



# Modulära och energieffektiva datacenters i trä



# Modulära och energieffektiva datacenters i trä

Mikael Risberg, Marcus Sandberg, Sofia Lidelöw, Lars Westerlund  
Luleå tekniska universitet



Energimyndighetens projektnummer: 42637-1

E2B2



## Förord

E2B2 Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende är ett program där akademi och näringsliv samverkar för att utveckla ny kunskap, teknik, produkter och tjänster.

I Sverige står bebyggelsen för cirka 35 procent av energianvändningen och det är en samhällsutmaning att åstadkomma verklig energieffektivisering så att vi ska kunna nå våra nationella mål inom klimat och miljö. I E2B2 bidrar vi till energieffektivisering inom byggande och boende på flera sätt. Vi säkerställer långsiktig kompetensförsörjning i form av kunniga människor. Vi bygger ny kunskap i form av nyskapande forskningsprojekt. Vi utvecklar teknik, produkter och tjänster och vi visar att de fungerar i verkligheten.

I programmet samverkar över 200 byggentreprenörer, fastighetsbolag, materialleverantörer, installationsleverantörer, energiföretag, teknik konsulter, arkitekter etcetera med akademi, institut och andra experter. Tillsammans skapar vi nytta av den kunskap som tas fram i programmet.

*Modulära och energieffektiva datacenters i trä* är ett av projekten som har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten. Det har letts av Luleå tekniska universitet och har genomförts i samverkan med *Tyréns, Design Evolution, Contractor Bygg, Martinsons och Alent dynamic*.

Eftersom datacenter omsätter stora mängder energi kan det få stor påverkan på lokala energisystem. Projektet har studerat hur utformningen och integreringen av datacenter kan göras på ett energieffektivt sätt. Projektet har tagit fram en metodik för att bygga energieffektiva datacenter av trämoduler. Projektet har även studerat hur restvärmen från datacenters skulle kunna användas för att torka trä i virkestorkar.

Stockholm, 21 december 2017

Anne Grete Hestnes,

Ordförande i E2B2

Professor vid Tekniskt-Naturvetenskapliga Universitet i Trondheim, Norge

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att E2B2 har tagit ställning till innehållet.



## Sammanfattning

I projektet Modulära och energieffektiva datacenters i trä har möjligheter, fördelar och nackdelar att bygga modulära datacenter i trä studerats.

Konceptet som togs fram visar att det finns möjlighet att bygga datacenter i trä på ett modulärt sätt. Utvärderingen av driften visar resultaten att själva trämaterialiet inte kommer att påverka driften samt att luften kommer att vara så pass torr i datacentret att träet inte kommer till skada. Överlag visar utvärderingen att luftflödena inne i datacentret kommer att vara så stora att klimatskalet inte kommer att ha någon större betydelse för driften. Inga ytterligare fördelar att bygga i trä jämfört med de tidigare kända (CO<sub>2</sub>-neutrallt, klimatsmart, lätt att bygga om m.m.) har kommit fram under projektet.

Ett alternativ till användning av varmluften från ett datacenter kan vara att utnyttja den uppvärmda luften för virkestorkning. Då virkestorkar kräver en stor värmeförsel (500–1000 kW) över hela året så kan virkestorkar eventuellt vara en lämplig applikation för återvinning av värmen från datacenter. Dock finns det mesta av värmen i vattenångan i frånluften och detta utgör torkens värmebehov till allra största del. Om man ej lyckas tillvarata denna värmeenergi finns det bara en begränsad potential att utnyttja. För att tillvarata värme från ett litet datacenter på 1 MW via virkestorkning krävs inkoppling mot 10–45 st. virkestorkar vilket utgör orimligt antal torkar för ett svenskt sågverk.

Då resultaten i projektet visar att det går att bygga datacenter i trä så kan konstruktörer och designers av datacenter använda kunskapen för att designa framtida datacenter.

*Nyckelord: Datacenter, träbyggnad, spillvärme, virkestorkning, datormodeller, LCA*



## Summary

In the project Modular and Energy Efficient data centres in Wood have potential, advantages and disadvantages of building modular data centers in wood been studied.

The presented concept shows that there is a possibility of building data centers in wood in a modular way. Based on the evaluation of the operation, the results show that the wood itself will not affect the operation and that the air will be so dry in the data center that it will not damage the wood. Overall, the evaluation shows that airflows inside the data center will be very large and therefore the building envelop will not have a significant impact on the operation. No further advantages to building in wood compared to those previously known (CO<sub>2</sub>-neutral, climate-friendly, easy to rebuild, etc.) have been found during the project.

At first glance, it may be tempting to use the hot air from a data center for wood drying.. Since wood dryers require a high heat supply (500-1000 kW) throughout the year it seems a good opportunity for heat reuse from datacentre. However, the heat is connected to the water vapor in the extract air and this heat is therefore the main demand for the wood dryer. Unfortunately, if this heat is not recovered, there is not much to gain. To utilize the heat from a small data center of 1 MW for drying, a connection to 10-45 dryers is required, which represents an unreasonable number of dryers for a Swedish sawmill.

Based on the results of the project, it is possible to build data centers in wood. This knowledge can be used by designers and designers of data center to design future data centers.

*Key words: Data center, wood building, waste heat, wood drying, computer models, LCA*



## INNEHÅLL

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	7
2	GENOMFÖRANDE	9
2.1	KONCEPTFRAMTAGNING	9
2.2	DRIFT	9
2.3	LIVSCYKELANALYS OCH KONFIGURERING	9
2.4	VIRKESTORKNING	10
3	RESULTAT	11
3.1	KONCEPTFRAMTAGNING	11
3.2	DRIFT	11
3.3	LIVSCYKELANALYS, ENERGIBERÄKNINGAR OCH KONFIGURERING	14
3.3.1	GRUNDIDÉ	14
3.3.2	FÖRUTSÄTTNINGAR	15
3.3.3	EXEMPEL	16
3.4	VIRKESTORKNING	17
3.4.1	KAMMARTORKAR	17
3.4.2	VANDRINGSTORKAR	19
4	DISKUSSION	21
4.1	KONCEPT	21
4.2	DRIFT	21
4.3	KONFIGURATORER OCH LIVSCYKELPERPEKTIV	21
4.4	VIRKESTORKNING	23
5	PUBLIKATIONSLISTA	24
6	REFERENSER	25





# 1 Inledning och bakgrund

Datacenter är på god väg att etablera sig som en av Sveriges nya basindustrier där det för datacenterexploatörer är viktigt att kunna bestämma utformningen på datacentret. Detta för att kunna bygga datacenter som både är kostnadseffektiva samt har en låg användning av energi och låg generering av växthusgaser både under själva byggskedet och under hela datacentrets livslängd. Ett sätt att kunna göra detta är att bygga datacenter med energieffektiva, prefabricerade och modulära byggelement i huvudsakligen trä.

Ett vanligt problem inom byggnadsprojektering är att få potentiella lösningar hinner utvärderas, ur olika aspekters och intressenters perspektiv, och att det därför är utmanande att väga olika alternativ mot varandra och hitta en optimal utformning av byggnaden. Anledningen till detta är bland annat att byggnadsprojektering är en kreativ och komplex process som inbegriper många kriterier som kan skapa konflikter. Det kan t ex handla om att kunna maximera boytan, skapa attraktiv arkitektur, skapa en stomme som klarar lastfallen, och samtidigt minska materialåtgången, öka standardiseringsgraden, minska miljöpåverkan, samt att hålla planerad budget och tidplan. Därför är möjligheterna till studier av potentiella lösningar begränsad av den tid och de resurser som krävs i dessa komplexa och ofta iterativa projekteringsfaser (Díaz et al., 2017).

Nyhetsvärdet i detta projekt är att studera vilka möjligheter det finns att bygga modulära datacenter i trä på ett energieffektivt sätt. Byggelementen skall även möjliggöra snabb nybyggnation och ombyggnation av datacenter. Att ta tillvara värmeenergin från anläggningen utgör också ett viktigt koncept för nya datacenter i framtiden. Tillförd energi till ett datacenter återfinns till största delen i frånluften från anläggningen. Denna är normalt svår att tillvarata på grund av dess låga temperaturnivå och stora mängd värmeenergi. Ett av förslagen som återkommer då man diskuterar möjligheter att återvinna denna är torkning av virke då sågverk finns i många kommuner där man är intresserad av att få datacenteretableringar. Genom att integrera datacenter med virkestorkar erhålls en nästan total återvinning av energin i frånluften. Virkestorkar kräver stora värmemängder sommar som vinter och den varma och relativt torra frånluften från datacentret kan tillvaratas genom att direkt integreras till virkestorkar. De tre energimässigt mest relevanta frågorna för att detta skall kunna göras är hur mycket energi som används under byggprocessen, drift av anläggningen samt hur effektivt man kan återvinna restvärmen. Alla dessa tre komponenter är sammankopplade och därför är det viktigt att studera hur dessa påverkar varandra för att kunna bygga datacenter med så hög energieffektivitet samt så låga växthusgasutsläpp som möjligt. Även att man på ett snabbare sätt kan bygga om eller ut datacentret kommer göra det möjligt att bättre kunna anpassa värmeåtervinning till ändrade krav eller behov från samhället för att få ett så energieffektivt datacenter som möjligt.



De övergripande målen med projektet är:

- Ta fram en metodik för att bygga modulbaserade och energieffektiva datacenter.
- Utvärdera hur modulbaserade väggar påverkar kylningen och värmeåtervinning för ett datacenter.
- Undersöka hur olika materialval påverkar koldioxidavtrycket under ett datacenter livslängd
- Undersöka hur datacenter kan integreras med virkestorkar och undersöka den möjliga värmeåtervinningen.

I projektet har Luleå tekniska universitet, Tyréns, Design Evolution, Contractor Bygg, Martinsons och Alent dynamic, deltagit.





## 2 Genomförande

Projektet startade i september 2016 och vi hade ett uppstartsmöte tillsammans med projektparterna 7 oktober samt ett uppföljningsmöte den 21 november där vi diskuterade och planerade genomförande av projektet. Utifrån dessa gjordes en planering för projektets olika delar som innehåller konceptframtagning, drift, Livscykelanalys (LCA) och konfigurering samt virkestorkning. Projektet hade även ett slutseminarium i Skellefteå den 8 november samt en presentation som hölls på konferensen Wood Building Summit samma dag.

### 2.1 Konceptframtagning

För att ta fram olika koncept för hur datacenter skall byggas i trä så gjordes en litteraturstudie om vilka standarder som finns för byggande av datacenter. Det visade sig att de flesta standarder inte var inriktade på hur byggnaden skulle utformas utan hur kablar ska dras i datacenter och vilka delar det ska finnas i datacentret. Efter litteraturstudien var klar så hölls en workshop i Skellefteå den 24 januari 2017 med deltagande projektparters. Utifrån workshopen visade det sig att det mest intressanta skulle vara att bygga datacentret som en hallbyggnad i trä där även byggnaden skulle kunna användas för andra ändamål om behoven för datacenter ändrades. Inom projektet utfördes sedan ett examensarbete av Marika Gille (2017) där ett koncept för ett modulärt datacenter togs fram.

### 2.2 Drift

För att utvärdera om och hur driften påverkas av att bygga datacentret i trä togs dels en byggnadssimuleringsmodell fram i programmet IDA ICE samt en preliminär CFD-modell av en del av datacentret.

### 2.3 Livscykelanalys och konfigurering

Baserat på teoriområdena mastermodeller, LCA och konfigurering togs en visionsbeskrivning om hur konfigurering kan länka samman geometriska definitioner med energi- och livscykelanalyser fram. Denna beskrivning diskuterades sedan på Skype-möten med samarbetsparterna Tyréns och Design Evolution där de bland annat beskrev hur de jobbar idag, programvaror de använt och erfarenheter från att ha provat nya arbetssätt inom detta område. På så vis kunde visionsbeskrivningen utvecklas och revideras.



## 2.4 Virkestorkning

För att utvärdera möjligheten av att använda spillvärmen från datacenter för virkestorkning har termodynamiska och psychrometriska (luftfuktighets) beräkningar samt data från programmet Torksim används. Beräkningar utfördes för varje timme under en torkcykel för både vandringsstorkar och kammartorkar. Alla olika fall som studerades återfinns i tabell 1.

Tabell 1. Utvalda fall

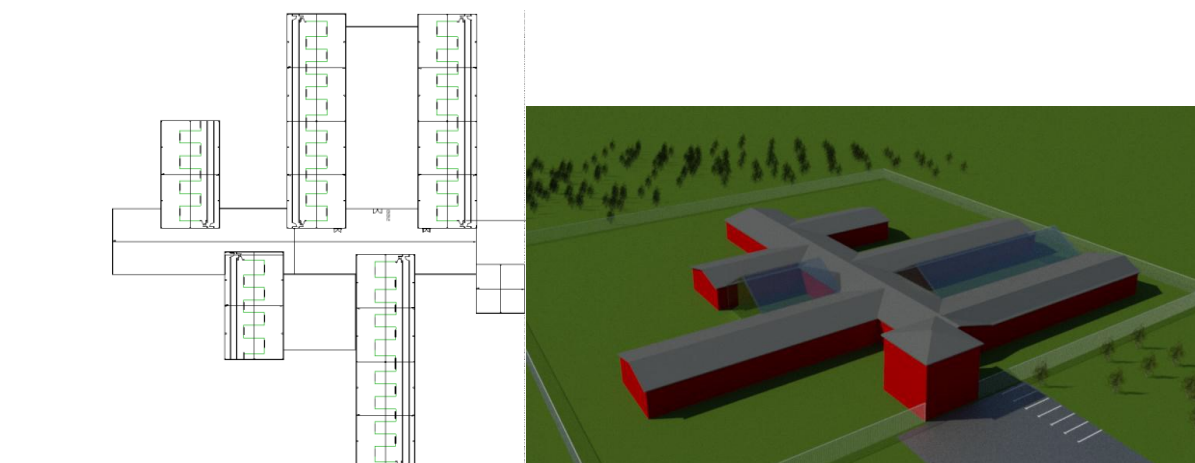
Fall nr	1	2	3	4	5	6
Torktyp	Kammar	Kammar	Kammar	Vandrings	Vandrings	Vandrings
Trädslag	Furu	Furu	Gran	Gran	Furu	Furu
Dimension (mm)	22 x 100	50 x 150	50 x 150	22 x 100	22 x 100	50 x 150
Torktid (h)	44	70	65	45	50	80
Uppvärmningsperiod(h)	7	4	4			
Massflöde torr luft i tork (kg/s)	35	30	25	90	90	90
Fukthalt start (%vikt)	90	70	70	90	90	70
Fukthalt slut (%vikt)	18	18	18	18	18	18
Torr temperatur, våtände (°C)				63,5	63,2	62,5
Våt temperatur, våtände (°C)				62,0	62,0	62,0
Virkesvolym i tork (m <sup>3</sup> )	100	150	150	250	250	250



## 3 Resultat

### 3.1 Konceptframtagning

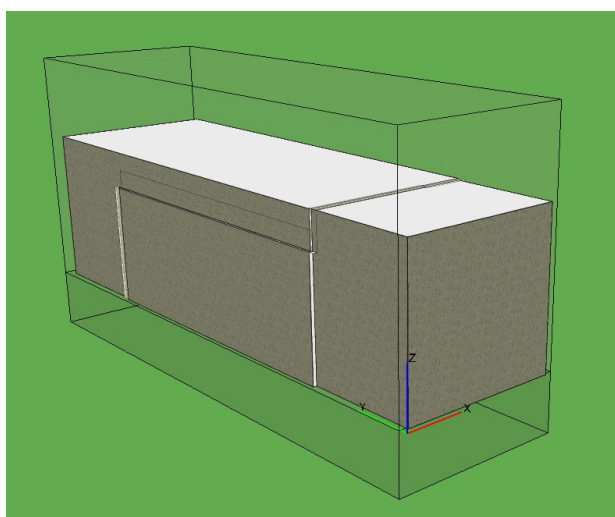
Utifrån diskussion inom projektgruppen samt examensarbetet av Marika Gille togs ett koncept fram som består av en central byggnad som man bygger ut moduler ifrån där man placerar racks som innehåller serverna i datacentret. Detta visas i figur 1. Förslaget innebär att varje modul har storleken 11x20 m samt en höjd på 4 m. Detta innebär att varje modul 2\*20 m ytterväggar. Om man datacentret med ytterväggar enligt Martinssons väg YV-22-01 (Martinsons handbok i KL-trä) vilket innebär att 19.2 m<sup>3</sup> KL-trä kommer att användas. Detta kommer att binda upp 12.6 ton CO<sub>2</sub>-ekv per modul för ytterväggarna baserat på EDP för KL-trä (The Norwegian EPD Foundation).



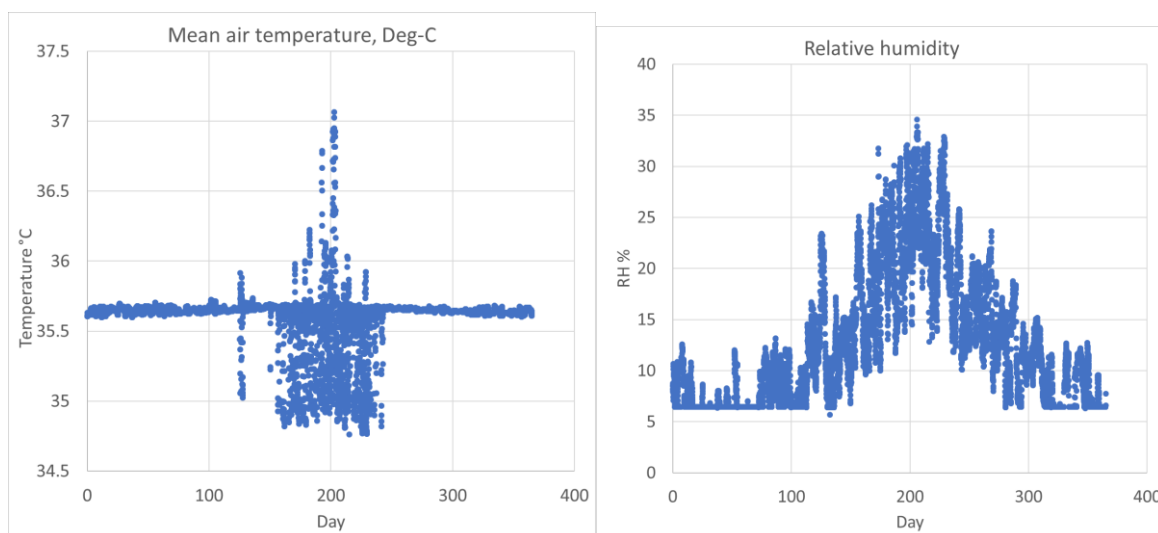
Figur 1. Koncept för datacenter (Gille 2017)

### 3.2 Drift

För att utvärdera driften av datacentret togs en byggnadssimuleringsmodell fram av en begränsad del av datacentret vilket motsvarar en rad med servrar med en effekt på 26 kW. Eftersom varje datacentermodul upprepar sig så är detta tillräckligt för att kunna utvärdera driften av datacentret om det är byggt i trä. Väggarna i datacentret bestod av KL-trä, samt isolering och var uppbyggda enligt Martinssons väg YV-22-01 (Martinsons handbok i KL-trä) med ett U-värde på 0.15 W/(m<sup>2</sup>\*K) vilket kan användas som modulbasarede väggar i ett datacenter. I figur 2 visas denna modell. Resultaten från modellen i figur 3 visar hur temperaturen och den relativa luftfuktigheten varierar över året för datacentret. Detta har även jämförts med om man bygger datacentret med sandwichelement eller liknande och resultaten är i princip detsamma på grund av det stora luftflödet i datacentret jämfört med t.ex. bostäder.

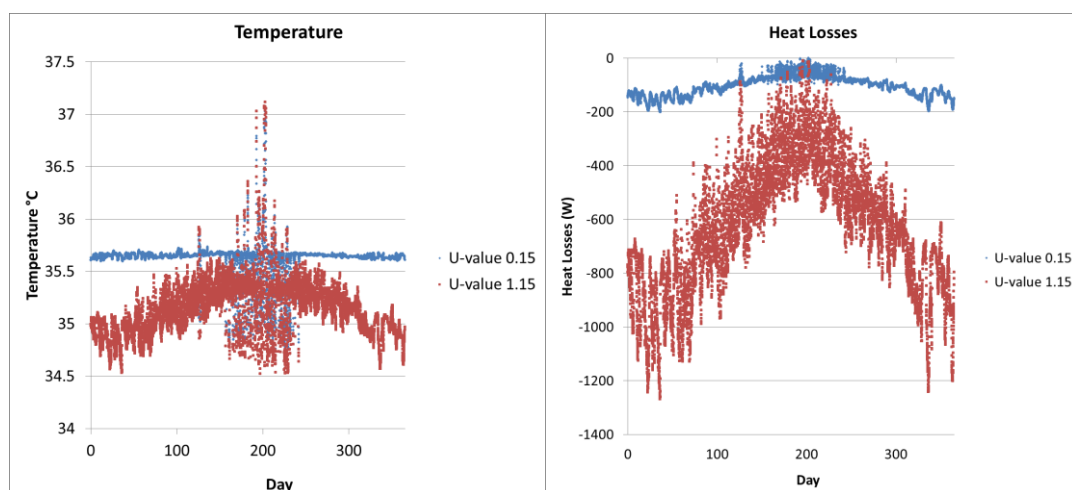


Figur 2, IDA ICE modell av en del av datacentret.



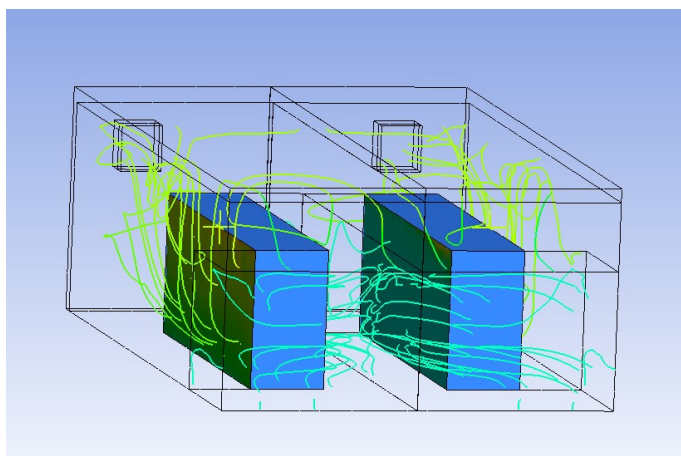
Figur 3, Resultat för IDA ICE modellen. Temperatur till vänster och relativ luftfuktighet till höger över året.

Den viktigaste variabeln för att utvärdera hur olika modulbaserade väggar påverkar kylningen och värmeåtervinningen för ett modulbaserat datacenter är U-värdet för väggen. I figur 4 visas hur temperaturerna på frånluften och värmeförlusterna för datacentret varierar över året för 2 olika u-värden med samma luftflöde för båda fallen. För fallet med ett U-värde på 0.15 så är det en jämn temperatur över året förutom i mitten av sommaren och värmeförlusterna är maximalt 200 W vilket motsvarar 0.8 % av värmen som generas av serverna. För fallet med ett U-värde så varierar temperaturerna över hela året och värmeförlusterna kan bli över 1200 W vilket motsvarar 4.6% av värmen som genereras av serverna.



Figur 4, Resultat för IDA ICE modellen. Temperatur till vänster och värmeförluster till höger över året för två olika U-värden för en del av datacenter som består av 1 rad med racks (26 kW).

Även en preliminär CFD-modell av en del (2 rader med racks) av datacentret togs fram för att kunna förutse luftflödet och temperaturer i detalj för modulerna vilket visas i figur 5.



Figur 5, CFD-modell över en del av datacentret.





### 3.3 Livscykelanalys, energiberäkningar och konfigurering

#### 3.3.1 Grundidé

Ett vanligt problem inom byggnadsprojektering är att få potentiella lösningar hinna utvärderas, ur olika aspekters och intressenters perspektiv, och att det därför är utmanande att väga olika alternativ mot varandra och hitta en optimal utformning av byggnaden. Anledningen till detta är bland annat att byggnadsprojektering är en kreativ och komplex process som inbegriper många kriterier som kan skapa konflikter. Det kan t ex handla om att kunna maximera boytan, skapa attraktiv arkitektur, skapa en stomme som klarar lastfallen, och samtidigt minska materialåtgången, öka standardiseringsgraden, minska miljöpåverkan, hålla planerad budget och tidplan. Därför är möjligheterna till utforskning av potentiella lösningar begränsade av den tid och de resurser som krävs i dessa komplexa ofta iterativa projekteringsfaser (Díaz et al., 2017)

För att möta dessa utmaningar har vi inom projektet arbetat fram en vision om att använda en så kallad mastermodell som är representerad av mittcirkeln i figur 6 och figur 7, som länkar ihop flera olika byggnadsmodeller eller byggnadsrelaterade analyser såsom LCA, energiberäkningar, generering av arkitekturmodell och hållfasthetsberäkningar. Istället för att ha flera modeller som inte är kopplade till varandra och som delvis innehåller samma information om den aktuella byggnaden som ska utvecklas, centraliseras informationen till mastermodellen så om byggnadens utformning ändras så ändras även de kopplade modellerna (mer eller mindre) automatiskt.



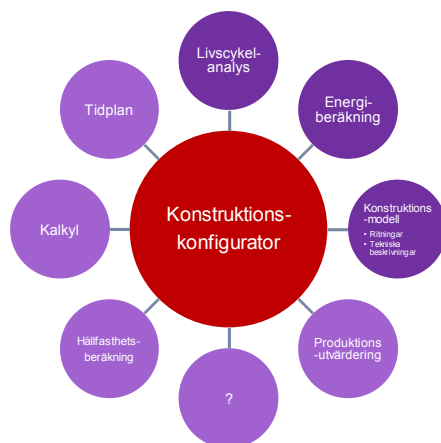
Figur 6. Schematisk bild av en bygglovskonfigurator.

Med mastermodellen är tanken att kunna spara tid och möjliggöra att fler "what-if"-scenarier kan utforskas under bygglovsskedet och även under resten av projekteringen. Skapas en fullt automatiserad koppling mellan modellerna möjliggörs optimering i syfte att t ex minimera CO<sub>2</sub>-emissioner eller balansera inbyggd energi med driftsenergi. Med fullt automatiserad koppling menas att om byggnadens utformning ändras, uppdateras även LCA och energiberäkningen automatiskt. Projektörer och experter inom energi- och livscykelanalys kan tillsammans använda konfiguratorn och på det viset skapas också möjligheter att samarbeta tätare för att få en effektivare och mer ändamålsenlig projekteringsprocess.



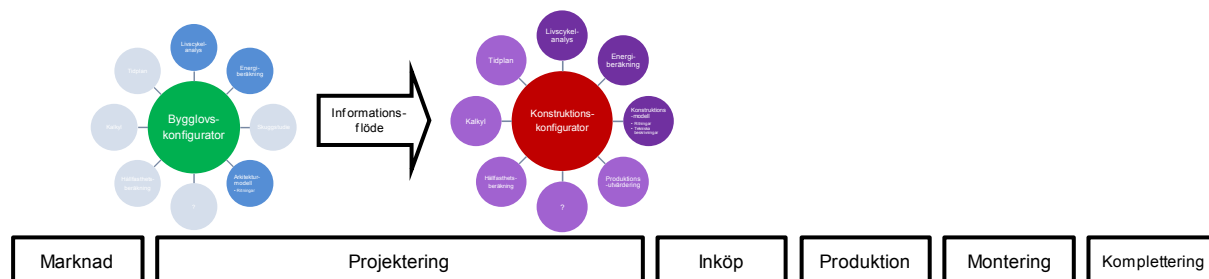


På samma sätt som för bygglovsskedet kan även en konfigurator för system- och detaljskedet av projekteringen tas fram, se figur 8. I detta fall är modellerna mer detaljerade och det är endast kopplingarna mellan de modeller, eller delar av de modeller som behövs för att göra optimering, helt automatiserade.



Figur 7. Schematisk bild av en konstruktionskonfigurator.

För att skapa ett obrutet informationsflöde är tanken att den information som skapas i bygglovskonfiguratorn ska kunna föras vidare till konstruktionskonfiguratorn, se figur 8. I konstruktionskonfiguratorn kan även mer specifika beräkningar, t ex luftflödesanalyser som är viktiga vid projektering av datacenterbyggnader, adderas för att generera designregler som kan implementeras i mastermodellen.



Figur 8. Koppling mellan konfiguratorerna.

### 3.3.2 Förutsättningar

För att grundidén ska fungera finns det ett antal förutsättningar. Här tittar vi på två alternativa fall: 1) Väldefinierat byggsystem samt 2) Mindre definierat byggsystem. Med ett väldefinierat byggsystem menar vi ett byggsystem där byggdelarna (väggar, bjälklag, tak, grund etc.), som används i ett byggprojekt, finns specificerade och utgör majoriteten (unika byggdelar utgör en minoritet) av byggnadens delar vid varje husprojekt medan ett mindre definierat byggsystem utgör de specificerade byggdelarna en minoritet (unika byggdelar utgör en majoritet).



### Väldefinierat byggsystem

Här är tanken att det finns ett definierat byggsystem, för t ex hallar eller bostäder, med tydliga begränsningar gällande t ex dimensioner och möjliga material. De regler som styr den geometriska definitionen för byggnaden har tagits fram genom att analysera och standardisera byggsystemlösningar från tidigare projekt. Projektörer uppmuntras att hålla sig innanför dessa begränsningar, exempelvis kan endast en viss uppsättning byggkomponenter inklusive material vara valbara under projekteringen.

För det andra behövs produktspecifik data om ingående komponenter och material. Detta kan hämtas från EPD:er eller andra källor som helst skulle finnas i en databas från vilken information lätt och automatiskt kan hämtas ifrån. Detta eftersom det inte är en lösning att försöka extrahera information automatiskt från PDF-filer, som är ett vanligt format för EPD:er idag. Tanken är förstås att alla leverantörer ska ha EPD:er för sina produkter men där det inte är fallet måste generiska (schablon) data användas för aktuell byggdelen eller aktuellt material.

Sedan är det också en förutsättning att det går att skapa kopplingen mellan de olika programvarorna som modellerna är uppbyggda i. Med programmering är det mesta möjligt, men det måste ändå vara ett hanterbart problem, det vill säga vi vill inte behöva organisera orimliga mängder av programmeringskod, eftersom det är mycket tidskrävande. Till viss del finns kopplingsmöjligheter inbyggda i kommersiella BIM-programvaror via add-ins eller neutralformat som IFC. För ett väldefinierat byggsystem kan programvaror utvecklas tillsammans för att skapa helt automatiserade lösningar. Detta är betydligt svårare för mindre väldefinierade byggsystem.

### Mindre definierat byggsystem

Ju mindre definierat byggsystemet är, desto svårare är det att automatisera delar av tidig projektering. Energiberäkningar bör fortfarande gå att automatisera men kopplingen till EPD:er kan bli svårare eftersom variationen av byggkomponenter och material kan vara problematisk att täcka in. Det är viktigt att standard för namngivning av komponenter och material används för att minimera behovet av handpåläggning för att få in material och mängder i programvaror för energi- och livscykelanalyser dvs. gå mot mer automatiserad lösning. Här ses klassificeringsinitiativet CoClass som viktigt, (CoClass, 2017).

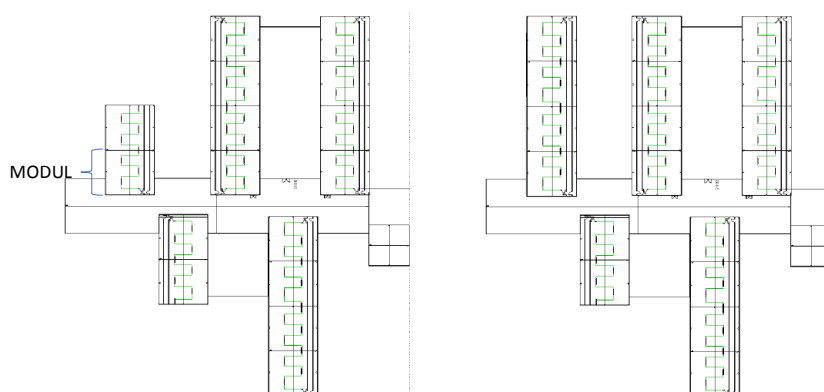
#### 3.3.3 Exempel

Här följer ett exempel på en tänkt användning av en bygglovsconfigurator för projektering av en datacenterbyggnad kopplat till konceptförslaget på ett datacenter som togs fram av i ett examensarbete utfört av Gille (2017) inom projektet, se figur 1.

I figur 8 visas två alternativa utformningar av datacenterbyggnaden och tanken med bygglovsconfiguratorn är att snabbt kunna ändra utformningen på olika sätt eftersom geometrin byggs upp av regler som är programmerade i mjukvaran, t ex via visual programming-verktyget Dynamo som kan generera geometri till Revit. När ändringar för geometrin görs kan sedan byggnadsmodellen för energianalys genereras genom att med hjälp av programmering skapa indatafilen till energianalysmjukvaran. Från modellen i energianalysmjukvaran fås sedan resultat gällande de båda byggnadsalternativens energiprestanda. På samma sätt kan en LCA-analys göras genom att det redan finns en grundanalys gjord för varje modul (se figur 9) som finns sparad i master



modellen som sedan kan användas om fler moduler läggs till. På så sätt kan användarna av bygglovsconfiguratoren snabbt utvärdera olika alternativ.

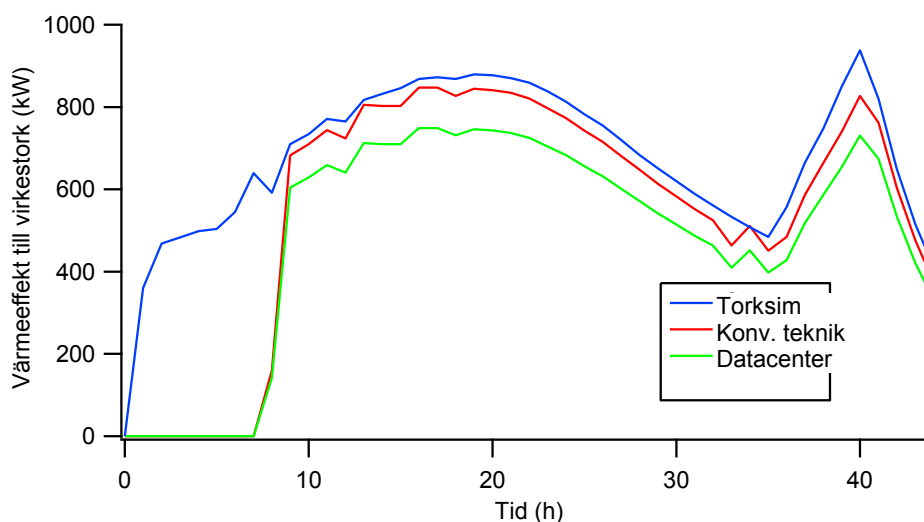


Figur 9. Byggnadsalternativ med kort utbyggnad (vänstra) eller lång utbyggnad (högra), bearbetad från (Gille, 2017).

### 3.4 Virkestorkning

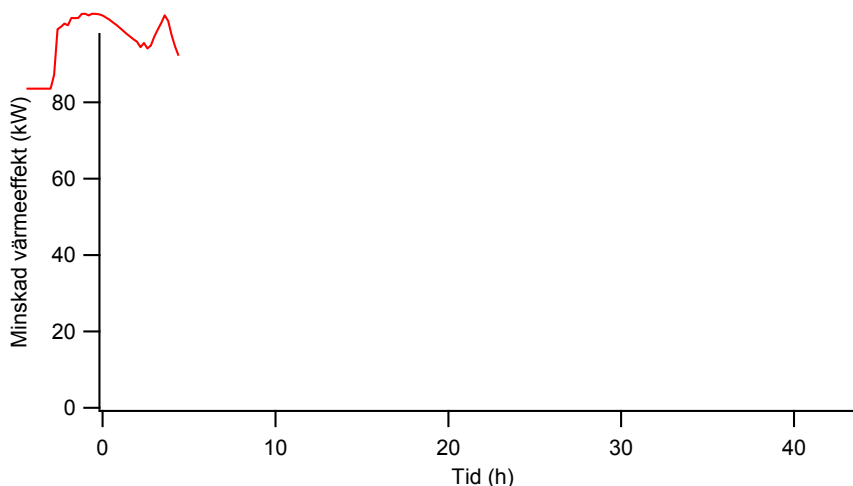
#### 3.4.1 Kammartorkar

Det första undersökta fallet, fall 1, uppvisar en tillförd värmeeffekt till virkestorkens värmebatteri enligt figur 10. Den översta kurvan (blå) avser värmeförluster enligt Torksim, då programmet inkluderar värmeförluster från byggnaden kommer den alltid att ligga överst. I simuleringar gjorda här ingår endast värmeförluster för att ersätta evakueringsförluster, kurvan i mitten (röd) avser värmeförluster med konventionell teknik och den understa kurvan avser värmeförluster där ersättningsluft tas från ett datacenter (grön).



Figur 10, Tillförd värmeeffekt för undersökta metoder.

Det intressanta området utgör jämförelsen mellan konventionell teknik och inkoppling av ett datacenter. Det minskade uppvärmningsbehovet vid inkoppling av ett datacenter visas i figur 11. Torkschemat medför en minskning av värmeförseln vilken varierar timme för timme. Mängden luft från datacenter varierar därför och ett medelvärde under torkprocessen är 2.18 kg/s, dvs ca 10% av totala luftflödet genom datacenteret. Omvänt kan ett datacenter på 1 MW försörja tio kammartorkar som torkar virke enligt fall 1.

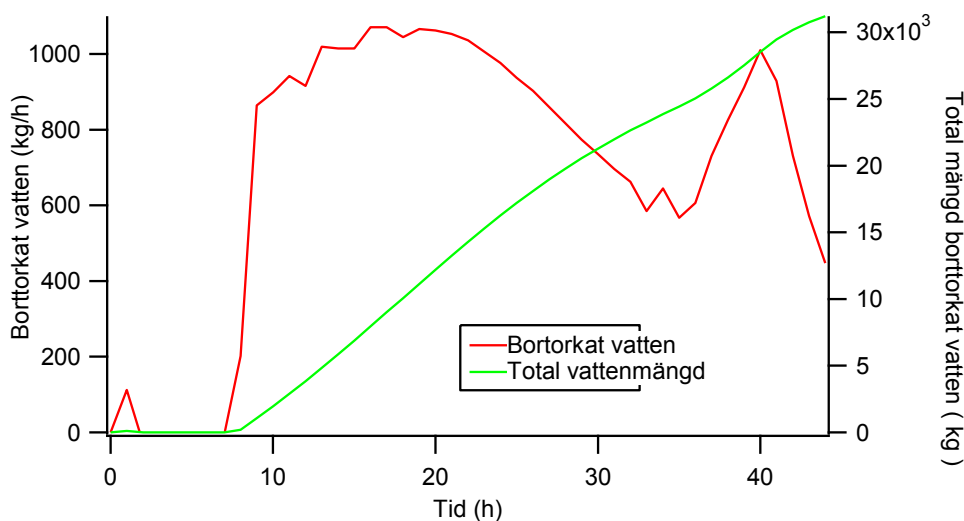


Figur 11, Minskad värmeeffekt vid jämförelse mellan konv. teknik och inkopplat datacenter.

Inom sågverksindustrin används oftast värmeförsel per kg borttorkat vatten som jämförelsetal. Figur 12 visar på borttorkad vattenmängd varje timme (röd kurva) samt totalt borttorkad vattenmängd under torkcykeln (grön kurva). I detta fall är det drygt 31 m<sup>3</sup> vatten som transporteras



bort. Det specifika värmebehovet exklusive uppvärmningsperioden blir för konventionell teknik 2.87 MJ/kg borttorkat vatten, med inkopplat datacenter sjunker siffran till 2.54 MJ/kg borttorkat vatten.



Figur 12, Borttorkat vattenmängd per timme samt totalt under torkcykel.

För fall 2–3 erhöles liknande resultat som för fall 1.

### 3.4.2 Vandringsstorkar

En vandringsstork har ett mer konstant värmebehov jämfört med kammartorkar eftersom ett visst klimat upprätthålls hela tiden, bortsett från växlingstillfällena och den därpå följande uppvärmningen av de nya virkesstaplar införda till torken. Detta sker vanligtvis två gånger per dygn och längden av varje tillfälle är 1–2 timmar.

För fall 4 erhöles under torkförloppet ett värmebehov för konventionell teknik på 1168 kW, med luft från datacenter sjunker värmebehovet till tork till 1072 kW, dvs en minskning med 96 kW och en varaktighet över dygnet på 20–22 timmar.

För fall 5 kräver konventionell teknik en värmeförsörjning av 1173 kW vilket sjunker till 1077 med förvärmad luft från datacenter, dvs sänker värmebehovet med 96 kW även för detta fall. Ett datacenter på 1 MW skulle då kunna försörja ca 10 vandringsstorkar både för fall 4 och 5.

För fall 6 (grövre dimensioner) blir värmebehovet för konventionell teknik 528 kW, motsvarande med ett datacenter inkopplat blir 485 kW, ett minskat värmebehov på 43 kW. I detta fall kan ett 1 MW:s datacenter försörja ca 23 st. vandringsstorkar.

Resultaten kan sammanfattas i tabell 2, och anger hur många torkar ett datacenter på 1 MW skulle kunna försörja.



Tabell 2 Antal virkestorkar som krävs för att tillvarata värmets från ett datacenter på 1 MW.

Undersökt fall	1	2	3	4	5	6
Antal virkestorkar (st)	10	33	45	10	10	23







utvecklas, testas och analyseras. Arbetsättet för konfigurering, livscykelanalys och energiberäkningar möjliggör utvärdering av olika material under tidig projektering. För varje utformning och material kan koldioxidavtrycket under datacentrets livslängd uppskattas. Det gör det möjligt att hitta optimala lösningar som minimerar inbyggd och driftenergi.



#### 4.4 Virkestorkning

Vid en första tanke kan det vara lockande att tänka sig att ta tillvara på varmluften från ett datacenter genom att utnyttja den uppvärmda luften för virkestorkning. Studien visar dock att värmebehovet i torken till största delen är för att värma luften med tillhörande vattenånga som cirkulerar i torken och inte att värma upp den torra luften som man måste tillföra. Ifall man ej tillvaratar denna värmeenergi finns tyvärr inte mycket att hämta. För att tillvarata värme från ett litet datacenter på 1 MW via virkestorkning krävs inkoppling mot 10–45 st. virkestorkar vilket utgör orimligt antal torkar för ett svenskt sågverk.

Kostnaden för en integrering av ett datacenter mot virkestorkning utgörs av isolerade ventilationskanaler samt spjäll för att fördela luften till behövande torkar. Även fläktar med elförsörjning krävs för transporten av luften från datacenter till virkestorkar. Tekniken är enkel och skulle fungera till en relativt låg investering.

Resultaten visar att i första hand torkning av bräder (klenare dimensioner) ger bästa utbytet och för en enskild tork kan ca 100 kW tillvaratas via uppvärmd luft från datacenter.



## 5 Publikationslista

*Examensarbete:* Gille, M. (2017) Design of Modularized Data Centers with a Wooden Construction, Luleå University of Technology



## 6 Referenser

Gille, M. (2017) Design of Modularized Data Centers with a Wooden Construction, Luleå University of Technology

CoClass, byggtjanst.se, besökt 20171220

Díaz, H., Alarcón, L. F., Mourgues, C. and García, S. (2017). Multidisciplinary Design Optimization through process integration in the AEC industry: Strategies and challenges. *Automation in Construction*. 73. pp. 102-119.

Solihin, W., Estman, C. and Lee, Y.-C. (2015). Toward robust and quantifiable automated IFC quality validation. *Advanced Engineering Informatics*. 29. pp. 739-756.

Martinsons (2016), Martinsons handbok i KL-trä,  
<https://www.martinsons.se/default.aspx?id=11498>The Norwegian EPD Foundation, (2014), ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATIONe KL-tre



*Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.*

*E2B2 genomförs i samverkan mellan IQ Samhällsbyggnad och Energimyndigheten åren 2013–2017. Läs mer på [www.E2B2.se](http://www.E2B2.se).*

