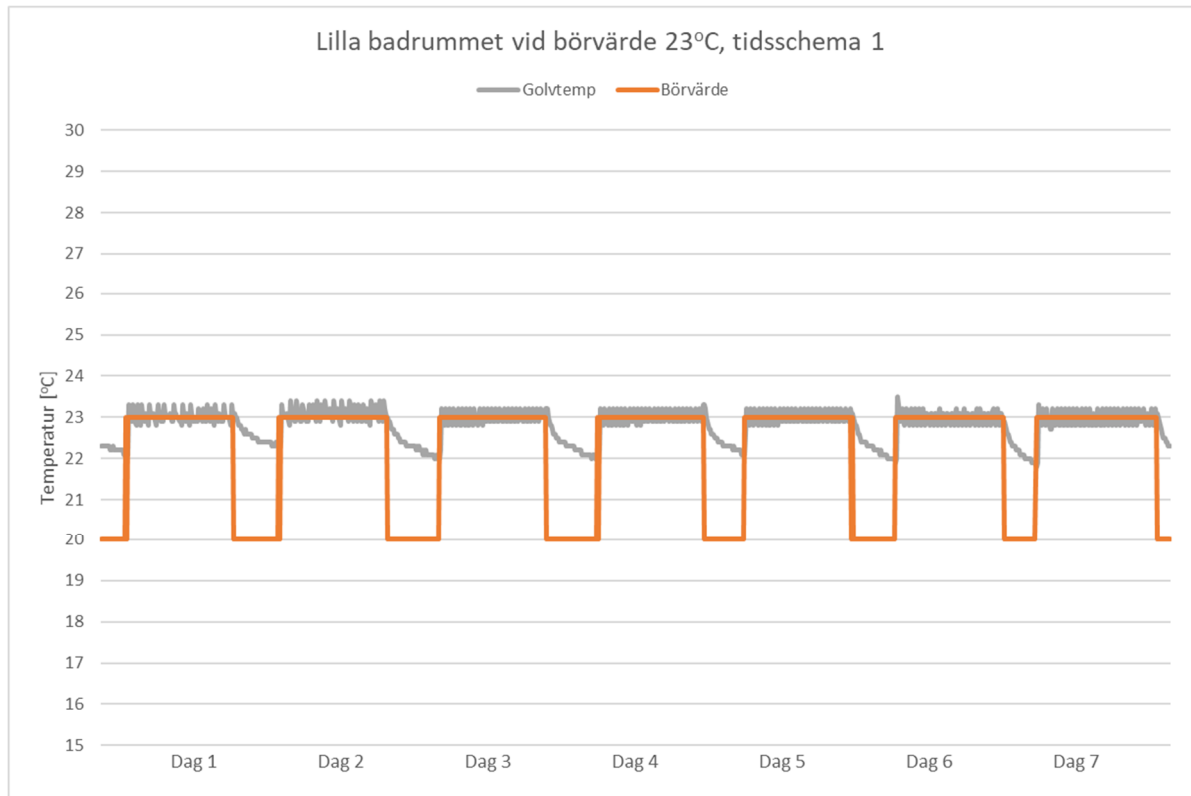
### Lilla badrummet vid börvärde 23°C, tidsschema 0

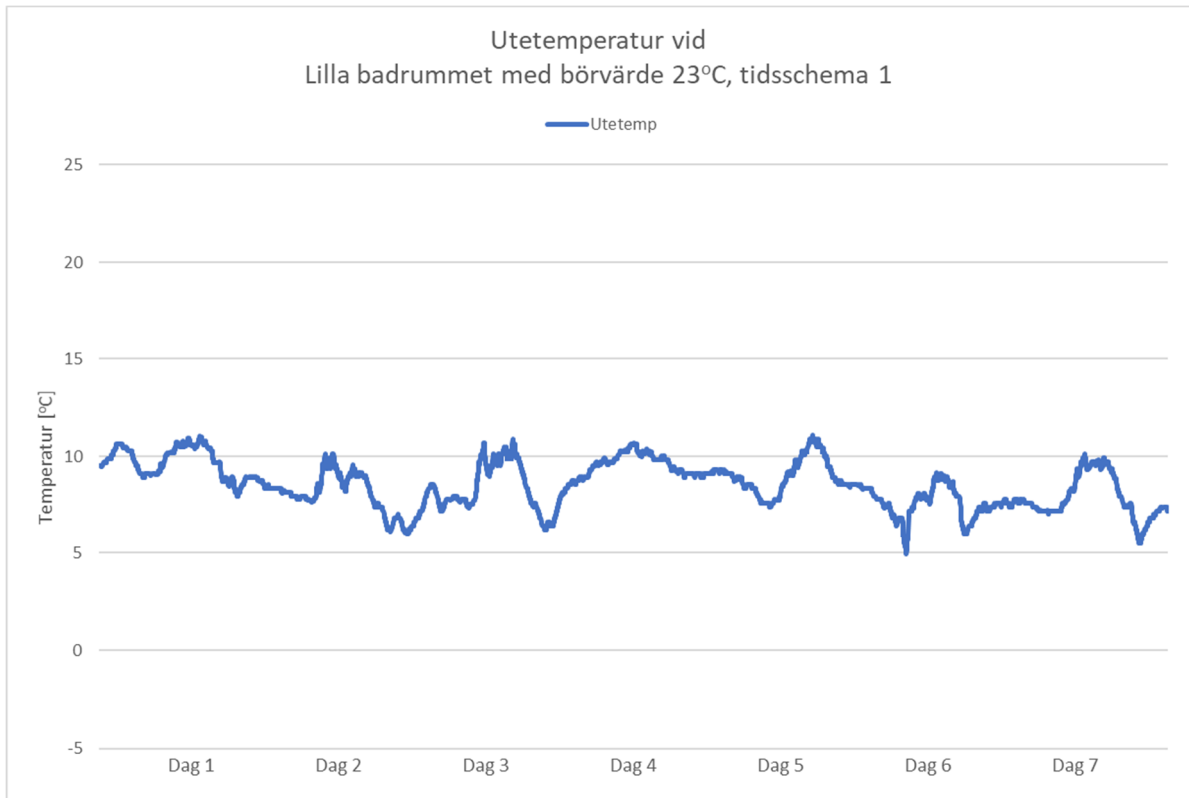




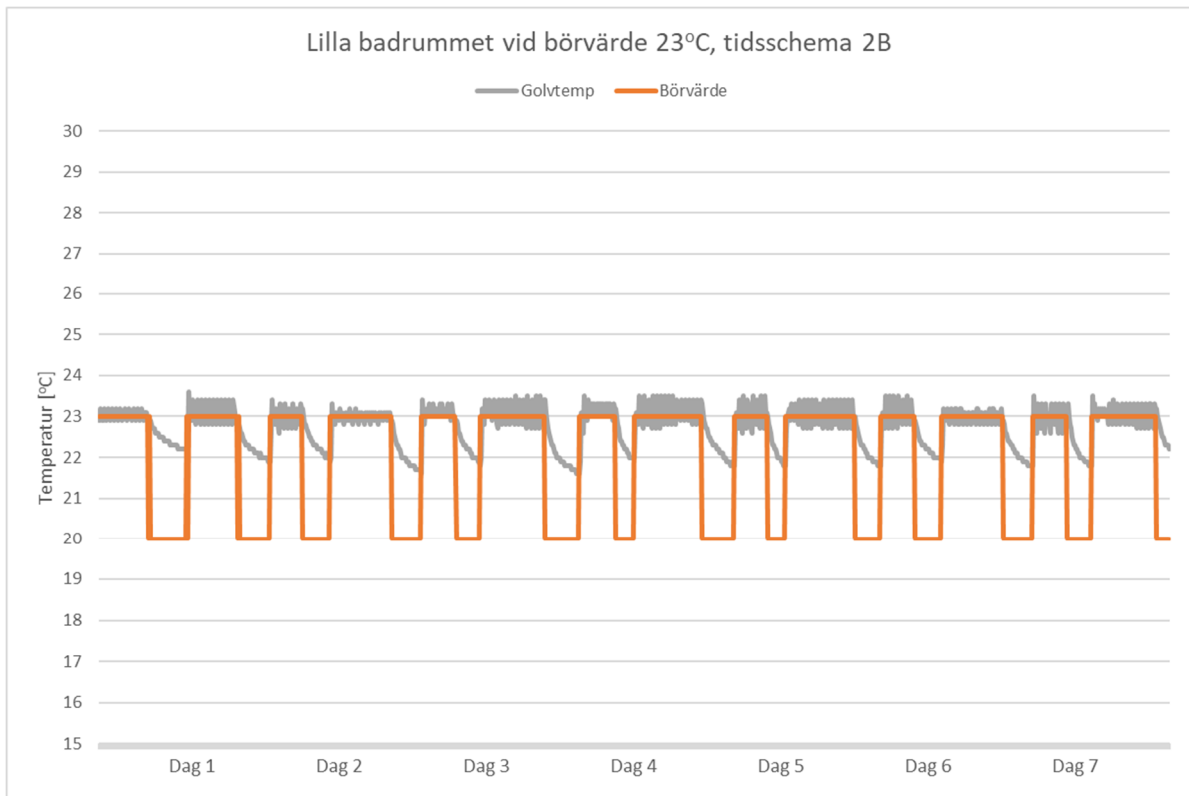


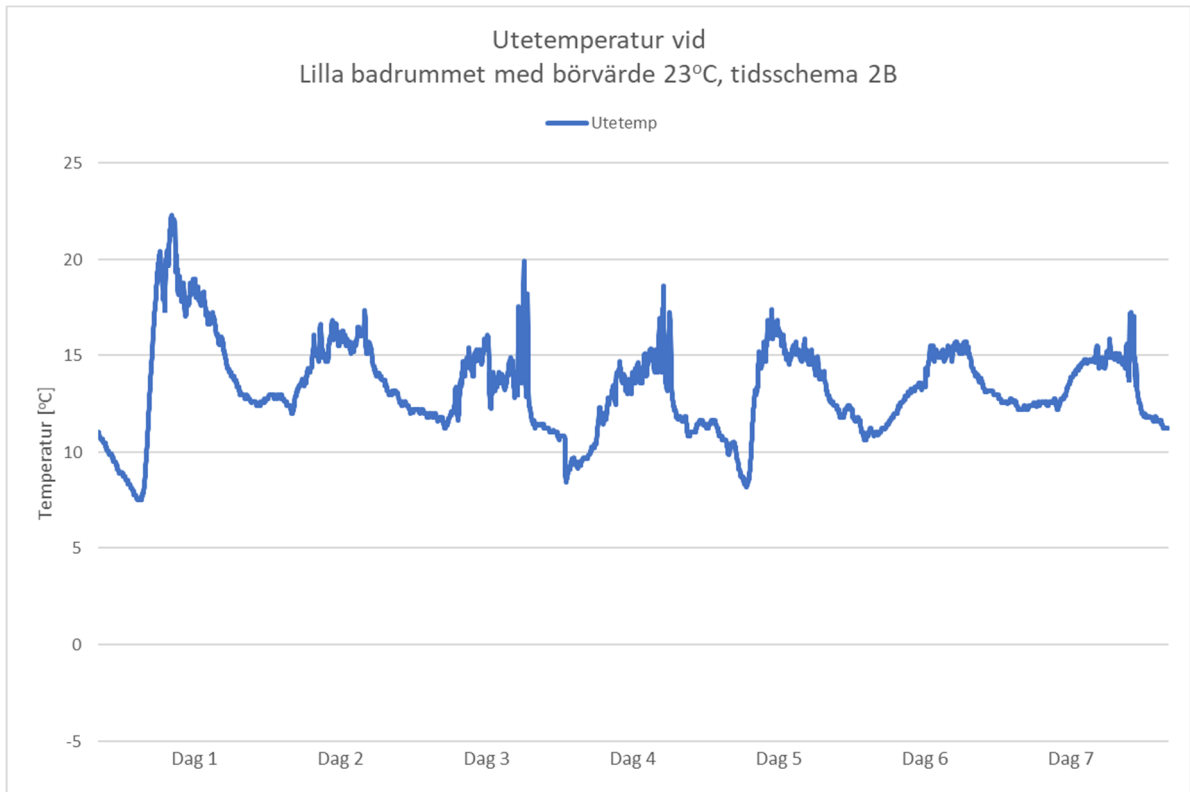
## Lilla badrummet vid börvärde 23°C, tidsschema 1



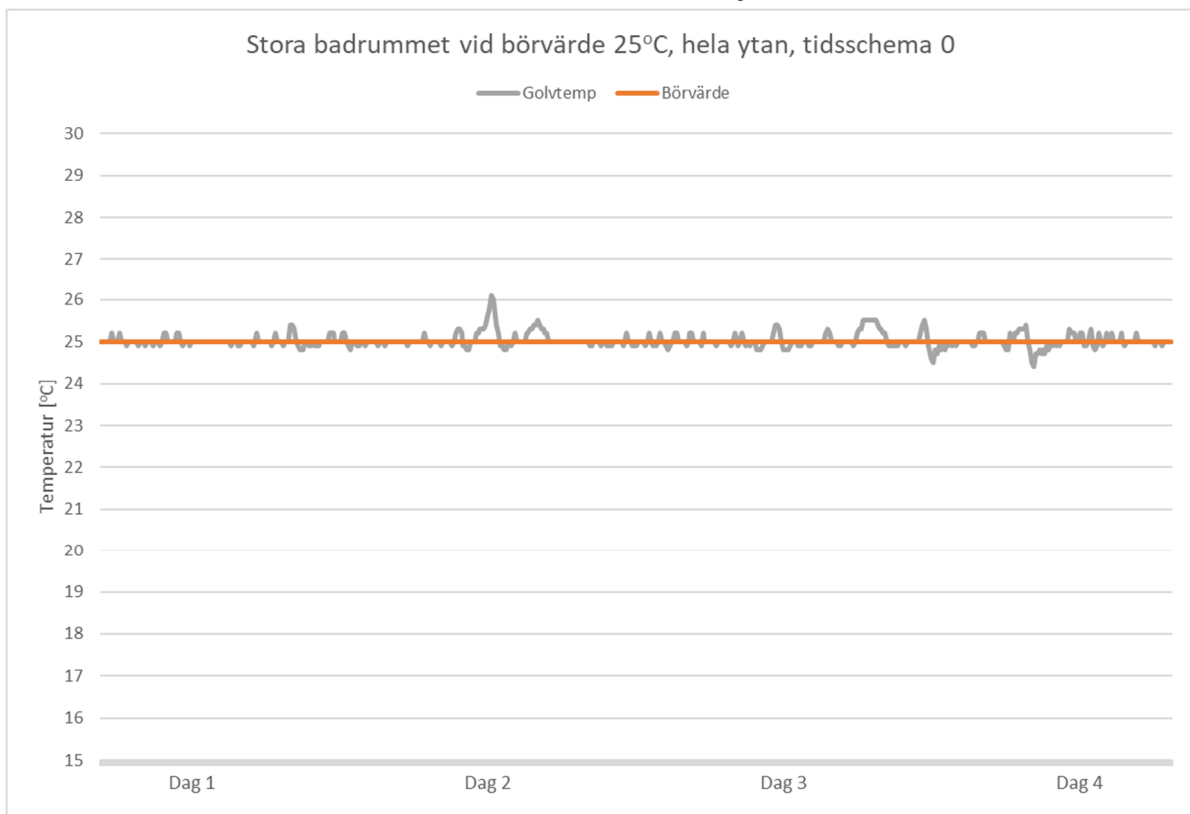


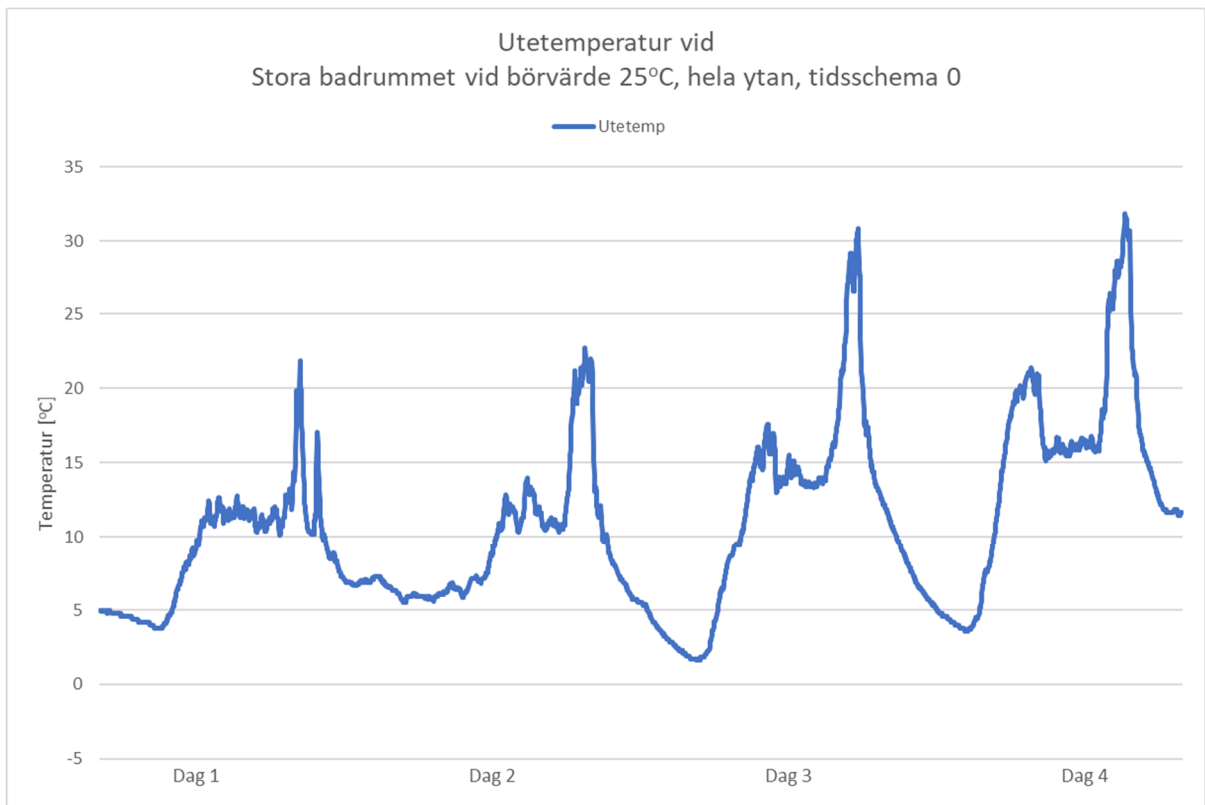
### Lilla badrummet vid börvärde 23°C, tidsschema 2B



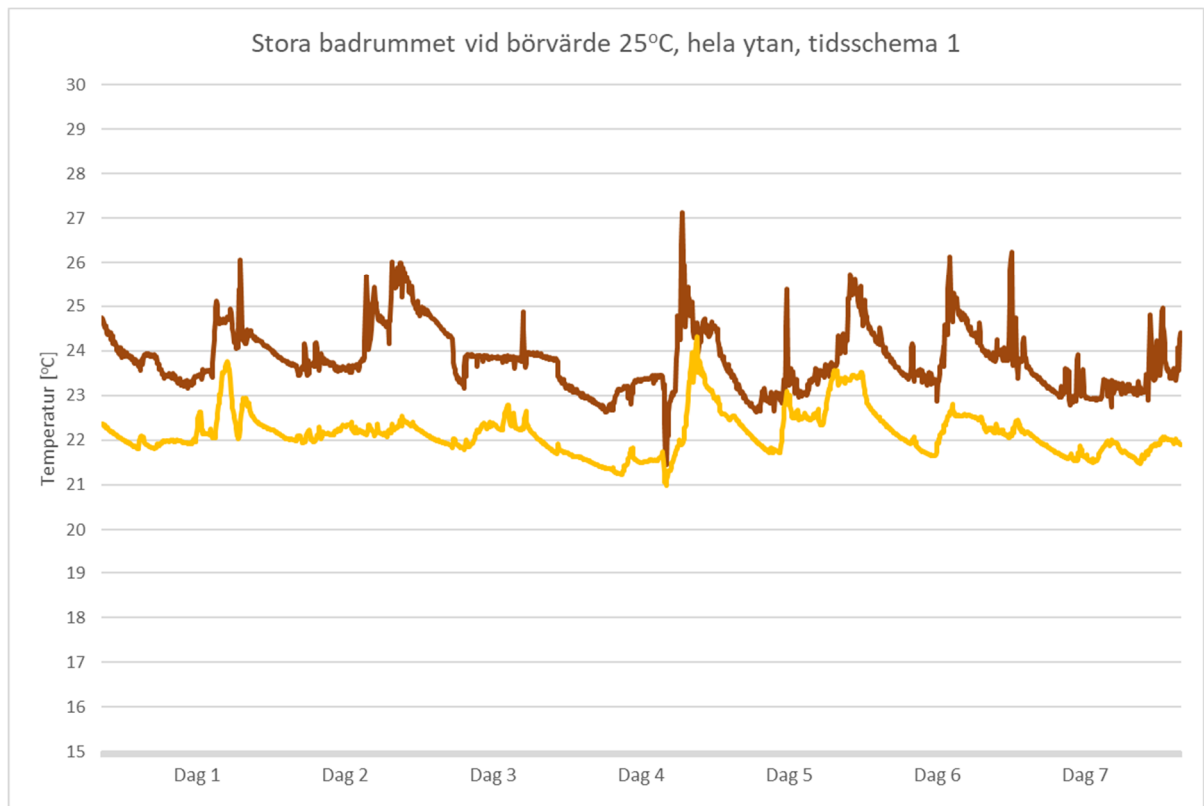
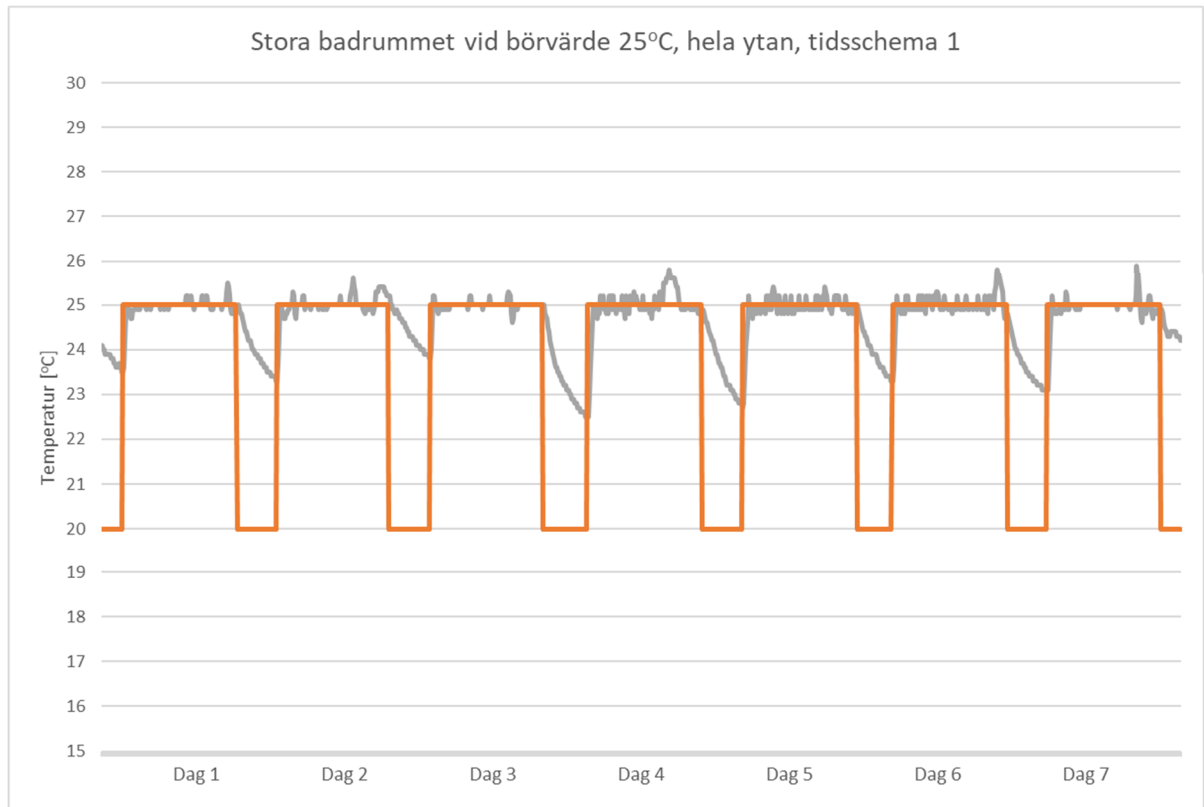


### Stora badrummet vid börvärde 25°C, hela ytan, tidsschema 0



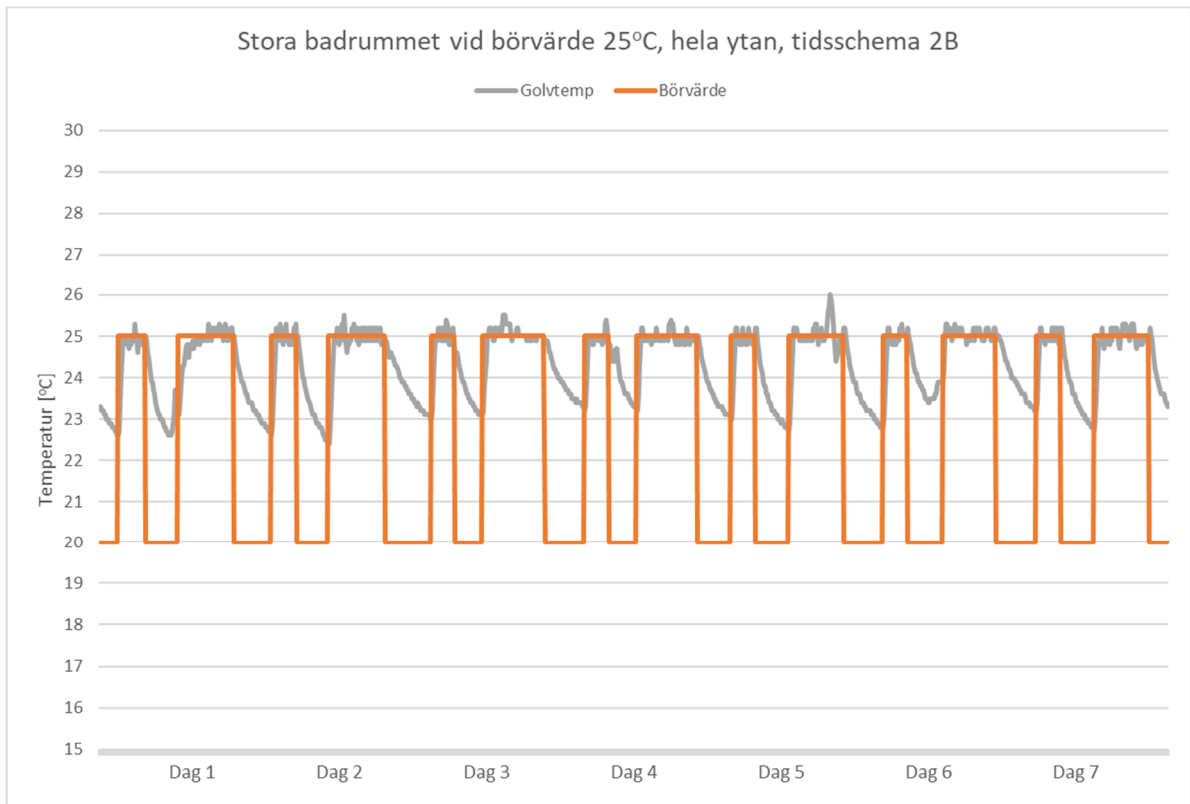


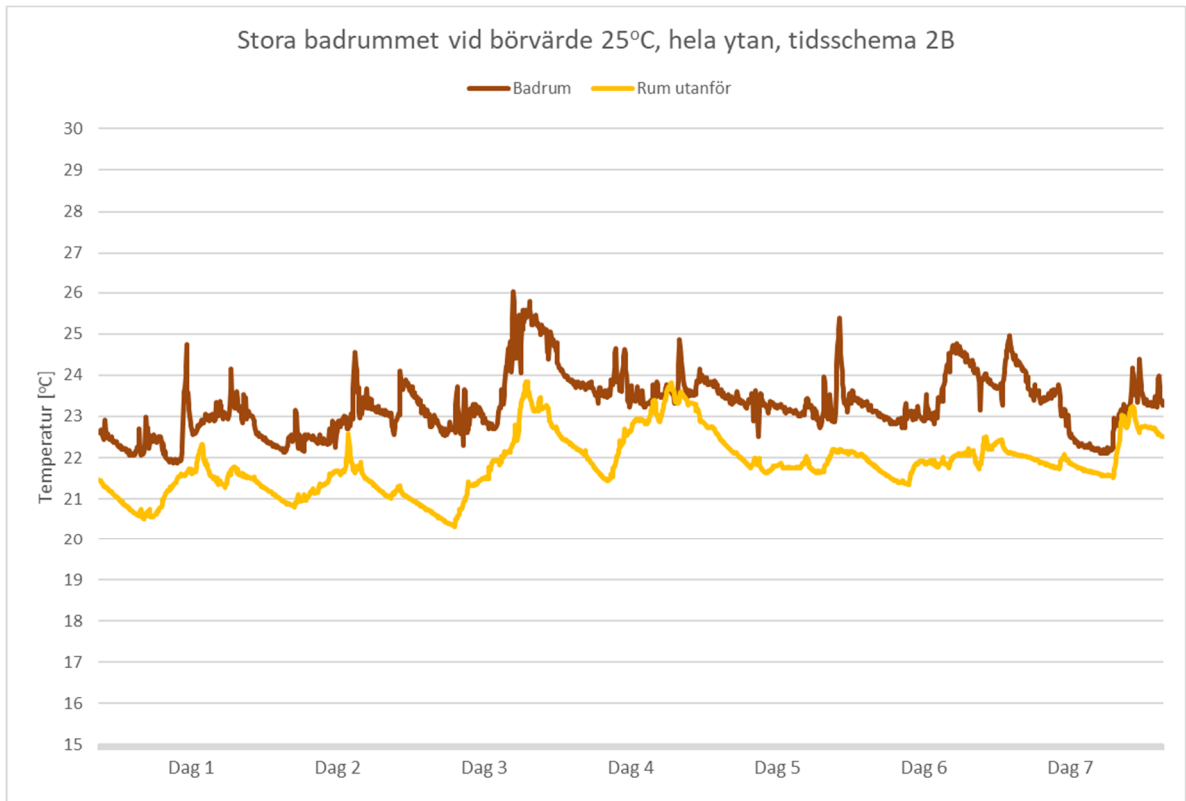
## Stora badrummet vid börvärde 25°C, hela ytan, tidsschema 1



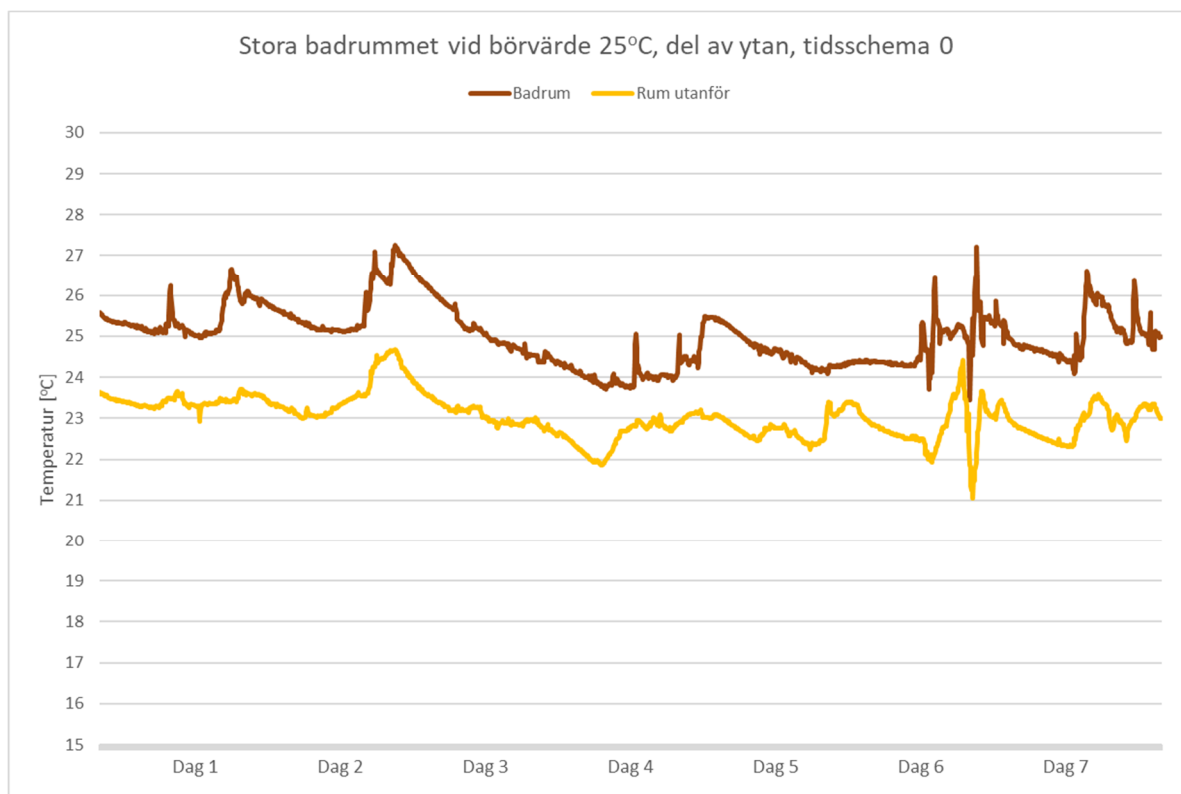


### Stora badrummet vid börvärde 25°C, hela ytan, tidsschema 2B





## Stora badrummet vid börvärde 25°C, del av ytan, tidsschema 0

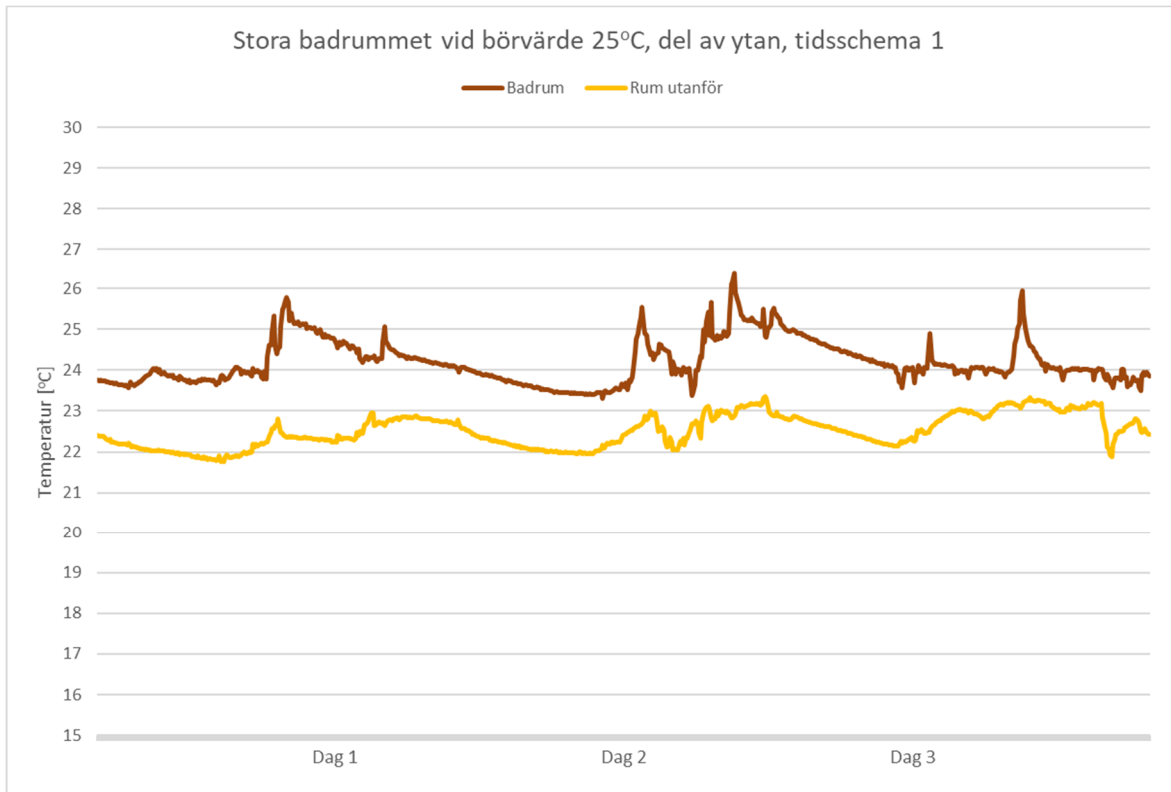




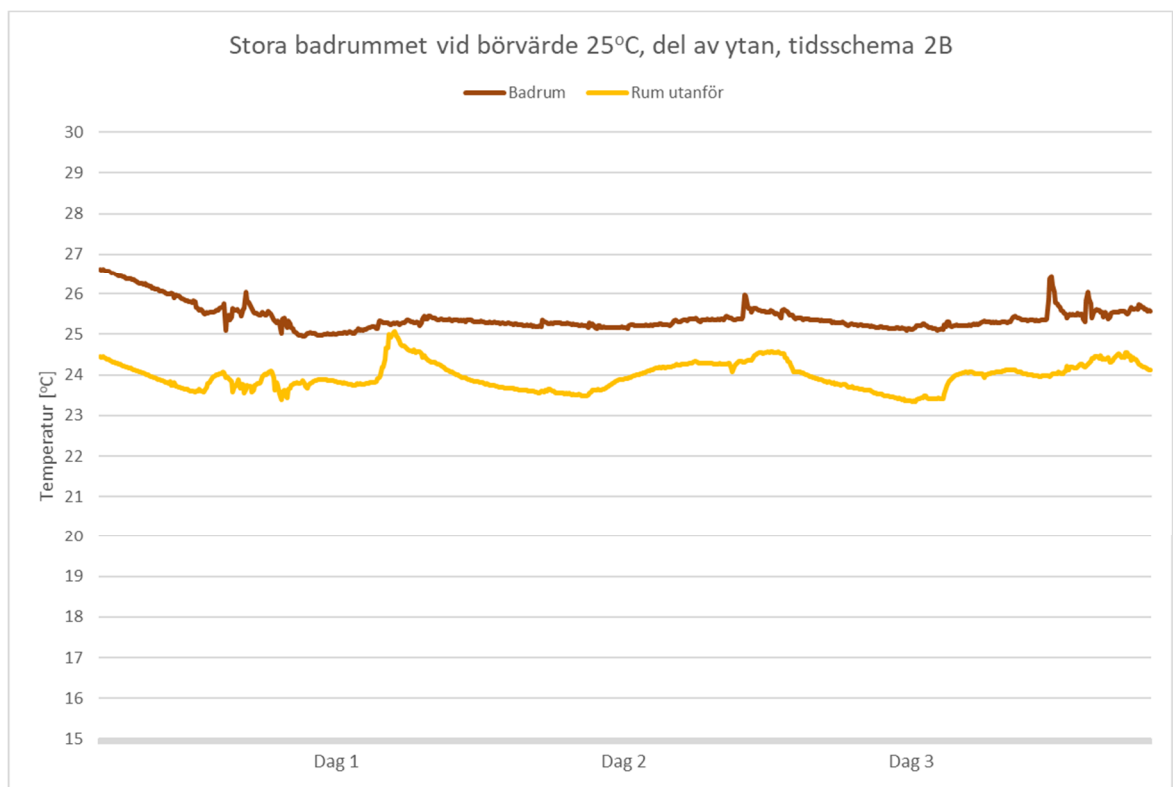
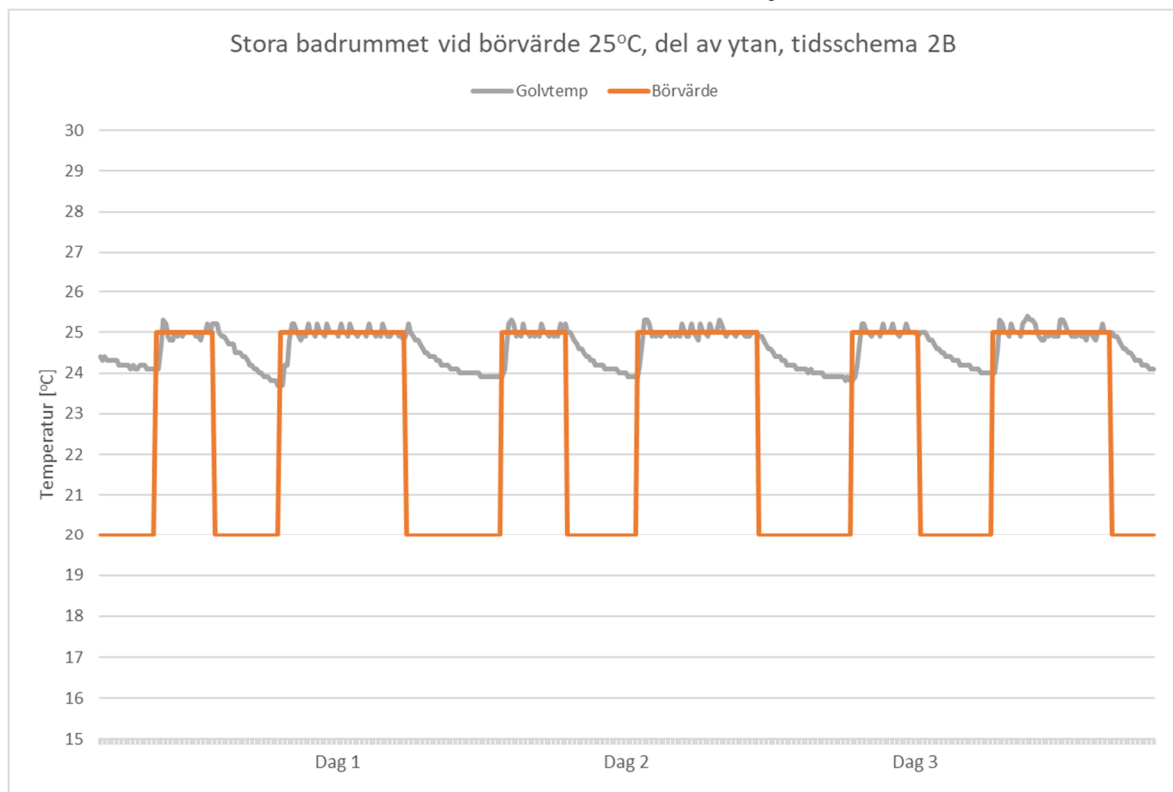


### Stora badrummet vid börvärde 25°C, del av ytan, tidsschema 1





## Stora badrummet vid börvärde 25°C, del av ytan, tidsschema 2B



Utetemperatur vid  
Stora badrummet vid börvärde 25°C, del av ytan, tidsschema 2B

