



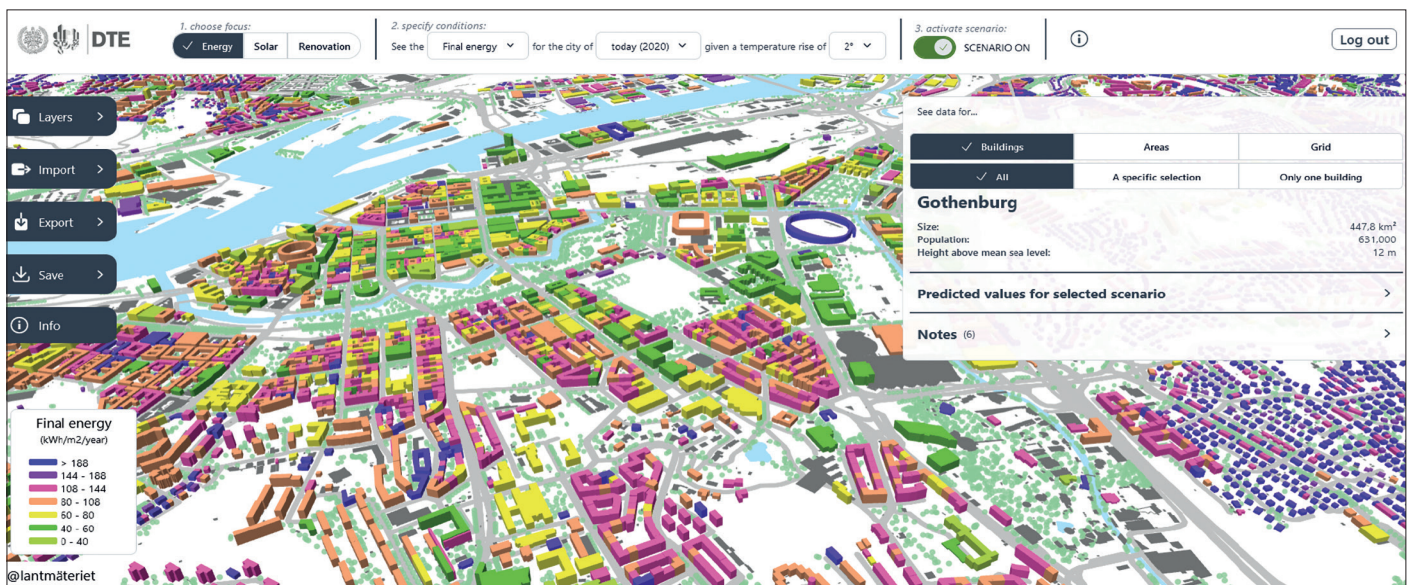
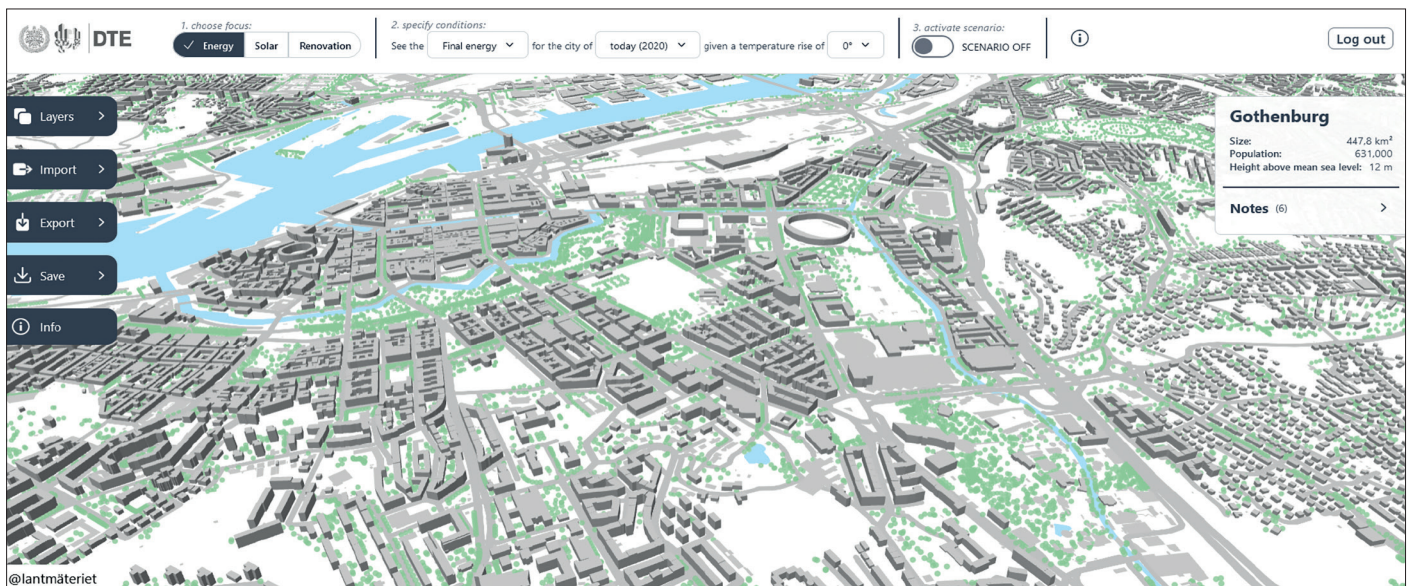
Digital Tvilling för Energi– Effekter av ett varmare klimat och renoveringar på byggnadsbestånd

Downloaded from: <https://research.chalmers.se>, 2026-04-04 17:13 UTC

Citation for the original published paper (version of record):

Thuvander, L., Maiullari, D., Nägeli, C. et al (2024). Digital Tvilling för Energi– Effekter av ett varmare klimat och renoveringar på byggnadsbestånd. *Bygg och teknik*(2): 14-16

N.B. When citing this work, cite the original published paper.



Digital Tvilling för Energi

– Effekter av ett varmare klimat och renoveringar på byggnadsbestånd

Hur kommer klimatförändringar och stigande temperaturer att påverka byggnaders energiprestanda? Vilka effekter ger olika renoveringsåtgärder och hur kan dessa kommuniceras till beslutsfattare för att uppnå mål om klimatneutralitet?

Städer spelar en viktig roll i klimat- och energiomställningsprocesser. De är engagerade i att utveckla övergripande planer för att implementera effektiva energistrategier för att minska utsläppen av växthusgaser, öka energiproduktionen från förnybara källor och öka energieffektiviteten. Flera städer i Sverige är med i satsningen Klimatneutrala städer 2030 och har skrivit på Klimatkontraktet, bland annat Göteborg. För att uppnå mål behövs det robusta



Liane Thuvander
Chalmers



Claudio Nägeli
Sinom



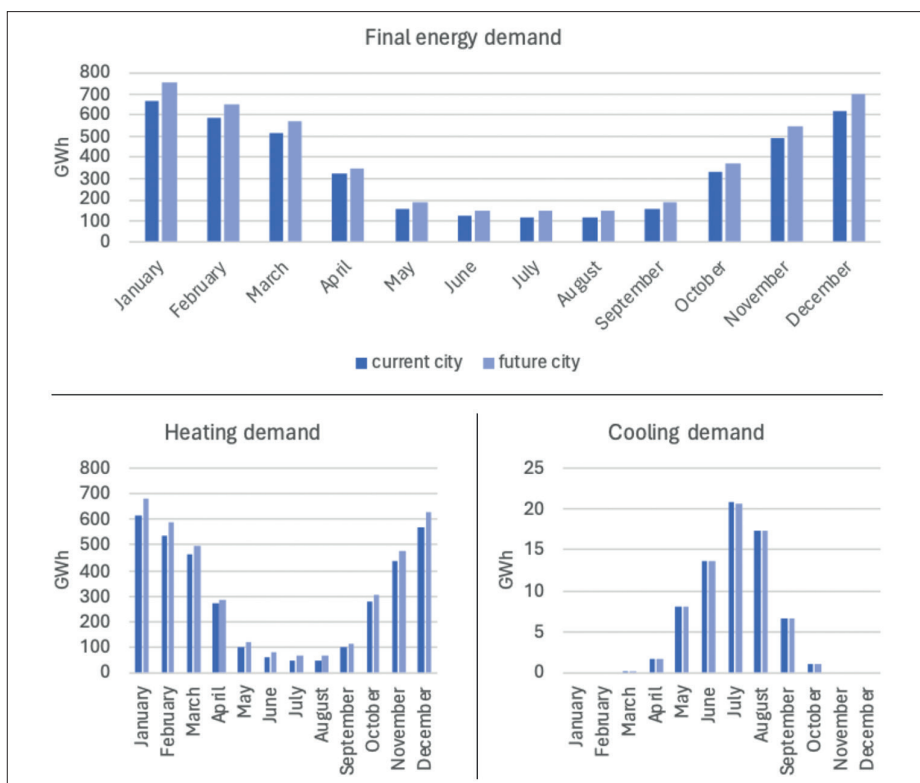
Daniela Maiullari
Chalmers/TU Delft, The Netherlands



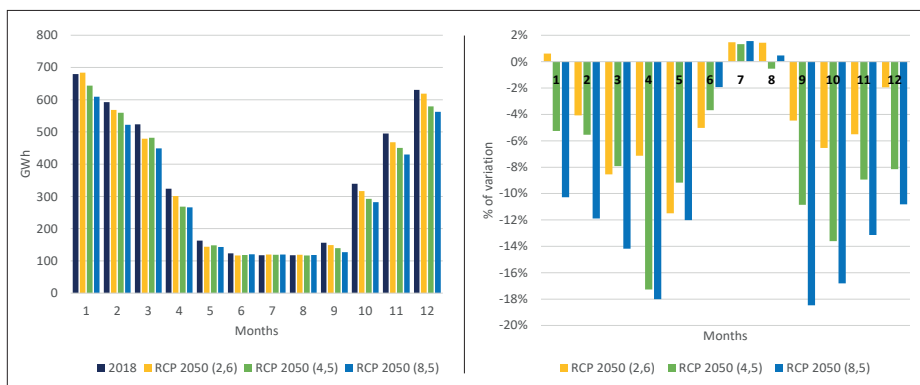
Holger Wallbaum
Chalmers



Andreas Rudenå
Paramournic



Figur 1: Månatligt energibehov i byggnader för hela staden (Göteborg) i scenariot "Dagens och framtidens stad 2050". Notera att det är olika skalor (uppvärmningsbehoven är mycket större än kylbehoven).



Figur 2: Totalt energibehov (vänster) och variation av energibehov mellan ett typiskt meteorologiskt år (2018) och tre olika framtida klimatscenarioer år 2050 (höger). Temperaturhöjningar för RCPs (representativa koncentrationsvägar) 2,6= 1°C; 4,5= 1,5°C; 8,5= 2°C.

strategier som i sin tur kräver analyser och instrument för att kunna stödja beslutsfattandet. Befintliga byggnader är en av de viktiga strukturerna att hantera.

I det nyligen avslutade forskningsprojektet "Digital tvilling för modellering av framtida energibehov i Göteborgs byggnadsbestånd: Ett verktyg för ökad samverkan mellan intressenter, effektivitet och samordning av energifrågor" har vi utvecklat och testat en online visare (viewer) för att utforska olika energiscenarier med fokus på Göteborg.

Modellering av byggnadsbestånd kombineras med en visuell kommunikationsplattform för ett effektivare beslutsfattande. Vi använder digital tvillingteknik för att skapa en virtuell kopia av staden, inklusive 3d-modeller av byggnader och relaterade data som byggnadens ålder, energikälla och användning. Dessa ger sedan underlag för implementering av olika scenarier.

Viewern kallas för DTE Viewer (DTE = Digital Tvilling för Energi).

Vilka scenarier ingår?

För att kunna studera den framtida utvecklingen behövs relevanta scenarier att undersöka. Initialt identifierade vi, tillsammans med representanter från Göteborgs Stad och Göteborg Energi, olika drivkrafter för förändring och deras konsekvenser för stadens framtida energisystem. Utifrån dessa tog vi fram både strategiska scenarier, det vill säga scenarier som drivs av aktiva beslut, och externa scenarier, det vill säga scenarier med faktorer som inte kan styras inifrån en organisation. Strategiska scenarier är exempelvis Smarta system, Förtätning byggnader eller Förtätning grönområden. Externa scenarier är exempelvis Extremklimat, Ändrade el-priser och Elektrifiering av fordonsflottan. Vi valde att fokusera

på modellering av tre energibehovs-scenarier: förtätning byggnader – dagens och framtidens stad år 2050, effekten av ett varmare klimat på energibehovet i det befintliga byggnadsbeståndet samt effekten av renoveringsåtgärder på byggnadens energibehov. Scenarierna implementerades i vår nyutvecklade DTE Viewer (se *ingressbilder*) där simuleringar av byggnadernas värmebehov, kylbehov och totala energibehov kan visas. Viewern kan också visualisera renoveringsalternativ och jämföra effekten av olika åtgärder på byggnadsnivå såsom att öka isoleringen på tak och väggar eller installera effektivare energisystem.

Scenario: Dagens och framtidens stad 2050 – upp till 13 procent ökat energibehov

I detta scenario görs en jämförelse mellan energibehovet i dagens och framtidens byggnadsbestånd utifrån översiktsplanen för år 2050. Översiktsplanen bygger på en kompakt utvecklingsmodell, en förtätning av staden. Beräkningen av byggnadernas energibehov bygger på modellering av individuella byggnader i en byggnadsbeståndsmodell (Building Stock Modelling, BSM) på timbasis. Klimatfiler som ligger till grund för beräkningarna representerar väderdata för ett typiskt meteorologiskt år 2020.

Resultaten visar att den framtida staden år 2050 kommer att ha ett 13 procent högre energibehov på stadsnivå med ett ökat årligt energibehov från 4200 GWh till 4800 GWh. Inte oväntat, är det främst uppvärmningsbehovet som ökar (inklusive varmvatten), uppskattningsvis 10 procent, medan kylbehovet förblir ganska konstant och uppgår till 69 GWh per år (Figur 1).

Scenario: Varmare klimat och energibehov i befintligt byggnadsbestånd – upp till 18 procent lägre under vår och höst och upp till 1,5 procent högre på sommaren

Scenariot undersöker hur energibehovet i det befintliga beståndet påverkas av ett varmare klimat. För att kunna bedöma olika framtida klimatscenarier använder vi så kallade representativa koncentrationsvägar (RCP) fastställda i IPCC-rapporten omräknade till temperaturhöjningar. Vi simulerade bland annat effekter av en temperaturhöjning på upp till 2°C.

Resultaten visar framför allt ett lägre energibehov under vår och höstmånaderna, upp till 18 procent, och ett högre energibehov under sommarmånaderna på upp till 1,5 procent, se Figur 2. För en individuell byggnad kan behoven variera mellan 10–40 procent per år beroende på byggnadens användning, klimatskal och energisystem. Under varma dagar kan

kylbehovet öka med upp till 300 procent under vissa varma dagar.

Resultaten bygger på modelleringsantaganden och aggregationer men vi kan observera en trend där energibehovet minskar, främst tack vare ett minskat uppvärmningsbehov, som ett resultat av mildare temperaturer. Samtidigt leder varmare somrar till ett större kylbehov.

Scenario: Effekter från renoveringsåtgärder

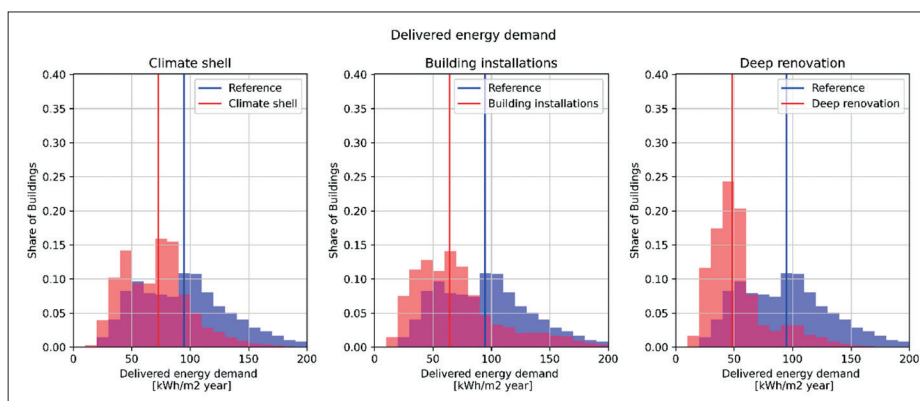
Här bedömdes effekten av olika renoveringsåtgärder utifrån olika åtgärder: förbättrat klimatskal (till exempel isolering av väggar, tak och byte av fönster), byggnadsinstallationer (byte av VVS-system och ökad energiproduktion från solceller där så är lämpligt) och totalrenovering som kombinerar alla åtgärder.

Figur 3 visar skillnaden i fördelningen av byggnadernas årliga energibehov genom att jämföra fördelningen av de olika scenarierna med energibehovet i det befintliga byggnadsbeståndet som referens. I klimatskals scenariot minskar det genomsnittliga energibehovet med cirka 20 kWh/m² och år och för scenariot byggnadsinstallationer nästan 30 kWh/m² och år. I scenariot för totalrenovering är potentialen för energiminskning nästan 50 procent till 50 kWh/m² och år. Dessa resultat visar den tekniska potentialen för energibesparingar i Göteborgs byggnadsbestånd, besparingar som hypotetiskt sett kan uppnås eftersom renoveringsscenarierna tillämpas på alla byggnader utan hänsyn till begränsningar som kulturmiljövärde eller ekonomisk genomförbarhet.

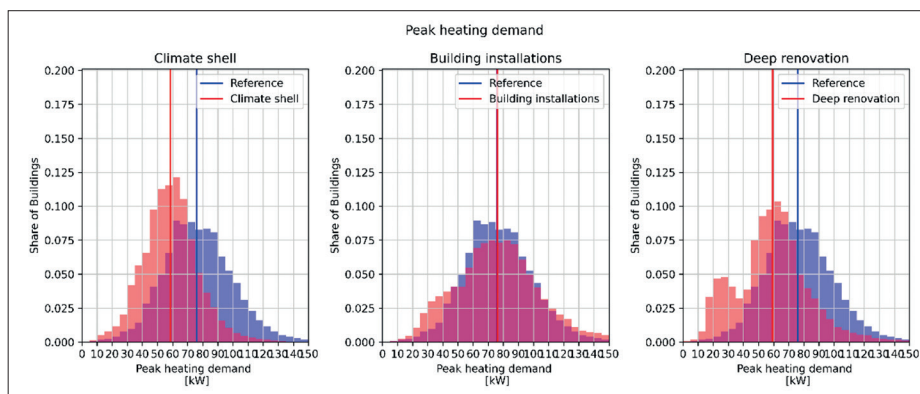
Figur 4 visar förändringen i fördelningen av värmetoppar baserat på de olika renoveringsscenarierna. Klimatskals scenariot leder till en total minskning av effekttoppar med cirka 20 kW i genomsnitt. Scenariot för byggnadsinstallationer visar en liten ökning av byggnader med mycket lägre effekttoppar (till exempel byggnader som övergår från direkt eluppvärmning till värmepump), men medianvärdet för topparna visar ingen betydande förändring då de flesta byggnader med hög efterfrågan är anslutna till fjärrvärme. Resultaten tar inte hänsyn till potentialen av minska effekttopparna genom smart styrning eftersom detta idag ligger utanför BSM:s systemgränser. Smart styrning kan dock leda till betydande minskningar av topparna genom bland annat flyttning av värmelaster.

Vägen är lika viktig som målet

Resultaten visualiserat i DTE Viewern för Göteborg ger ett bra underlag för en första övergripande bedömning av potentiella framtida energibehov i staden och en bättre



Figur 3: Fördelning årlig levererad energi för olika renoveringsscenarier (röd) och det befintliga beståndet (blå) som referens. Den vertikala linjen anger medianenergiebehovet i byggnadsbeståndet.



Figur 4: Fördelning av effekttoppar för uppvärmning för olika renoveringsscenarier (röd) och det befintliga beståndet (blå) som referens. Den vertikala linjen anger medianenergiebehovet i byggnadsbeståndet.

re förståelse av sambanden mellan plats, energibehov och klimatförändring. En viktig utgångspunkt för arbetet var att DTE Viewern skulle tas fram i tätt samarbete med berörda aktörer som ansvarar för stadens energiplanering och -omställning. Diskussionerna på vägen har varit givande, delvis som ögonöppnare, och varit lika viktiga som själva resultaten.

Utblick

Det långsiktiga målet med DTE Viewern är att informationen skapar en gemensam förståelse av olika aktörers problembild och på så sätt stödjer strategiskt beslutsfattande mot klimatneutralitet. Visualiseringen av scenariorresultat på byggnadsnivå för hela staden kan hjälpa privata och offentliga fastighetsförvaltare att förstå den framtida energiprestandan och vikten av åtgärder, och därmed identifiera mer robusta investeringar för långsiktig energieffektivitet.

Resultaten kan ge viktig input till stadens energiplanering och ligga till grund för en reflektion kring vilka åtgärder som ska prioriteras för att uppnå målen om koldioxidneutralitet 2030 och framåt och uppdateringen av energiplanen för Göteborg. Ur ett stadsplaneringsperspektiv uppstår frågor om hur klimatadaptiva strategier kan anpassas till energibesparande strategier på lång sikt och hur traditionella åtgärder för att minska byggnadernas

uppvärmningsbehov utan att ta hänsyn till den framtida trenden med ökat kylbehov när klimatet blir varmare. Ytterligare forskning behövs för att förstå i vilken utsträckning renoveringsåtgärder, traditionellt inriktade på att minska värmebehovet, påverkar kylbehovet. Fortsatta studier bör undersöka effekten av olika renoveringsåtgärder under varmare klimatförhållanden samt det ekonomiska och miljömässiga perspektivet för att kyla byggnader genom aktiva system. ■

Läs mer:

Projektsammanfattning: youtu.be/pO2XanyJ9qY
Projektsida: research.chalmers.se/project/10040

Projektet har finansierats av Göteborg Energi AB:s stiftelse för forskning och utveckling och är kopplat till Digital Twin Cities Centre med stöd av Vinnova Pr Nr 2019-00041.

Referenser

- [1] Maiullari D, Nägeli C, Rudenå A, Thuvander L (2023). Gothenburg Digital Twin. *Modelling and communicating the effect of temperature change scenarios on building demand*. Journal of Physics: Conference Series, Volume 2600. Energy performance modelling.
- [2] Thuvander L, Maiullari D, Nägeli C, Rudenå A, Isacson Å, Dokter G, Ellenbroek I, Wallbaum H (2024). *Digital twin for modelling future energy needs in the Gothenburg building stock: A tool for increased stakeholder collaboration, efficiency, and coordination of energy issues*. Final Report, Chalmers.