

[Företagets namn]

Branschramverk för utvecklingsnivåer inom fastighetsautomation

Litteraturgenomgång

Vanja Månborg och Kjerstin Ludvig
2021-07-15



Innehåll

Sammanfattning.....	3
Inledning.....	5
Bakgrund.....	5
Vad är fastighetsautomation?.....	7
Några centrala begrepp inom fastighetsautomation	11
Fastighetsstyrningens systemgränser	11
Elnät, fjärrvärme och användarflexibilitet	13
Hur mycket ny flexibilitet behövs i det svenska elsystemet i framtiden?.....	14
Efterfrågefleksibilitet i fjärrvärmesystem	15
Digitalisering och efterfrågefleksibilitet.....	16
Den smarta byggnadens intressenter – behov och drivkrafter hos aktörerna.....	17
Vem fattar beslut om, respektive påverkas av, energirelaterade investeringar i byggnader?	17
Brukare	19
Fastighetsägare.....	20
Teknikleverantörer	21
Energileverantörer.....	22
Myndigheter	22
Utvecklingsnivåer för fastighetsautomation– exempel på befintliga ramverk	23
Trappan – mognadsgrad inom digital fastighetsautomation.....	23
Powerhouse Alliansens automationstrappa	25
Fördjupning inom Smart Readiness Indicator	27
EUs indikator för bedömning av byggnaders smarta beredskap.....	27
Vad har beslutats inom EU och i Sverige?	28
Systemets upplägg	29
Tillvägagångssätt för bedömning av potential.....	31
Vem ska utföra bedömningen?.....	34
Frågor kopplat till implementering	35
Nordiska erfarenheter av SRI-ramverket	36
Kommande retroaktiva krav på styr och regler i fastigheter	37
Andra viktiga aspekter för fastighetsautomation	39
Säkerhet	39
Affärsmodeller	40

Kostnader	40
Ansvar/Juridik/Försäkringar	41
Diskussion	41
Referenser	43
Bilaga 1 Begrepp inom fastighetsautomation	45

Sammanfattning

Detta PM syftar till att ge en introduktion till digital fastighetsautomation kopplat till energianvändning. Här redovisas en litteraturgenomgång om fastighetsautomation och befintliga ramverk för utvecklingsnivåer och särskilt fokus i projektet läggs på EUs frivilliga system *Smart Readiness Indicator*. PM:et är en underlagsrapport inom projektet *Branschramverk för automatiserade byggnader och energisystem*. Projektet syftar till att utveckla ett branschöverskridande ramverk som beskriver olika automatiseringsnivåer i fastigheter och deras möjligheter och begränsningar i att samverka med det omgivande energisystemet.

Det pågår en stor omställning av energisystemet, där andelen variabel elproduktion ökar samtidigt som elektrifiering av stora delar av samhället tar fart, inte minst när transportsektorn och industri ska övergå från fossila bränslen till el. Mycket talar för att behovet av efterfrågeflexibilitet hos energianvändarna, såsom fastigheter, kommer att öka framöver. Att nyttja flexibiliteten hos slutkunder är en av pusselbitarna för att kunna möta effektbehovet. Fastighetssektorn har därför potential att bli en mer aktiv part i det framtida energilandskapet, genom att byggnadernas energianvändning i större utsträckning än idag kan samverka med, och bidra till, det omgivande energisystemet. Styrning av fastigheternas energianvändning kan fokusera på att optimera energianvändningen inom byggnaden (styrning fastighet) eller optimera energianvändningen i samspel med det omgivande energisystemet (styrning nät).

Fastighetsautomation sker inte av egen kraft utan det måste finnas drivkrafter för teknikutvecklingen, någon som efterfrågar eller köper nya tjänster och någon som utvecklar tjänsterna. I PM:et kartläggs *vilka* aktörerna är som driver och eller påverkas av fastighetsautomation. Vem vill öka graden av fastighetsautomation och vilka nyttor ser de med det? De aktörsgrupper som beskrivs är brukare, fastighetsägare, teknikleverantörer, energileverantörer och myndigheter.

Inom litteraturstudien har ett antal olika befintliga ramverk som beskriver utvecklingsnivåer för automation identifierats. Det finns många exempel på beskrivningar av utvecklingsnivåer, men vi har endast identifierat ett par som kan anses vara heltäckande i det avseendet att ramverken tar hänsyn till tekniska aspekter men även användarbehov och samhällsnytta. Samtliga ramverk/system är frivilliga att använda för fastighetsägare eller förvaltare och kan underlätta att få överblick av vad som krävs för att uppnå högre grad av digital fastighetsautomation samt hur vägen dit ser ut. Rapporten lyfter inte fram specifika leverantörers egna beskrivningar av automationsnivåer.

Det första heltäckande ramverket är framtaget av Offentliga Fastigheter och fokuserar på utvecklingsnivåer i lokaler med praktisk vägledning främst vad avser styrsystemet. En begränsning med det ramverket är att det är relativt stor nivåskillnad mellan stegen i trappan där de första två stegen kan tolkas som icke automatiserad medan det sista steget kan tolkas innehålla väldigt mycket av 'smartheten'.

Det andra heltäckande ramverket, Powerhouse Alliance trappan, är framtaget av ett konsortium i byggsektorn och är tänkt att användas som underlag för val av automationsnivåer och tekniska lösningar vid framför allt nybyggnation och större renovering.

Därefter görs en fördjupning inom det ramverk som EU tagit fram, Smart Readiness Indicator SRI. Syftet med SRI är att öka medvetenheten om fördelar med smarta byggnader ur ett energiperspektiv

och därigenom främja investeringar i smarta tekniska lösningar och stödja implementering av tekniska innovationer i byggnadssektorn. Indikatorn är framtagen för att visa på hur förberedd byggnaden är för smart styrning utifrån sin egen fulla potential. Den är inte framtagen för att användas som generellt branschramverk för automationsnivåer.

Avslutningsvis redovisas ytterligare ett antal aspekter som behöver hanteras för framgångsrik och resurseffektiv digital fastighetsautomation: säkerhet, affärsmodeller, kostnader, lönsamhet, m.m.

Nästa steg inom projektet är att utveckla ett branschöverskridande ramverk som beskriver olika automatiseringsnivåer i fastigheter, baserat på insikter från denna litteraturstudie och andra aktiviteter såsom intervjuer, scenarioanalyser och workshops, inom projektet.

Inledning

Utvecklingsprojektet *Branschramverk för automatiserade byggnader och energisystem* syftar till att utveckla ett branschöverskridande ramverk som beskriver olika automatiseringsnivåer i fastigheter och deras möjligheter och begränsningar i att samverka med det omgivande energisystemet. Detta PM, som är en underlagsrapport inom projektet, syftar till att ge en introduktion till digital fastighetsautomation kopplat till energianvändning. PM:et redovisar en litteraturgenomgång om fastighetsautomation och befintliga ramverk för utvecklingsnivåer med särskilt fokus på EUs frivilliga system *Smart Readiness Indicator*. Dessutom beskrivs några av de olika aktörerna som påverkar och påverkas av fastighetsautomation, samt deras drivkrafter och behov.

Litteraturstudien är genomförd under våren 2021 av Profu och resultaten har presenterats för projektets styrgrupp vid en workshop i juni 2021.

Projektet som helhet har som mål att utarbeta och sprida ett ramverk (definitioner av utvecklingsnivåer, rekommendationer vid strategisk planering av automationslösningar, exempel på tillämpning mm) med fokus på de primära målgrupperna a) företagsledning och IT-strategier inom berörda branscher, b) driftansvariga inom berörda branscher c) teknik konsulter/projektörer, d) teknik- och systemleverantörer och e) experter inom berörda myndigheter. Projektet tar sin utgångspunkt i styrning av energianvändningen i lokalbyggnader och flerbostadshus, tex kopplat till uppvärmning och kyla, ventilation, varmvattenberedning, lokal elproduktion, lokal värmeproduktion, lokal lagring av el och värme, laddning av elbilar och övrig fastighetsel.

I projektarbetsgruppen medverkar Sustainable Innovation (projektledare), Profu, WSP, CIT Energy Management och Installationsföretagen. I projektets styrgrupp ingår representanter för Installationsföretagen, WSP/BeBo, CIT/BeLok, Profu och Göteborg Energi. Projektet pågår 2020 – 2022 och finansieras av Energimyndigheten, SBUF och Elteknikbranschens Utveckling AB.

Bakgrund

Det pågår en stor omställning av energisystemet, där andelen variabel elproduktion ökar samtidigt som elektrifiering av stora delar av samhället tar fart, inte minst när transportsektorn och industri ska övergå från fossila bränslen till el. Redan idag ser vi konsekvenser av utvecklingen, tex att tillgången på eleffekt i vissa områden tidvis blir begränsad och elpriser varierar betydligt över året och mellan olika delar av landet. Fastighetssektorn har därför potential att bli en mer aktiv part i det framtida energilandskapet, genom att byggnadernas energianvändning i större utsträckning än idag kan samverka med, och bidra till, det omgivande energisystemet. Effektstyrning, efterfrågefleksibilitet och lagring är exempel på möjligheter som ofta lyfts fram. Att utnyttja byggnaders möjlighet till efterfrågefleksibilitet och att minska effektbehov ger snabbare genomslag än investeringar i elnät. Styrning av fastigheternas energianvändning kan fokusera på att optimera energianvändningen inom byggnaden (styrning fastighet) eller optimera energianvändningen i samspel med det omgivande energisystemet (styrning nät).

Effekt- och energieffektivisering i fastigheter är viktiga åtgärder för att nå kommunala och nationella energimål och samtidigt ställa om till fossilfri och resurseffektiv energiförsörjning. Energianvändning och energiförsörjning är i ett intensivt och spännande skede, där kundkrav, teknikutveckling, styrmedel och samverkan mellan el och fjärrvärme påverkar utvecklingen framåt. Den tekniska utvecklingen inom digitala lösningar kan innebära stora möjligheter till styrning, optimering, samordning, energidelning mellan byggnader osv. Utöver konventionella åtgärder som bland annat

åtgärder på klimatskal och ventilation, finns idag ny teknik som möjliggör smart styrning och lågtemperatursystem. Det pågår ett stort antal pilotprojekt och utredningar runtom i landet i syfte att utforska framför allt de tekniska möjligheterna och allt pekar på att flera av dessa kommer kunna implementeras i större skala de kommande fem-tio åren.

Utvecklingen mot ett mer energieffektivt fastighetsbestånd drivs på av både fastighetsägarna, brukare, staten och EU. Smart styrning av byggnader lyfts fram som ett redskap för effektivare utnyttjande av energiresurser i fastigheter och ökat samspel med omgivande energisystem och därigenom förhoppningsvis även sänkta driftkostnader. I ett europeiskt perspektiv har Sverige kommit långt med energieffektivt byggande, men det finns fortfarande stor potential för ytterligare energieffektivisering.

Förväntningar och krav inom övervakning och styrning av fastigheter ökar därmed inom EU och nationellt. Flera faktorer talar för att investeringar i styrsystem i byggnader kan förväntas öka (Thygesen och Ab 2021; Boverket 2021), bland annat möjligheten att:

- sänka energikostnader för fastighetsägaren,
- låta byggnader bidra med efterfrågeflexibilitet till energisystemet. Efterfrågeflexibilitet blir allt viktigare när allt mer el efterfrågas av bland annat industri och transportsektorn samtidigt som elproduktionen blir alltmer variabel
- styra effekt- och energianvändningen i byggnader för att nå uppsatta energi- och klimatmål
- Krav från EU om övervakning av installationer kan undvikas genom installation av styr och regelsystem (DIREKTIV (EU) 2018/844 2018)

Den pågående digitalisering i samhället och AI, artificiell intelligens, bedöms i grunden kunna förändra hur vi arbetar och lever. På en övergripande nivå kan nämnas att (McKinsey & Company 2017) analyserade hur automatisering och AI kan påverka framtidens arbetsmarknad globalt och bland annat bedömde potentialen för automatisering. De definierade potentialen som mängden arbetsmoment som kan automatiseras med dagens teknik där exempelvis Sveriges potential uppskattas vara 45% medan ett globalt medel är 50%. I rapporten nämns också AI som en del av framtida automation. McKinsey menade att potentialen är stor för användning av AI-teknik – även när de begränsade urvalet av länder till sådana som McKinsey definierar som 'digital front-runners', dvs länder som redan ligger långt framme med digitalisering – var det endast 17% av företag som använder sig av AI-teknik och endast 4% använder AI som en del av sin tjänst. Trenden verkar dock vara att användningen kommer öka till 30% till 2030.

AI nämns också i andra rapporter, exempelvis identifierar (Vinnova 2018) i rapporten 'Artificiell intelligens i svenskt näringsliv och samhälle' områden där utveckling av AI-teknik kommer vara viktig för framtida konkurrens- och innovationskraft. Ett viktigt område som tas upp är hållbara och smarta städer. När det gäller energisektorn menar rapporten att potentialen för att tillämpa AI är stor och att viktiga drivkrafter är bättre erbjudanden med kunder och ökad interaktion, ökad effektivitet samt utveckling av nya affärsmodeller.

I en rapport från 2018 beskriver (Löfblad m.fl. 2018) hur frågan om digitalisering kan påverka energibranschen, särskilt vad gäller teknikområden som prediktivt underhåll, avancerad optimering och styrning samt möjligheter med blockkedjeteknik. Rapporten sammanfattar att intresset är stort men att det pågår relativt få aktiviteter. I rapporten lyfts också att företag som kommit längre i sitt digitaliseringsarbete visar stor vilja på att samarbeta med andra aktörer som kunder, leverantörer och även konkurrenter.

Närmare fastighetssektorn genomfördes en förstudie för BELOK (Basiri 2020) med mål att hjälpa fastighetsägare att förstå och orientera sig med avseende på hur data från byggnader kan göras tillgängliga för digitalisering av verksamheter och energianvändning. Utredaren konstaterade bland annat att det tycks viktigare med öppna tillämpningar (programlogik och algoritmer) än med öppna språk.

Även om det finns mycket information om automation och digitalisering, saknas det idag branschgemensamma definitioner av utvecklingsnivåer kopplat till fastighetsautomation och fastighetsstyrning. Denna litteraturstudie syftar därför till att ta fram underlag för framtagning av ett ramverk för nivåer på fastighetsautomation. Ett sådant ramverk kan bidra till gemensam förståelse för utvecklingsmöjligheter och potential samt lyfta vilka förutsättningar är nödvändiga för framtida utveckling av fastighetsautomation.

Vad är fastighetsautomation?

Innan vi fördjupar oss inom utvecklingsnivåer ges i följande kapitel en introduktion till fastighetsautomation inklusive vanligt förekommande definitioner. Först introduceras tre nivåer som brukar användas för att definiera fastighetsstyrningssystem. Därefter beskrivs digital fastighetsautomation specifikt och några vanligt förekommande begrepp.

Fastighetsautomation handlar om att *styra, reglera och övervaka* olika tekniska installationer och system i fastigheter för bland annat värme, ventilation, kyla, luftkonditionering, belysning och solskydd, se tex. (Sonnek och Lindgren 2015; Offentliga Fastigheter 2020). Även andra system kan ingå i området, t.ex. hissar, rulltrappor, brandlarm och tillträdeslarm.

Definition av fastighetsautomation och fastighetsstyrning enligt plan- och byggförordningen

Med system för fastighetsautomation och fastighetsstyrning avses enligt 1 kap. 3 § plan- och byggförordningen ett system som är driftskompatibelt med anslutna installationssystem och anordningar i byggnaden och omfattar alla produkter, all programvara och allt tekniskt underhåll som kan stödja en energieffektiv, ekonomisk och säker drift av byggnadens installationssystem genom automatisk styrning och genom att underlätta den manuella hanteringen av byggnadens installationssystem och som fortlöpande övervakar, registrerar, analyserar och gör det möjligt att anpassa energianvändningen samt fastställer riktmärken för energieffektivitet, upptäcker effektivitetsförluster, informerar om möjligheter till förbättrad energieffektivitet och möjliggör kommunikation.

Källa: Boverket 2021

Tabell 1 Exempel på styrning, reglering och övervakning (Källa: Mossberg Sonnek och Lindgren, 2015)

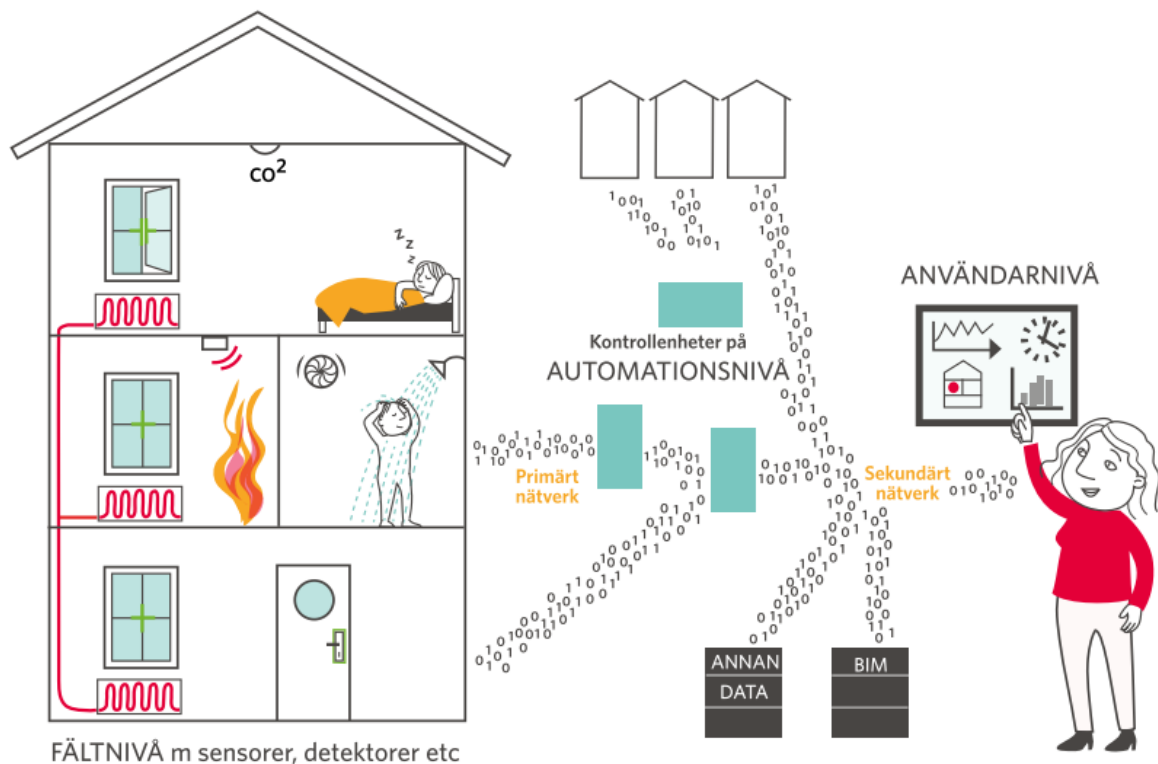
Styrning	T.ex. att slå på eller av en fläkt eller pump
Reglering	Funktionsspecifik justering, tex temperaturreglering
Övervakning	Temperatur, koldioxidhalt, närvaro, m.m.

Sonnek och Lindgren (och många andra författare) beskriver hur system för fastighetsautomation kan delas in i tre nivåer: informationsnivå, automationsnivå och fältnivå. Utdrag ur exempelvis (Gustafsson 2013) beskriver de olika nivåerna enligt följande:

- På *fältnivån* finns mät-, positionerings-, kopplings- och signaleringsutrustning för de drifttekniska systemen. På fältnivå finns även styrningen för det enskilda rummet eller den enskilda zonen. I praktiken omfattar det insamling via givare av mätvärden för temperatur, tryck, volym, manövrering av motorer och mycket annat.
- *Automationsnivån* reglerar och övervakar drifttekniken i elektriska och mekaniska anläggningar. Driften på den här nivån är i stor utsträckning autonom, vilket innebär att driften av systemen löper vidare utan avbrott vid eventuella fel på informationsnivån. På automationsnivån utförs funktioner som mätning, styrning, reglering, optimering osv.
- På *informationsnivån* sker hantering, övervakning och samordning av automationsnivå och fältnivå. På informationsnivån utförs funktioner som start, stopp och börvärdesändringar, överföring av meddelanden om drift, fel och larm med flera andra.

Kensby och Olsson (Kensby och Olsson 2012) beskriver utförligt de olika nivåerna inklusive nödvändiga kommunikationsnätverk mellan nivåerna. Infrastrukturen illustreras av (Offentliga Fastigheter 2020) vilket framgår av Figur 1.

➔ Fältnivå, automationsnivå och användarnivå hos ett fastighetsautomationssystem



Figur 1: Infrastrukturen för ett fastighetsautomationssystem kan beskrivas som tre nivåer. Användarnivån här motsvarar informationsnivån i texten ovan. Källa: Offentliga Fastigheter 2020

Digital fastighetsautomation kan beskrivas som att de olika systemen i en byggnad är ihopkopplade och samverkar med varandra för att bidra till en optimal och anpassningsbar inomhusmiljö. Målet är oftast att skapa nytta i form av effektivare fastighetsförvaltning, underhåll av fastigheter och bättre

inomhusmiljö för brukarna. Det som för några år sedan beskrevs som digitalt, tex ett överordnat system för styr- och övervakning, anses idag vara en självklarhet i många typer av fastigheter (Offentliga Fastigheter 2020). Den tekniska utvecklingen inom digitala lösningar de senaste åren har lett till både ökat intresse och snabb utveckling, både tekniskt och ur kostnadssynpunkt. Kostnaderna och tillgänglighet för digitala lösningar för fastighetsautomation har sänkts markant.

Exempel på byggnader med avancerad fastighetsstyrning

Det finns idag flera exempel internationellt på smarta byggnader som är i drift. Några av dessa presenteras nedan.

Watson IoT, Munich

IBMs huvudkontor i München öppnade 2017 och erbjuder över 2000 kvadratmeter kontorsyta fylld med teknik. En beskrivning från onlinetidningen PlaceTech sammanfattar den tekniska möjligheten till så kallad 'hot desking' där byggnaden känner igen vem som ska ha vilken arbetsplats och anpassar förhållandena till arbetsplatsen baserat på personliga preferenser.

With over 1,000 employees and clients using the space, the Watson IoT system within the building is optimised for hot desking. IBM's 'digital twin' is key to this. Each person has a unique digital identity, and the system can detect who is in which seat and sets the heating and lighting conditions to his or her preferences.

The Edge

Deloitte's kontor i Amsterdam öppnade 2015 och är en kontorsbyggnad på ca 40 000 kvadratmeter. I en artikel i Bloomberg beskrivs byggnaden som 'The Smartest Building in the World'. Artikeln fortsätter med att beskriva hur en arbetsdag ser ut i The Edge:

It knows where you live. It knows what car you drive. It knows who you're meeting with today and how much sugar you take in your coffee. (At least it will, after the next software update.) This is the Edge, and it's quite possibly the smartest office space ever constructed.

Byggnaden är fylld med teknik: totalt finns det runt 28 000 sensorer, funktionalitet för 'hot desking', en byggnadsunik app där de som vistas i byggnaden kan justera komfortinställningar och mycket mer.

Calvary Adelaide Hospital, Australia

Ett privat sjukhus i Australien med en yta på 57 000 kvadratmeter färdigställdes 2020. Sjukhuset är utrustat med ett modernt byggnadsautomationssystem. Tekniken som finns installerad beskrivs av leverantören mySmart som:

At the heart of the system is its ease of use and comfort for hospital staff and patients. Touch panels place the control of building functionality into the hands of key personnel, whilst PC visualisation gives facility managers visibility of energy usage which can inform energy saving decisions.

Smarta hotellrum

Ett flytande lägenhetshotell i Polen utrustat med avancerad teknik där hyresgästen själv kan styra upplevelsen. Leverantören ABB som levererat tekniken beskriver det som:

Gästerna kan styra lägenheten på två olika sätt: antingen med den slimmade kontrollpanelen på väggen eller med en särskild app i mobilen. Med ett lätt tryck på en skärm styr man uppvärmning, belysning och luftkonditionering men även persienner och golvvärme. Om gästerna önskar en annan känsla i rummet kan de använda förprogrammerade funktioner med olika "rumsscenarier" som passar för stunden.

Viktigt att notera är att förutsättningarna för att digitalisera fastighetsstyrningen skiljer sig åt vid nyproduktion av byggnader och för befintliga byggnader. För en ny byggnad kan man tidigt fånga upp behov och anpassa lösningarna. För befintliga byggnader påverkar olika grundförutsättningar, såsom

vilka system och installationer som finns sedan tidigare och deras tekniska status, hur digitalisering kan ske (Offentliga Fastigheter 2020).

Några centrala begrepp inom fastighetsautomation

Fastighetsautomation är förknippat med många olika begrepp som omfattar allt från styr- och regler teknik till olika IT-förkortningar, beskrivningar av tjänster och annat. Nedan beskriver vi kort några centrala begrepp som är relevanta för fastighetsautomation. En mer utförlig begreppslista finns att läsa om i Bilaga 1.

Fastighetsnära IT

Ett begrepp som ofta förekommer i samband med fastighetsautomation är 'fastighetsnära IT'. Detta begrepp omfattar både fysisk utrustning för IT och kommunikation som är placerad i fastigheten med koppling till fastighetsautomation som exempelvis modem, nätverkskablar, switchar osv. men även virtuell utrustning som IP-adresser, drivrutiner med mera. Med andra ord krävs det en del 'fastighetsnära IT' för att en fastighet ska vara uppkopplad och ska kunna skicka olika typer av signaler till andra system eller användarna.

Fastighetstjänster

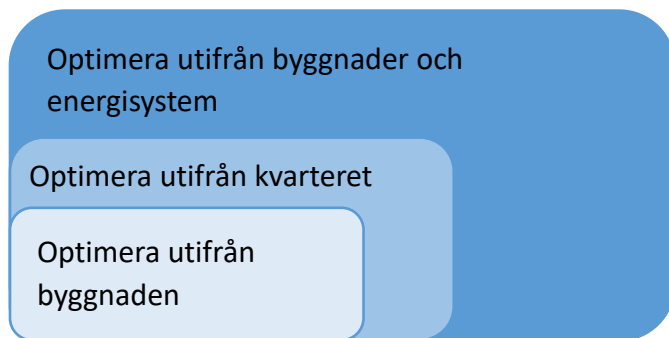
Ett annat begrepp som nämns inom fastighetsautomation är 'fastighetstjänster'. Fastighetstjänster (Facility Management på engelska) används för att beskriva tjänster som kan tillhandahållas till en fastighet. Enligt (Sonnek och Lindgren 2015) kan fastighetstjänster delas in i 'hårda' och 'mjuka'. Hårda tjänster avser då typer av tjänster knutna till fastigheten, som energioptimering, sophantering, säkerhetslösningar osv. Mjuka tjänster handlar om städning, tvätt, matleveranser osv.

Sakernas internet (IoT)

Sakernas Internet (Internet of Things (IoT) på engelska) är ett begrepp som florerar i många olika sammanhang. Begreppet syftar till att enskilda 'saker' som tidigare saknat kommunikationsmöjlighet i allt större utsträckning utrustas med exempelvis ett wifi-chip eller annan kommunikationsutrustning vilket gör det möjligt att direkt kommunicera med dem. Inom ramen för fastighetsautomation innebär detta att utrustning från fältnivån kan kommunicera direkt mot informationsnivån vilket öppnar upp möjligheter för bland annat mer personligt anpassad styrning.

Fastighetsstyrningens systemgränser

Energianvändningen i en byggnad kan optimeras utifrån de behov som brukarna (hyresgäster, verksamheter, m.fl.) har, utifrån energibehov och -tillgång i det omgivande området/kvarteret eller utifrån hela energisystemet, där byggnadsbeståndet utgör en del. Nyttan av energioptimeringen ökar desto större systemgräns som sätts, men komplexiteten ökar också.



Figur 2: Systemgränsen kan sättas utifrån olika perspektiv vid energioptimering av byggnad

Nedan ges några exempel på styrning.

Styrning utifrån fastighetens perspektiv

Många energiåtgärder fokuserar på att optimera energi- och effektbehovet ur fastigheternas perspektiv. Det kan handla om att styra värmebehovet efter rumstemperatur, väderprognoser och andra parametrar. För att styra värmebehovet optimalt nämner (Kensby m.fl. 2019) att man kan utnyttja "snabb flexibilitet", dvs den termiska energi som har ett litet motstånd för att överföras till luften från exempelvis inventarier, radiatorsystem och invändiga ytskikt. Det blir också alltmer vanligt att använda avancerad styrning med artificiell intelligens som 'lär sig' fastighetens behov och optimerar energi- och effektleveransen. Här finns en växande marknad av tredjepartsaktörer som erbjuder olika former av styrsystem för fastigheter. Hildebrand (Hildebrand 2017) kartlade och jämförde ett antal olika styrsystem som är utformade för att minska energianvändningen och förbättra inomhusklimatet i fastigheterna samt samlade in erfarenheter från ett antal fastighetsbolag.

Styrning som samordnar energianvändning, distribution och produktion

Det finns en betydande flexibilitet när byggnader, fjärrvärmenät och elnät samoptimeras (Kensby m.fl. 2019). Värmerelaterade åtgärder kan till exempel fokusera på att optimera energianvändningen hos kunderna utifrån fjärrvärmeproduktionens kostnadsoptimala nivå, istället för tvärtom. Det kan exempelvis handla om styrsystem som anpassar temperaturerna i fjärrvärmenätet för att optimera leveranserna eller som identifierar olika typer av problem.

Här finns också ett antal olika styrsystem på marknaden (se t.ex. Hildebrand 2017). Styrsystemen kan till exempel även användas för styrning med optimering ur energisystemets perspektiv i fokus. Flera av systemen utnyttjar AI, artificiell intelligens, för att hitta optimal styrning av både behov och produktion samtidigt utifrån de stora mängder parametrar och data som genereras.

Ett lokalt exempel på samspel mellan produktion, distribution och användning var det så kallad FED-projektet vid Chalmers i Göteborg (Fossilfree Energy District), där en lokal marknadsplats för handel med energi utvecklades. Det lokala initiativet av en marknadsplats utvecklades på Chalmers Campus Johanneberg inom ett internationellt forskningsprojekt med syfte att minska energianvändningen och beroendet av fossila bränslen i fastigheter. Projektet pågick 2017-2019 (Karlsson och Rydberg 2019).

Kensby m.fl. (2019) redovisar olika typer av flexibilitet som kan underlätta för fjärrvärmenätet. En flexibilitetsmekanism är att utnyttja byggnadernas värmelagringskapacitet, den termiska massan, som en flexibilitet i fjärrvärmenätet. Utnyttjande av värme lagrad i byggnadsstommen kan beskrivas som "Långsam flexibilitet", eftersom det tar viss tid att lagra värme i stommen och att ladda ur den.

Ny indikator ska främja smart styrning

Genom att främja digital fastighetsstyrning och andra lösningar i den bebyggda miljön skapas alltså möjligheter till energibesparingar inom byggnaden och omgivande energisystem. Genom att byggnaderna blir uppkopplade kan informations- och kommunikationstekniken användas för att anpassa byggnadernas drift till de boendes behov men även det omgivande el- och fjärrvärmenätets behov. Digitala lösningar kan ge konsumenterna mer exakt information som sina förbrukningsmönster och de systemansvariga får möjlighet att sköta nätet effektivare. EU har utvecklat en indikator, *Smart Readiness Indicator*, för att bedöma hur väl förberedd en byggnad är för att möjliggöra att den anpassar sig till behoven hos brukarna, drift- och underhåll samt det omgivande energisystemet, se Figur 3. Indikatorn presenteras vidare i kapitlet 'Fördjupning inom Smart Readiness Indicator'.



Figur 3: Indikatorn för hur smartberedd en byggnad är utgår från de tre funktionerna: beredd att anpassa sig till de boendes behov, till drift- och underhållseffektivitet och till det omgivande energisystemet (Verbeke m.fl. 2020)

Indikatorn för smart beredskap syftar till att öka fastighetsägarnas och de boendes medvetenhet om värdet av fastighetsautomation och elektronisk övervakning av byggnadens installationssystem, och inge förtroende hos de boende när det gäller de faktiska besparingarna med dessa nya förbättrade funktioner. I dagsläget kan medlemsstaterna frivilligt bestämma hur systemet för betygsättning av byggnaders smarta beredskap ska användas.

Elnät, fjärrvärme och användarflexibilitet

Mycket talar för att behovet av efterfrågeflexibilitet hos energianvändare, såsom fastigheter, kommer att öka framöver. Ökad elanvändning i flera samhällssektorer och mer variabel elproduktion, tillsammans med mindre planerbar elproduktion, ändrar förutsättningarna för energisystemet. Förutsättningar och utmaningar kommer dessutom skilja sig åt mellan olika lokala och regionala områden. Flera storstadsområden har redan varnat för effekt- och kapacitetsbrist. Stockholm, Malmö och Mälardalen var först utmed att uppmärksamma den uppkomna situationen, men nyligen varnade även Göteborg för att liknande situationer kan uppstå inom en snar framtid, eftersom industrin och transportsektorn ska elektrifieras. Att nyttja flexibiliteten hos slutkunder bedöms av många vara en av pusselbitarna för att kunna möta effektbehovet.

I kommande avsnitt beskrivs efterfrågeflexibilitet hos slutanvändare ur el- och fjärrvärmesystemens perspektiv. Först beskrivs flexibilitet generellt, därefter hur effektbehovet kan förändras, vilken roll efterfrågeflexibilitet kan ha i el- och fjärrvärmesystemen samt hur digitalisering kan bidra till elnätet.

Flexibilitet, och behovet av flexibilitet i vårt elsystem, är ett allmänt samlingsbegrepp för en lång rad situationer, behov och åtgärder som krävs för att kunna reglera vårt elsystem (Bruce m.fl. 2018). Flexibilitet är således inget entydigt definierat begrepp. Den är dessutom av olika slag, varierar från en tidpunkt till en annan och varierar om vi ser till landet som helhet eller bara till försörjningen inom ett regionnät- eller lokalnätsområde. Begreppet flexibilitet i elsystemet handlar inte bara om kraftbalansen utan också om att klara belastningen på elnäten. Det går heller inte att på ett entydigt

sätt ange hur mycket flexibilitet som finns idag och i vilken mån den räcker till för att hantera ett framtida behov.

Inom forskningsprojektet NEPP (www.nepp.se) har minst fem ”åtgärdsområden/ dimensioner” för att möta ett ökat och mer variabelt behov av effekt och flexibilitet inom elsystemet identifierats och diskuterats (Sköldberg m.fl. 2020):

- Elnätsutbyggnad (både inom landet och mellan länder)
- Ökad produktionskapacitet (både lokalt och nationellt)
- Energi- och effekteffektivisering i användarledet
- Efterfrågefleksibilitet
- Lagring

Fastighetssektorn kan alltså framför allt bidra till elnätet genom energi- och effekteffektivisering och flexibilitet i användningen, till exempel genom smart styrning.

När man diskuterar flexibilitet är tidsperspektivet avgörande. Olika lösningar bidrar med flexibilitet ur olika tidsperspektiv. Batterier till exempel fungerar som korttidslager och efterfrågefleksibilitet kopplad till uppvärmning har också begränsad varaktighet (annars blir inomhustemperaturerna för låga). I framtiden, när den svenska elproduktion till större del än idag baseras på vindkraft, kommer flexibilitet vara nödvändig över längre tidsperioder, eftersom variabilitet i vindkraft kan uppgå till flera dygn. Då måste man förlita sig på andra variabilitetshanteringsalternativ. I figuren nedan, som hämtats ur (Bruce m.fl. 2018; Sköldberg m.fl. 2020) redovisas förenklat några olika åtgärds användbarhet för olika situationer.

	Balansreglering timme	Balansreglering vecka	Överskott	Topplast 1h	Topplast dygn	Årsreglering
Energilager (batteri)	😊	😞	😊	😊	😐	😞
Efterfrågefleksibilitet	😊	😞	😐	😊	😞	😞
Utbyggnad av stamnät	😐	😐	😊	😊	😊	😊
Utbyggd kraftvärme	😐	😊	😐	😊	😊	😊
Gasturbin	😊	😐	😞	😊	😊	😊
Ökad flexibilitet vattenkraften	😊	😊	😊	😐	😐	😊

Figur 4: Inom NEPP har en schematisk, och delvis subjektiv, bedömning av olika åtgärds förmåga att möta olika flexibilitetsutmaningar. Efterfrågefleksibilitet har framför allt möjlighet att bidra ur ett kort tidsperspektiv (timme).

Bedömningen inom NEPP är att efterfrågefleksibilitet hos slutkunder (industrin, fastigheter m.fl.) framför allt är lämplig för att balansera elsystemet och minska topplastbehov på mycket kort sikt.

Hur mycket ny flexibilitet behövs i det svenska elsystemet i framtiden?

I en särskild studie för Forum för Smart Elnät gjorde NEPP en fördjupning runt frågan om hur mycket ny flexibilitet som kommer att behövas i det svenska elsystemet i framtiden (Bruce m.fl. 2018). Två intressanta insikter inom arbetet var att begreppet flexibilitet är mycket mångfacetterat och dessutom ett mer laddat koncept än vad forskarna förväntade sig. Hur man ser på flexibilitet i elsystemet kopplar till stor del till vilket förtroendet för, och tillit till, de flexibilitetsresurser som finns

tillgängliga i elsystem i framtiden som olika aktörer har och hur man vill att elsystemet ska utvecklas framöver (vilket nästan blivit en politiskt laddad fråga).

I arbetet har bland annat behovet av balansreglering på timme och vecka samt topplasteffekt på timme och dygn uppskattats. För beräkningen av förändrat effektbehov analyserades den maximala förändringen i behov som observeras under ett år inom olika tidsintervall. Både den maximala fluktuationen från en timme till en annan och förändringen av nettolasten inom en vecka förväntas nästan fördubblas. En av slutsatserna i arbetet var att det kommer att vara betydligt svårare att bedöma när effekttoppar sker i framtiden, när framför allt elproduktionen blir betydligt mer variabel (jämfört med relativt förutsägbara "morgontoppar" idag). Den samlade slutsatsen är att utmaningen att hantera flexibilitetsbehovet kommer att öka i framtiden, jämfört med idag. Arbetet fördjupade sig inte inom var flexibiliteten ska åstadkommas eller hur specifika slutanvändare kan bidra.

Efterfrågefleksibilitet i fjärrvärmesystem

Det finns betydande flexibilitet i uppvärmning av och elbehov i byggnader. Kensby, Johansson, Jansson och Carlsson beskriver tre typer av flexibilitet som byggnader kan bidra med till fjärrvärmesystemet (Kensby m.fl. 2019):

1. *Flexibilitet genom värmelagring i byggnaden*

Den termiska massan som finns i byggnader möjliggör värmelagring, vilket kan användas som en flexibilitet i fjärrvärmesystemet. För byggnader med en stor termisk massa tar det upp till flera timmar eller t.o.m. dagar om värmesystemet stängs av innan inomhustemperaturen sjunkit till en problematisk låg nivå. Tack vare flexibel styrning av värmesystem i fastigheterna kan nätets maximala värmelast reduceras

2. *Flexibilitet genom lastväxling mellan värmepump och fjärrvärme*

Denna flexibilitetstyp nyttjar möjligheten att styra värmepumpar i fastigheter som har både fjärrvärme och värmepump. Idag saknas det dock incitament för fastighetsägare att styra värmepumpar med en större systemgräns än fastigheten i åtanke, då de flesta fastighetsägaren inte har timbaserade priser på el och fjärrvärme. Normalfallet är att värmepumparna inte styrs utifrån signaler från omgivande energisystem (s.k. "ej flexibel drift") utan samtliga värmepumpar levererar sin maxeffekt. Alternativt skulle värmepumparna kunna köras flexibelt, t.ex. utifrån signaler från fjärrvärmesystemet, för att reducera fjärrvärmesystemets maxlast.

3. *Flexibilitet genom fastighetsnära borrhålslager*

Fastighetsnära borrhålslager ger möjlighet att säsongslagra överskottsvärme, vilket ger ökad flexibilitet. Principen innebär att lagra överskottsvärme under sommarmånader i lokala borrhålslager för att sen kunna utnyttja värmen under kallare perioder av året. Värdet av denna typ av flexibilitetstjänst har studerats av till exempel Energiforsks projekt *Fastighetsnära säsongslagring av fjärrvärme* från 2016 (Nilsson m.fl. 2016). Här är det själva tillgången till borrhålslagret och dess dimensionering som reducerar fjärrvärmesystemets maxlast och inte flexibel drift av borrhålslagret.

I studien analyserades värdet av dessa olika typer av efterfrågefleksibilitet i byggnader genom en simuleringsstudie för sex typfjärrvärmesystem (Kensby m.fl. 2019). Exempel på kostnader och andra värden som påverkas av efterfrågefleksibilitet:

- kostnader för att ha produktionskapacitet och distributionskapacitet (tex. (re)investeringskostnader och fasta underhålls- och overheadkostnader för produktion och nät

- andra värden såsom extra säkerhet mot t.ex. felprognoser i lastprognoser, möjlighet att medverka i elhandel på intradag och/eller reglermarknad; minskad kapacitetsrelaterade fasta kostnader.

Rapporten undersöker inte vad som krävs i byggnaderna för att hantera efterfrågefleksibilitet, hur styrsystem och externa signaler fungerar eller hur flexibel drift av värmepumpar eller borrhålslager möjliggörs.

Tillsammans indikerar forskningen inom el- och fjärrvärmenätet att fastigheterna behöver spela en roll i framtida behov av efterfrågefleksibilitet och att denna roll kommer kräva en relativt hög grad av digitalisering.

Digitalisering och efterfrågefleksibilitet

Projektet *Digitalisering för efterfrågefleksibilitet* belyser digitaliseringskrav som ställs på elnätet för att möta energisystemets flexibilitetsbehov med avseende på effekt och hur olika privatkunders och större brukare flexibilitetskällor kan nyttjas (David, Susanne, och Christopher 2021). Olika möjligheter för att aktivera flexibiliteten, vad som triggar aktiveringen och de inblandade aktörernas roller beskrivs. I rapporten definieras efterfrågefleksibilitet som en frivillig ändring av efterfrågad elektricitet från elnätet under en kortare eller längre period som sker genom att man styr sin elanvändning. Styrningen kan ske indirekt, genom att kundens användarmönster påverkas, eller direkt, genom att utrustning automatiskt reagera på olika signaler. I rapporten lyfts flera olika lösningar fram för att realisera flexibilitet. Baserat på de möjligheter som finns med dagens regelverk föreslår författarna tre lösningar över hur efterfrågefleksibilitet från privatkunder kommer kunna nyttjas, nämligen:

- Effektbalans (på transmissionsnätetsnivå)
 - Balansreglering (Långsiktiga, timmar)
 - Balanstjänster (Kortsiktiga, sekunder – minuter)
- Kapa effekttoppar via flexibilitetsmarknad (möta behov av nätkapacitet)
- Kapa effekttoppar via bilaterala avtal (möta behov av nätkapacitet)

I rapporten beskrivs standardiserade ramverk, olika marknadsplattformar för efterfrågefleksibilitet (såsom Nordpool, Reservmarknader, NODES 22), ett antal aktörer som erbjuder marknadslösningar för efterfrågefleksibilitet (Tibber, Ngenic, Power2U m.fl), balanstjänster samt piloter av lokala marknader för flexibilitet. Bilaterala avtal för att påverka effektuttag finns redan i dagsläget, men för att utnyttja efterfrågefleksibilitet hos privatkunder eller mindre brukare finns idag endast ett par piloter.

De ramverk som lyfts fram i rapporten syftar till att harmonisera kommunikationen mellan parterna genom att beskriva som definierar roller, ansvar och processer och visar således inte på utvecklingsnivåer. Två exempel på ramverk är:

- *Smart Grid Architecture Model, SGAM*: ett ramverk för att specificera användarfall i avseende till en enhetlig beskrivning av referensarkitektur i smarta elnät. Aspekter som transmission, distribution, IT eller kommunikation kan till exempel stå i fokus. Ett systems referensarkitektur specificerar vilken struktur som används i det system som beskrivs, vilka typer av element som ingår, hur de är strukturerade samt hur de interagerar med varandra. Smart Grid Architecture Model (SGAM) är idag utbrett i sammanhang kring smarta elnät och beskrivs i detalj i en teknisk rapport av IEC.

- *Universal Smart Energy Framework, USEF*: ramverket grundades av sju aktörer inom branschen för smarta elnät. Målet är att accelerera utvecklingen av ett integrerat smart elsystem som gagnar alla intressenter, från elnätsföretag till konsumenter. Ramverket utvecklades för att möjliggöra kommodifiering och handel med flexibilitet. USEF beskriver roller, både nya och gamla men även arkitekturen runt marknadsmodellen, verktyg samt regler för en fungerande marknad.

Vidare fördjupar sig rapporten inom hur kommunikationen ska ske i praktiken. Standardisering av flexibilitetstjänster, krav på tillräckligt öppna lösningar som bygger på väldefinierade processer, kommunikationsprotokoll och informationssystemets uppbyggnad är exempel på faktorer som tas upp för att möjliggöra efterfrågefleksibilitet genom digitalisering.

Författarna konstaterar att efterfrågefleksibilitet från privatkunder och mindre brukare ses som en möjlig lösning för kraftsystemets flexibilitetsbehov, genom att bidra med flexibilitet för behoven nätkapacitet och effektbalans. Direkt styrning av efterfrågefleksibilitet är en resurs som kan ses som ett komplement till traditionella tillvägagångssätt att lösa kapacitetsproblem, så som nätinvesteringar, eller indirekt styrning. Det ställer stora krav på att marknadsplatserna bedrivs öppet med väldefinierade, automatiserade processer, standardiserad kommunikation och att elnäten digitaliseras.

Arbetet har inte som syfte att visa på utvecklingsnivåer eller 'trappsteg' för att möjliggöra ett digitaliserat elnät.

Den smarta byggnadens intressenter – behov och drivkrafter hos aktörerna

Fastighetsautomation sker inte av egen kraft utan det måste finnas drivkrafter för teknikutvecklingen, någon som efterfrågar eller köper nya tjänster och någon som utvecklar tjänsterna. I detta kapitel vill vi kartlägga *vilka* aktörerna är som driver på och påverkas av fastighetsautomation. Vem är det som automatiserar och varför vill just de göra det? Vem vill öka graden av fastighetsautomation och vilka nyttor ser de med det? Vem vill bygga/förvalta/bo i en 'smart byggnad' och varför?

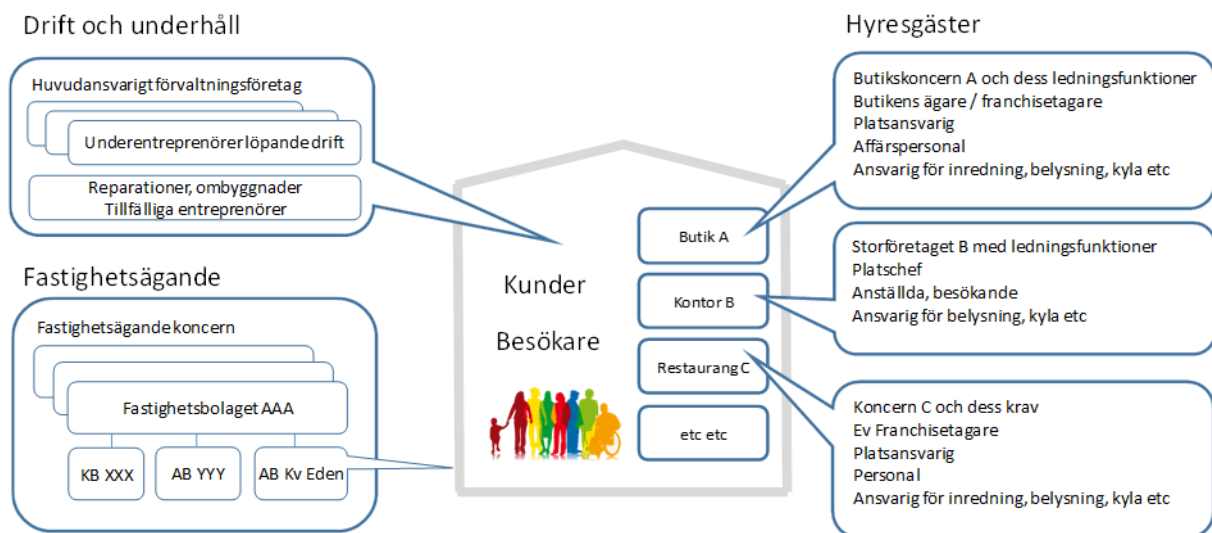
Vem fattar beslut om, respektive påverkas av, energirelaterade investeringar i byggnader?

Genom att beskriva antalet parter som ingår i kund-leverantörsrelationen runt energi i olika typer av byggnader kan vi förstå vilka parter, roller och behov olika aktörer har kopplat till fastighetsautomation. Om man ser byggnaden som en mötesplats för relationer mellan kund och leverantör, så ser vi ibland ett mycket komplext mönster av aktörer. **Småhusen** ger ofta de enklaste förutsättningarna, sett utifrån perspektivet av antalet relationer mellan kund och energileverantör inom en byggnad. **Större lokalfastigheter** med ett stort antal hyresgäster och omfattande organisation runt drift och underhåll betydligt mer komplexa förutsättningar. Kompetens, intresse och engagemang för både fastighetsdrift och energifrågor skiljer sig vida åt mellan olika individer och grupper.

I småhusen, som står för ca 40% av det totala uppvärmningsbehovet i Sverige, är ofta en husägare som innehar samtliga roller; ekonomiskt ansvarig, ansvarig för värme- och elköp, inköpare av olika åtgärder, drifts- och underhållsansvarig och samtidigt brukare (boende). Kompetensen inom, och

intresset för, energifrågor varierar stort mellan olika individer, men det är för det mest en relativt enkel beslutsprocess.

Går vi till andra ändan av skalan från ett småhus hamnar vi exempelvis i en stor lokalfastighet med många hyresgäster - här är det juridiska såväl som det praktiska mönstret mycket komplicerat. Antalet aktörer kan vara mycket stort. Många aktörer påverkar, och ännu fler påverkas av, olika val och beslut som rör fastighetens uppvärmning, kyla osv. Respektive aktör kan ha egna mål och ambitioner, drivkrafter och förutsättningar. I figuren nedan visas ett sådant exempel, Figur 5.



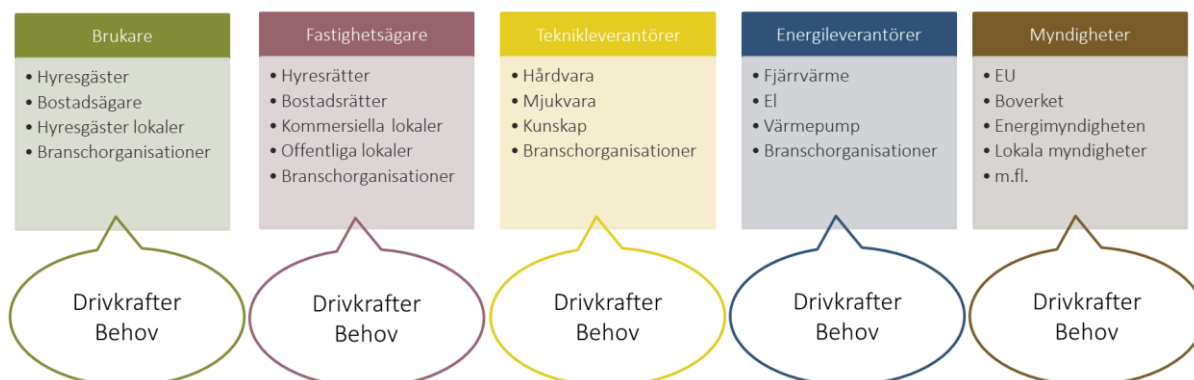
Figur 5: Bilden illustrerar hur omfattande antalet aktörer – och därmed intressenter i frågan om inomhuskomfort – i en lokalfastighet med hyresgäster kan vara. Bilden är hämtad från forskningsprojektet Värmemarknad Sverige.

Bakom en stor fastighetsägande koncern finns aktiva eller passiva ägare (inte sällan svenska och utländska pensionsfonder med flera) med sina policies och avkastningskrav. Fastighetsmarknaden för kommersiella lokaler är mycket rörlig – det sker regelbundet stora transaktioner och ägarbyten - så en viss fastighet kan snabbt påverkas av allt vad det innebär med ett ägarbyte, till exempel ny policy för värme/kyla och inriktning på drift och underhåll.

De stora fastighetsägarna kan ha egen driftspersonal, men ofta läggs driften ut på förvaltningsföretag som kan sköta både ekonomisk och teknisk drift. De har i sin tur inte nödvändigtvis egen personal, utan kan anlita underentreprenörer för drift inom olika områden. Dessutom leder ombyggnationer och utveckling till att tillfälliga aktörer, såsom entreprenörer och konsulter engageras.

En stor lokalfastighet kan ha många tiotals, kanske hundratals hyresgäster i form av butiker, restauranger, kontor och serviceställen av det mest skiftande slag, och med mycket olika storlek, intressen och kompetens. Byggnadens system måste kunna tillgodose gott inomhusklimat och andra behov för samtliga hyresgäster – i så stor utsträckning som möjligt.

Med utgångspunkt i ovan beskrivning har fem grupper av aktörer identifierats i litteraturen: brukare, fastighetsägare, teknikleverantörer, energileverantörer och myndigheter. Se Figur 6.



Figur 6: Olika aktörer som påverkar, och påverkas av, fastighetsautomation, där varje gruppering har sina förutsättningar, drivkrafter och behov kopplat till energi och fastighetsautomation. För en hyresgäst, till exempel, är det rimligt att anta att god inomhuskomfort till rimlig kostnad är högst prioriterat och intresset och engagemanget för fastighetsautomation är lågt.

Vi beskriver respektive aktörs drivkrafter, ambitioner och mål mer utförligt nedan.

Brukare

Brukare består av relativt heterogena segment, trots att vi i denna rapport begränsar oss till brukare i flerbostadshus och lokaler. Det finns åtminstone fyra segment brukare, var och en med olika ambitioner och drivkrafter. När det gäller flerbostadshus finns hyresgäster och bostadsrättsägare medan lokalsidan kan delas upp i kommersiella lokaler (kontor, hotell, affärer...) och offentliga lokaler (skolor, bibliotek, muséer men även kontor).

Segmentet boende som hyr är inte heller homogen utan består i sin tur av olika undersegment, vissa mer köpkraftiga än andra. Mer köpkraftiga hyresgäster tenderar att ha höga krav på inomhusmiljö och efterfrågar exempelvis rökfria bostäder (Astma och Allergiförbundet 2021). Detta segment av hyresgäster kan i större omfattning efterfråga (och vara villiga att betala för) olika typer av digitala tjänster, framför allt kopplat till inomhusmiljö.

Mindre köpkraftiga hyresgäster tenderar att efterfråga låga hyresavgifter. Här kommer efterfrågan av digitala tilläggstjänster vara lägre men å andra sidan kan intresset vara större att acceptera exempelvis komfortvariationer om det kan leda till lägre hyresavgifter.

Boende som äger sin lägenhet har andra incitament än hyresgäster. Givet att digitala lösningar efterfrågas av köpare kan bostadsägare efterfråga digitala tjänster och vara villiga att investera för att på så sätt höja värdet av sin bostad. Här spelar dock ägandestrukturen en viktig roll. I den vanligaste ägandeformen i flerbostadshus – bostadsrätt – är det bostadsrättsföreningen som har incitament att effektivisera driften av fastigheten. Den boende har inte några direkta incitament att exempelvis investera i komfortreglerande teknik som minskar uppvärmningsbehovet i lägenheten eftersom vinsten av minskat uppvärmningsbehov tillfaller föreningen och inte (direkt) bostadsrättsägaren.

När det kommer till brukare av lokaler så finns det ännu större variation av behov och drivkrafter. Enbart inom segmentet offentliga lokaler kan det finnas stora skillnader på vilka digitala tjänster en

skola, ett äldreboende eller ett sjukhus efterfrågar. En gemensam nämnare för offentliga lokaler är behovet att med hjälp av teknik effektivisera driften och reducera kostnader.

När det kommer till kommersiella lokaler så finns det här, förutom behovet att effektivisera driften, också en ytterligare drivkraft att utvecklas och erbjuda nya och bättre tjänster (och ökade intäkter).

Frågan är vilka tjänster – och hur snart – som kommer efterfrågas. Många större företag ställer idag krav på hållbarhetscertifiering av de lokaler som hyrs för verksamheten. Det är tänkbart att krav på andra typer av certifiering, tex smart styrning eller uppkopplade för smart styrning, blir ett krav i framtiden. Idag är det otänkbart att hyra eller köpa en lägenhet där möjlighet till kabelinternet saknas. Kommer det i framtiden vara otänkbart att exempelvis inte kunna själv reglera värme och kyla i sin lägenhet eller lokal? Donovan (Donovan 2020) skriver exempelvis att drivkrafterna hos brukare är ökad medvetenhet om hälsa och välbefinnande samt ökade förväntningar att tjänster, särskilt digitala tjänster, finns tillgängliga 'on-demand'.

A new generation of workers, residents and hotel guests expect to be hyper-connected to the people and systems around them and influence their surroundings via digital tools.

Ökande krav på hälsa- och välbefinnande i byggnader speglas bland annat genom att det numera finns certifieringar av byggnader med avseende på just hälsoaspekter (Avelar m.fl. 2020).

På grund av den stora mångfalden bland brukare är det är kanske därför mer lämpligt att tänka i termer av 'smart lägenhet' och 'smart lokal' eller till och med 'smart rum' när det kommer till att förstå deras drivkraft och behov. Byggnadens 'smarthet' beror då snarare på vilken infrastruktur som finns installerad och vilka digitala tjänster som kan beställas. Parallellen till detta är internet och TV där infrastrukturen installeras i fastigheten men där individuella lägenheter kopplar på sig efter behov.

Fastighetsägare

Fastighetsägaren är den aktören som finns i centrum av alla händelser kopplade till fastigheten. Det är fastighetsägaren som är beställare och har sista ordet kring vad som händer med fastigheterna. Det är också fastighetsägaren som väger ihop de olika önskemålen från slutkunderna, fastighetens behov, möjligheten att låta byggnaden samspela med det omgivande energisystemet samt eventuella andra externa krav till ett slutligt behov av automatisering och uppkopplade styrsystem.

Generellt kan man säga att de flesta fastighetsägare drivs av två faktorer vad gäller fastighetsutveckling: att minska kostnaderna för drift och underhåll samt höja värdet på fastigheterna. En fastighetsägare uttrycker det i (Basiri 2020) att kvaliteten och kostnadsnivån för deras fastighetsdrift och kundnytta kommer påverkas negativt om inte de digitaliserar sin verksamhet.

Fastighetsägare behöver också delas in i olika segment. Allmännyttiga bolag äger en stor del av hyreslägenheterna och drivs av en blandning av ägarnas (kommunens) direktiv och sina hyresgästers efterfrågan. Här finns exempelvis statens satsning på fiber (Näringsdepartementet 2016) som varit drivkraften för många allmännyttiga bolag att installera fiber i sina fastigheter så att olika aktörer kan erbjuda tjänster som internet, TV och telefoni. Andra undergrupper som hyr ut lägenheter är olika ekonomiska föreningar som HSB och Riksbyggen men även privata aktörer. Gemensamt för samtliga

är att drivkraften för automatisering kommer från en önskan att effektivisera fastigheternas drift för att minska drift- och underhållskostnaderna.

När det kommer till antalet ägare av flerbostadshus är det framför allt bostadsrättsföreningar och privatpersoner som står för över 75% av fastighetsägare (Ludvig m.fl. 2017). Många saknar egen expertis inom energi- och fastighetsstyrning. Drivkraften hos dessa är ofta en önskan om att minska driftkostnaderna för fastigheterna men också att höja fastighetens värde.

Fastighetsägare av lokaler kan, på samma sätt som för brukare, delas in i ägare av offentliga lokaler och ägare av kommersiella lokaler. Ägare av kommersiella lokaler (kontorsbyggnader, hotell, affärer, sporthallar...) drivs främst av en önskan att förbättra sin affär, vilket innefattar både en effektivare drift och ett ökat värde av fastigheterna samt ökad kundnytta. Drivkraften hos denna grupp av fastighetsägare är starkt kopplat till brukarnas efterfrågan men också till viljan att konkurrera bättre eller utveckla sina erbjudanden. Här kan man i större utsträckning vara villig att anamma 'spetsteknik' om man tror att det kan stärka affären.

Ägare av offentliga lokaler (skolor, äldreboenden, sjukhus, bibliotek, muséer...) drivs på liknande sätt som allmännyttan av en blandning av ägarnas (tex kommunen eller regionen) direktiv och brukarnas efterfrågan.

Sammanfattningsvis kan man hävda att fastighetsägarna generellt är – och kommer vara – villiga att automatisera så långt det går, givet att det leder till ett förbättrat driftnetto och/eller att fastighetens värde och kundnytta ökar. Gemensamt för många fastighetsägare är också att man vill 'hänga med' trenden med digitala tjänster, särskilt om man tycker att driften eller fastigheternas energiprestanda inte uppfyller egna eller externa mål. Man vill också ha bättre data och bättre tillgång på data, dels för den egna driften och för att kunna möta krav från brukare som efterfrågar mer information.

Parallellt med drivkrafterna för digitala tjänster och automatisering ser vi också att det i litteraturen nämns att fastighetsägarnas kompetens behöver höjas för att bättre förstå värdet av automatisering. (Sonnek och Lindgren 2015).

Teknikleverantörer

Teknikleverantörerna i fastighetsbranschen kan på en översiktlig nivå delas upp i tre grupper: de som levererar kunskap, de som levererar hårdvara och de som levererar mjukvara. Det finns också kombinationer av dessa. Avgränsning görs här till produkter och tjänster kopplade till driften av själva fastigheten och inte exempelvis byggprocessen.

Traditionellt är det konsulter/projektörer som levererar kunskap – det kan vara i form av strategier för digitalisering, kravspecifikationer och liknande. Drivkraften här är nya möjligheter att erbjuda sina tjänster och potentiellt nya marknader att expandera inom.

Hårdvaruleverantörer är – som namnet antyder – de som levererar hårdvara. I kontexten automatisering betyder det leverantörer av olika typer av sensorer, styrenheter osv men också olika typer av IT-utrustning som kablage, routrar och annat. Drivkraften inom denna grupp är att expandera i termer av ökade leveranser av existerande hårdvara men också genom att ta fram och erbjuda ny typ av hårdvara. Här ser vi exempelvis att marknaden för trådlösa temperatur- och fuktgivare växt enormt på senare år och att både traditionella och nya leverantörer av mätutrustning börjat erbjuda dessa typer av produkter.

Mjukvaruleverantörer är en ännu mer diversifierad grupp än hårdvaruleverantörer för här finns allt från leverantörer av enskilda applikationer till leverantörer av hela plattformar. Till viss del är det mjukvaruleverantörerna som bidrar till att skapa behov som tidigare inte funnits genom att visa på nyttor som tidigare inte varit kända eller möjliga att realisera. Här finns många exempel inom området 'smart styrning' där man genom tillgången till mer data och bättre mjukvara har kunnat förbättra och förfina hur olika system inom fastigheten styrs, historiskt exempelvis genom införandet av prognosstyrning med avseende på väder.

Drivkraften hos mjukvaruleverantörerna är i stort sett samma som hos de andra leverantörerna i det avseendet att de önskar utöka eller behålla en stor del av den befintliga marknaden men även expandera inom nya marknader. Det finns också ett ökat intresse av samarbete, särskilt kring uppbyggnad av plattformar som kan hjälpa enskilda leverantörer att minska investeringsriskerna. En trend är att man i allt större grad individualiserar tjänsterna så att kunderna kan välja just de tjänster som de är intresserade av.

Leverantörer behöver också arbeta för att höja kompetensen inom branschen, exempelvis genom demonstrationsprojekt och annan typ av informations spridning.

Energileverantörer

Energileverantörerna i svensk kontext är främst fjärrvärme- och elföretag samt värmepumpsbranschen. Deras position som leverantör är något unik i det avseendet att behovet av energi är givet men att det är konkurrensen som avgör hur stor del av marknaden respektive energileverantör får. Drivkraften bland energileverantörerna är därför främst att fortsätta vara konkurrenskraftiga mot den befintliga marknaden men också att utveckla nya erbjudanden för att kunna tillgodose nya behov. Nya behov kan vara en förändrad syn på vad som efterfrågas, exempelvis kanske man idag efterfrågar 'värme' men i framtiden kommer man efterfråga 'komfort'. Ett annat exempel är en ökad efterfrågan av miljövänliga alternativ som 'grön el' eller 'miljömärkt fjärrvärme'.

Enligt (Vinnova 2018) finns det tre drivkrafter: bättre erbjudanden till och interaktion med kunder inom befintliga affärer, ökad intern effektivitet och utveckling av nya affärsmodeller. Enligt (Löfblad m.fl. 2018) är drivkraften hos energileverantörerna en önskan om att öka kundnyttan, särskilt genom kundanpassade erbjudanden och närmare kundkontakt.

Energileverantörerna styrs också av olika lagkrav från myndigheter, inte minst när det gäller miljö- och kapacitetsfrågor samt resurseffektivitet.

Myndigheter

De myndigheter som har störst koppling till fastighetsautomation på den svenska marknaden är Europeiska unionen (EU), Boverket, Energimyndigheten samt kommuner. För EU-kommissionen är klimatfrågan och energieffektivisering av fastighetsbeståndet starka drivkrafter för att minska och styra fastighetsbeståndets energianvändning. Energiprestandadirektivet är en av de centrala lagstiftningar för byggnaders energieffektivitet som ska bidra till att unionen når energieffektivitetsmålen för 2030 (European Commission 2010). I det uppdaterade direktivet finns två kompletterande mål, nämligen att skynda på renoveringen av befintliga byggnader fram till 2050 och att stödja en modernisering av alla byggnader med hjälp av smart teknik, t.ex. sådan som

utnyttjar artificiell intelligens och molnbaserade tjänster, och en tydligare koppling till ren mobilitet (DIREKTIV (EU) 2018/844 2018).

På nationell nivå är det kanske främst Boverket som mest direkt påverkar fastighetsbranschen genom lagstiftning – ett exempel är kravet på individuell mätning och debitering av varmvatten som infördes i flerbostadshus under vissa förutsättningar. För att uppfylla ett sådant krav krävs en högre nivå av digitalisering än tidigare.

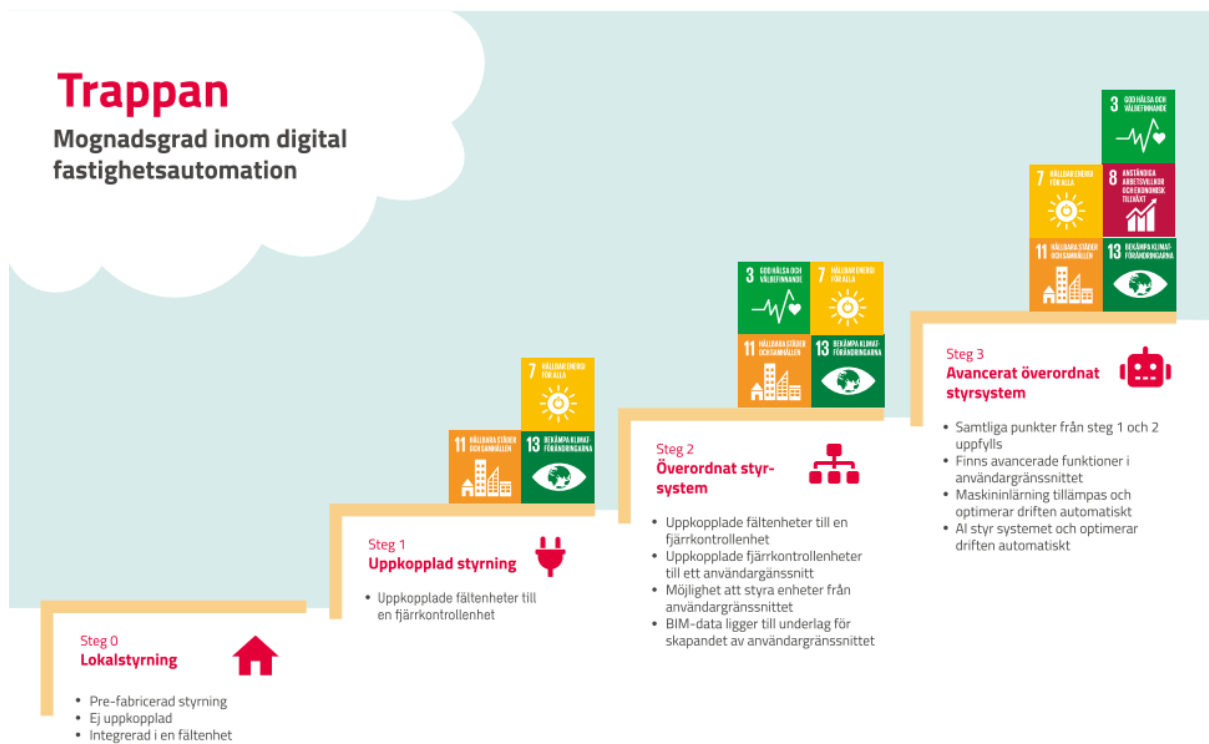
Utvecklingsnivåer för fastighetsautomation– exempel på befintliga ramverk

Implementering av digital teknik och uppkopplade styr- och reglersystem kan genomföras stegvis och detta projekt syftar till att utveckla ett ramverk för de utvecklingsnivåer som byggnader kan uppnå. Olika organisationer och leverantörer har utvecklat processbeskrivningar - 'trappor' - för att visa på utvecklingsnivåer för automation för byggnader. I kommande avsnitt beskrivs några sådana ramverk för fastighetsautomation. Eftersom projektet har som mål att fördjupa förståelsen för EUs nya indikator för byggnaders beredskap (Smart Readiness Indicator) beskrivs detta ramverk betydligt djupare än övriga ramverk. Därefter sammanställs likheter och skillnader mellan ramverken.

Trappan – mognadsgrad inom digital fastighetsautomation

Den offentliga sektorns fastighetsbestånd är heterogent i termer av användningsområden/brukare, storlek, ålder och inte minst mognadsgrad vad gäller styr- och reglersystem idag. Sektorn står därmed inför utmaningen att hantera digitalisering och utveckling av både befintligt fastighetsbestånd och vid nybyggnation med synnerligen olika förutsättningar. I rapporten 'Digital fastighetsautomation – en guide för den nyfikne' (Offentliga Fastigheter 2020) presenteras en vägledning för tillvägagångssätt för att införa digital fastighetsautomation. Skriften ger praktiska tips på tillvägagångssätt för att underlätta det operativa arbetet med införande av digital fastighetsautomation.

I skriften illustreras en trappa för digital fastighetsautomation (se Figur 7). Syftet med trappan är att illustrera vilka effekter som kan erhållas av digital fastighetsautomation, beroende på var en fastighet befinner sig i trappan. Trappan består av fyra nivåer, där nivå 0 avser en fastighet som endast har lokal styrning och är inte uppkopplad medan nivå 3 avser en fullt uppkopplad fastighet med ett avancerat gränssnitt, maskininlärning och AI-styrning där det dessutom finns Building Information Modeling (BIM)-data (läs mer om BIM i Bilaga 1). Rapporten vänder sig i första hand till fastighetsägare som är nyfikna på vad digital fastighetsautomation innebär och hur man tar sig dit.



Figur 7: Trappa för fastighetsautomation som illustrerar olika automationssteg en fastighet kan vara på. (Offentliga Fastigheter 2020)

Varje steg i trappan innebär ökad integration och kvalitet och de positiva effekterna av fastighetsautomationen är därmed kopplade till trappan och dess trappsteg. I rapporten presenteras bland annat vad som krävs av styr- och reglersystemet, datahantering och kommunikation i de olika stegen och det finns en checklista för fastighetsägaren för att avgöra på vilken nivå en viss byggnad befinner sig. Checklistan innehåller följande:

- *Steg 0: ingen styrfunktion, manuellt inställda börvärden, BIM¹-data saknas*
- *Steg 1: fungerande styrning, uppkopplad, enklare BIM-data finns eventuellt*
- *Steg 2: fungerande styrning, uppkopplad, överordnat system finns, BIM-data finns eventuellt*
- *Steg 3: fungerande styrning, uppkopplad, avancerat överordnat system och BIM finns, installationerna kommunicerar mellan varandra, självlärande funktioner finns, BIM-data är strukturerad enligt en standard*

Trappan underlättar för den egna fastighetsförvaltaren då denne får en bra överblick av vad som krävs för att uppnå digital fastighetsautomation samt hur vägen dit ser ut.

Rapporten presenterar även nyttor med att gå från en nivå till nästa. Nyttorna kan uppstå för beslutsfattare, kunderna och inom förvaltningen. Även hinder och risker för införande av digital fastighetsautomation lyfts upp i rapporten:

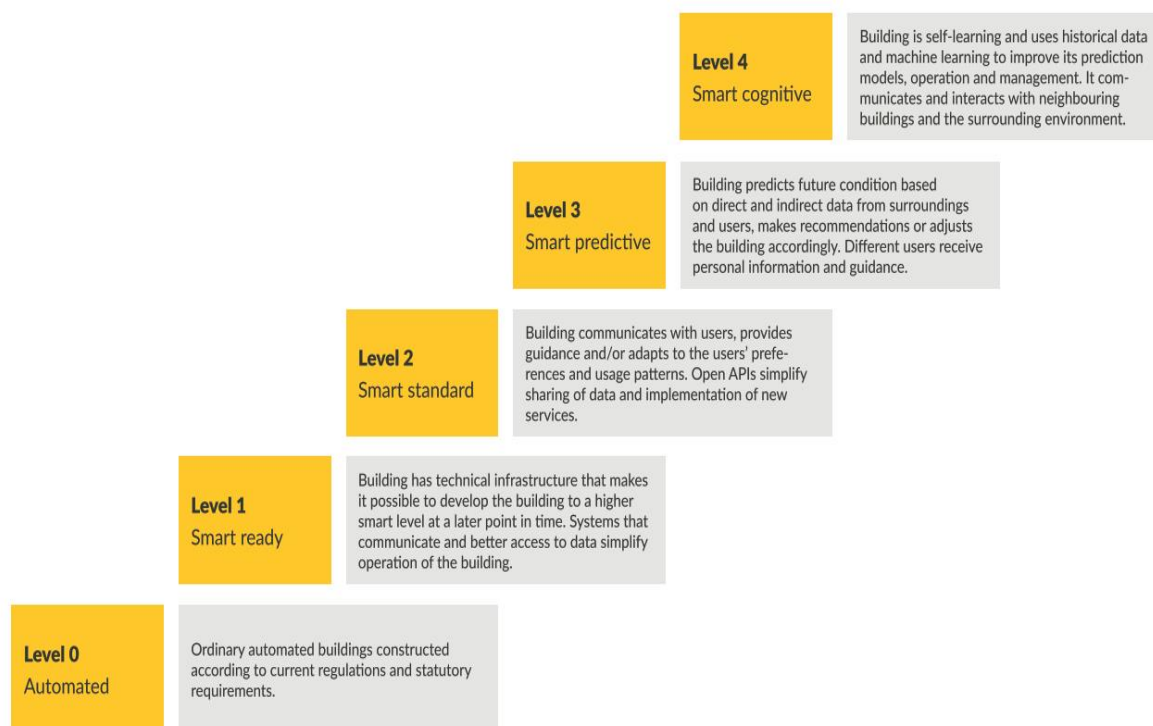
¹ BIM: Byggnadsinformationsmodellering eller på engelska Building Information Modeling. BIM innebär att projektering, byggnation och förvaltning utförs i ett enhetligt system av 3D-modeller, istället för separata ritningar.

- *Kostnad, miljö- och människopåverkan.* Tekniskt avancerade system kan kosta betydande resurser att installera och förvalta. Många elektroniska produkter innehåller dessutom lika ämnen som inte är bra för miljön.
- *Kompetensbehov.* Digitaliseringen har redan påverkat kompetensbehoven, rekryteringsmönster och arbetsmarknaden och den utvecklingen kommer sannolikt påtagligt förstärka kraven på kompetensförnyelse för individer och verksamheter.
- *Datatillgång och datafångst. Leverantörsinläsning.* Vem äger den data som fastigheterna genererar, vad kostar uppdatering av leverantörernas system och hur kompatibla är systemen i olika byggnader?
- *Säkerhet.* Det traditionella säkerhetsbegreppet behöver utökas i och med integration med informations- och kommunikationsteknologi. Med fler uppkopplade sensorer ökar antalet möjliga sätt för en attack och intrång i system, vilket behöver hanteras genom hela livscykeln från initiering till förvaltning.

De begränsningar som finns med denna trappa är dels att den har ett relativt smalt fokus på enskilda styr- och regleråtgärder under respektive nivå vilket passar sämre som underlag för ett generellt ramverk; dels att automationsnivåerna går från att vara väldigt specifika för nivåerna 0-2 men där det mesta av 'smartheten' sker på nivå 3 vilket kan vara för aggregerat för att användas som ett enda steg i ett ramverk.

Powerhouse Alliansens automationstrappa

Powerhouse Alliance är ett samarbete mellan fastighetsbolaget Entra, projektutvecklaren och entreprenören Skanska, miljöstiftelsen ZERO, arkitekten och designkontoret Snøhetta och konsultföretaget Asplan Viak. Powerhouse Alliance har som mål att utveckla klimatsmarta byggnader för att möta Parisavtalet. Som underlag för diskussion har de tagit fram en vägledare som användas vid design, utveckling och kommunikation runt smarta byggnader (ej bostäder). Vägledaren Smart by Powerhouse definierar vad som menas med smart byggnad och specificerar effekter och värden av "smartheten" för byggnadens användare, hyresgäster, ägare, omgivande samhälle m.fl. Figur 8 visar Powerhouse Alliansens automationstrappa.



Figur 8: Automatiseringstrappa utvecklad av Powerhouse Alliansen (PowerhouseAlliansen 2019)

Vägladaren riktar sig främst till nyproduktion av fastigheter men kan även användas vid omfattande renovering. Powerhouse utgångspunkt är att ambitionsnivån för byggnaden ska bestämmas så tidigt som möjligt och att byggherren behöver göra en kostnads- och nyttoanalys av olika valmöjligheter utifrån vilka behov användarna/hyresgästerna kan ha.

I ramverket redovisas många exempel på hur automationsnivån för enskilda åtgärder eller system kan se ut. Några exempel listas nedan i Tabell 2.

Tabell 2: Exempel på automationsnivåer för specifika åtgärder och system enligt Powerhouse Alliansens ramverk

Åtgärd	Nivå 0 Automatiserad	Nivå 1 Smart förberedd	Nivå 2 Smart Standard	Nivå 3 Smart prediktiv	Nivå 4 Smart kognitiv
Tillgång till data via sensorer	Små mängder sensorer används av olika system	Ingen onödig duplicering av sensorer. Realtidsdata är tillgänglig för alla system, även framtida system.	Ett enkelt och flexibelt sensorsystem finns genom användning av multisensorer och integrering av sensorer	Sensorsystemet är designat för hög tillförlitlighet genom självtester, enklare självreparation och redundans vid behov	Maskininlärning används för att verifiera systemets kvalitet och upptäcka fel
Tekniska nätverk	Ett separat nätverk för respektive system	Ett gemensamt nätverk för alla system. Nätverket kan	Alla uppkopplade enheter är tilldelade till	Nätverket övervakar dataöverföring och upptäcker	Det tekniska nätverket är självlärande

		segmenteras och användaraccess kan styras centralt.	rätt segment med rätt behörighet beroende på funktion. Trafik och status på nätverket övervakas.	avvikelser. Larm och varningar skapas och systemet hanterar avvikelser.	och skyddar sig själv
Termisk miljö	Temperaturen styrs genom förinställda värden	Styrsystemet tar in info från andra datakällor för styrning av temperatur (exempelvis närvaro i konferensrum). Om det finns öppningsbara fönster måste det finnas sensorer kopplade till fönstren och utomhusmiljön.	Styrsystemet möjliggör realtidsinfo till användarna om temperatur. Styrsystemet är hänsyn till aspekter som öppna fönster vid styrning av värme- och kylsystem.	Temperaturen styrs baserat på regler om exempelvis framtida närvaro eller väderprognoser. Systemet tar emot och skickar rekommendationer till användare avseende komfort.	Styrsystemet påverkas av en stor mängd data, inklusive historiska data / beteende och använder prediktiva modeller för att användarna ska bli nöjda

Fördelarna med denna trappa är att de olika trappstegen beskriver nivån av automatisering på en relativt generell nivå där både styrning men även infrastruktur, kommunikationsprotokoll och användarnas behov ingår. Stegen är tämligen jämnt fördelade ur aspekten att nivån av 'smarthet' ökar gradvis med respektive nivå.

Fördjupning inom Smart Readiness Indicator

Som nämnts tidigare finns ett stort fokus på att minska byggnaders energianvändning i Sverige och inom EU. För att bidra till energieffektivisering i befintliga byggnader och att stödja implementering av smart teknik har EU utvecklat en metod för att bedöma och betygsätta byggnaders så kallade *smarta beredskap* (eng. *smart readiness*). Resultatet presenteras i en indikator, Smart Readiness Indicator, SRI. Systemet har utvecklats av EU-kommission som en del i arbetet med att genomföra direktivet för byggnader, Energy Performance of Buildings Directive (European Commission 2010)). Syftet är att öka medvetenheten om fördelar med smarta byggnader ur ett energiperspektiv och därigenom främja investeringar i smarta tekniska lösningar och stödja implementering av tekniska innovationer i byggnadssektorn.

EUs indikator för bedömning av byggnaders smarta beredskap

År 2018 uppdaterades direktivet och en av de större förändringarna gällde just styrning, automation och att installationer ska fungera så bra som möjligt. SRI ska bidra till att möta de två kompletterande målen i direktivet, nämligen a) att skynda på renoveringen av befintliga byggnader till 2050 och att b) stödja en modernisering av alla byggnader med hjälp av smart teknik (DIREKTIV (EU) 2018/844 2018)

SRI-metodiken och indikatorn ska öka medvetenheten om fördelar med smarta byggnader ur ett energiperspektiv och därigenom främja investeringar i smarta tekniska lösningar och stödja implementering av tekniska innovationer i byggnadssektorn. Följande definition av byggnaders "smarta beredskap" används (Verbeke m.fl. 2020):

Smartness of a building refers to the ability of a building or its systems to sense, interpret, communicate and actively respond in an efficient manner to changing conditions in relation to the operation of technical building systems or the external environment (including energy grids) and to demands from building occupants.

Systemet är frivilligt för EUs medlemsstater att införa, men om det införs ska länderna tillämpa det i enlighet med kommissionens genomförandeförordning (2020/2156/EU) och delegerade förordning (2020/2155/EU) (EU-Kommissionen 2020b; 2020a).

SRI-schemat möjliggör en bedömning av hur smart en byggnad är utifrån dess fullständiga potential. Den anger inte hur energieffektiv en byggnad är eller vilka åtgärder (digitala eller andra åtgärder) som kan bidra till ökad energieffektivitet (Verbeke m.fl. 2020).

The SRI should only score the added value of smarter controllability, information gathering, communication features and interoperability, and not the (energy) performance of the technical building systems themselves (e.g. lighting control irrespective if these are LED or incandescent lights) since the goal of the SRI should be primarily to illustrate the current level of smartness compared to the maximum potential of that specific building rather than to form a comparison framework among buildings.

Enligt den delegerade förordningen (2020/2155/EU) är fördelarna för energikunder, byggnadens användare och ägare som störst när tillgängliga instrument för betygsättning av byggnader används tillsammans, så att samtliga parter kan skaffa sig en bred förståelse av byggnaderna och hur byggnadernas prestanda kan förbättras (EU-Kommissionen 2020a).

Vad har beslutats inom EU och i Sverige?

SRI regleras i energiprestandadirektivets artikel 8 där det står att delegerade akter ska tas fram. I oktober 2020 publicerade EU kommissionen den delegerade förordningen och genomförandeförordningen om det frivilliga systemet (EU-Kommissionen 2020a; 2020b). I april 2021 inleddes arbetet med att utveckla en verktygslåda för implementering och teknisk support för att föra ut SRI inom EU. Exempel på stöd är:

- Information på webben på flera språk
- Online hjälpcenter inklusive en "hotline" och FAQ
- Utbildningspaket för experter som ska utföra bedömning och eller implementering av SRI
- Webinarier
- M.m.

Arbetet utförs av EU:s generaldirektorat för energi (DG ENR) tillsammans med en grupp utvalda konsulter.

Boverket har följt framtagandet av Smart Readiness Indicator (SRI) och även haft en representant i expertgruppen till EU:s kommitté för byggnaders energiprestanda. Indikatorerna beslutades i oktober 2020 och har publicerats på EU:s webbplats i december 2020. Det är frivilligt för varje medlemsland att införa SRI. Vid författandet av detta PM har Sverige ännu inte tagit ställning till implementering än och hur det i så fall ska genomföras.

Systemet är frivilligt

Om ett land väljer att införa får landet själv bestämma:

- i vilken utsträckning ska införas: hela eller delar, för alla byggnader eller för vissa kategorier
- om systemet ska vara frivilligt eller obligatoriskt
- När och hur det är lämpligt att modifiera, anpassa eller avsluta tillämpningen utan att lämna någon motivering

Sverige har inte tagit ställning än och det beslutas av regeringskansliet.

Systemets upplägg

Förslaget med en frivillig indikator har arbetats fram under flera års tid. Flera delrapporter har publicerats och processen har omfattat flera workshops, intervjuer och dialoger med ett stort antal parter. Slutrapporten (Verbeke m.fl. 2020) sammanfattar slutsatser och erfarenheter från de tidigare utredningarna och presenterar bl.a.:

- Ett samlat förslag för SRI beräkningsmetod och tjänstekataloger
- Ett förslag på viktningschema för multikriterieanalys
- Förslag på bedömningsprocedur
- Förslag på hur ramverket kan implementeras

Nedan beskrivs ramverkets uppbyggnad. Ramverket finns beskrivet i den tekniska slutrapporten, men även kommissionens delegerade förordning innehåller en kortfattad beskrivning.

Ramverket är uppbyggt av teknikdomäner, smartberedda tjänster, funktionalitetsnivåer och påverkanskriterier. Nedan återges några de definitioner som används i den delegerade förordningen som beskriver hur systemet är uppbyggt (EU-Kommissionen 2020a):

- *Teknikdomän (domain)*. Ett antal smartberedda tjänster som tillsammans utgör en integrerad och enhetlig del av de tjänster som kan förväntas i en byggnad eller byggnadsenhet, t.ex. uppvärmning
- *Smartberedda tjänster (Smart Ready Service)*. En funktion eller aggregering av funktioner som tillhandahålls av en eller flera tekniska komponenter eller ett eller flera tekniska system. En smartberedd tjänst utnyttjar smartberedd teknik för att skapa funktioner på en högre nivå”. Det finns en förenklad katalog som innehåller ett 50-tal tjänster och en detaljerad katalog som innehåller drygt 100 tjänster.
- *Funktionalitetsnivåer (Functionality levels)*. Nivå av smart beredskap hos en smartberedd tjänst. En högre funktionalitetsnivå innebär en ”smartare” implementering av den tjänsten. Funktionalitetsnivå 0 = inte smart alls.
- *Driftskompatibilitet*: ett systems förmåga att samverka för ett gemensamt syfte genom utbyte av information och data, på grundval av gemensamt överenskomna standarder.
- *Resultatkriterium (Impact criteria)*: Ett centralt resultat som smartberedda tjänster är utformade för att uppnå, enligt vad som fastställs i denna förordning.

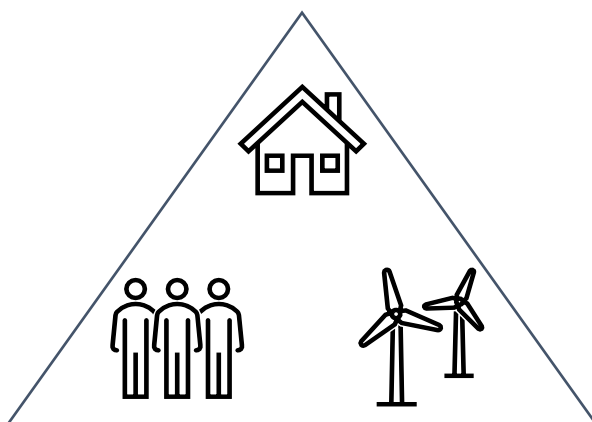
De teknikdomäner för smart beredskap som beaktas i beräkningsprotokollet är följande:

- Uppvärmning
- Kylning
- Varmvatten för hushållsbruk.
- Ventilation
- Belysning
- Dynamiskt klimatskal (tex aktiv solavskärmning)
- Elektricitet
- Laddning av elfordon
- Övervakning och styrning

De resultatkriterier för smart beredskap som beaktas i det beräkningsprotokollet är följande:

- Energieffektivitet
- Underhåll och felförutsägelse.
- Komfort.
- Bekvämlighet.
- Hälsa, välbefinnande och tillgänglighet.
- Information till boende.
- Energiflexibilitet och energilagring.

De sju resultatkriterierna kan sammanställas till de tre nyckelkriterier som finns i EPBD, dvs *Energibesparing och energianvändning*), *Respons till användarnas behov* och *Respons till behov i omgivande energisystem (efterfrågefleksibilitet)*.



Figur 9: SRI bedömer en byggnads förmåga att förstå, tolka och anpassa sig till behoven för byggnadens drift, brukarnas behov och det omgivande energisystemet.

Tillvägagångssätt för bedömning av potential

Bedömningen görs med en multikriterieanalys, som leder fram till ett betyg som anger hur stor andel av den möjliga smarta potentialen som byggnaden uppnått. Ett teoretiskt maximum för den specifika byggnaden räknas fram och därefter hur nära byggnaden är att nå det teoretiska värdet. Ett högre SRI-värde ska alltså visa på en större förmåga i en byggnad att anpassa sig till användarnas/brukarnas behov, att optimera energianvändningen och anpassa sig till signaler från omgivande energisystem (nätet).

Bedömningen går i korthet ut på följande steg:

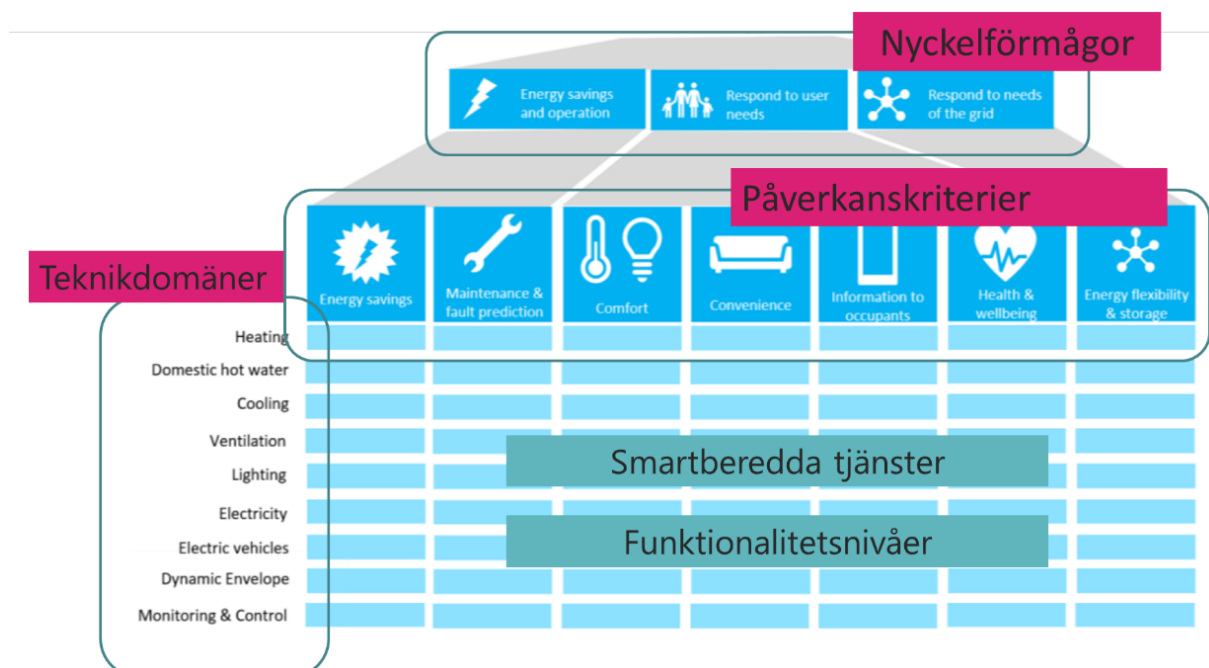
- Steg 1: välj vilka tjänster som är relevanta för byggnaden
- Steg 2: bedöm faktiska funktionsnivå för varje relevant tjänst
- Steg 3: Bedöm påverkanskriterierna

Betyget föreslås visualiseras enligt figur 9 nedan.



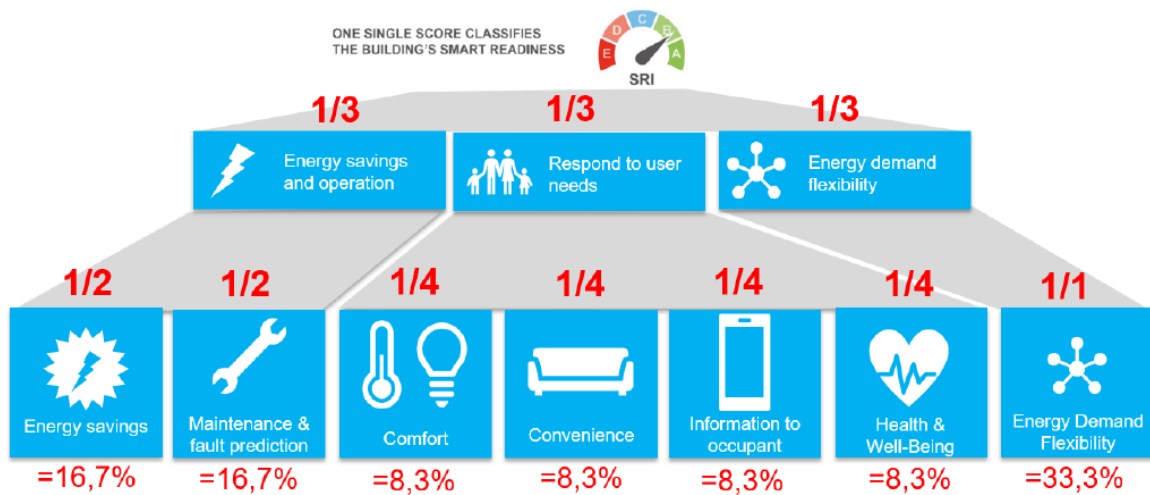
Figur 10: Indikator för smart beredskap som återspeglar betygsättningen av byggnadens eller byggnadsenhetens smarta beredskap

Figur 10 nedan visar den föreslagna strukturen för teknikdomäner och resultatkriterier. Allra överst finns indikatorn, därefter tre kriterier som finns i EPBD, därunder de sju resultatkategorierna. I listan till vänster finns de nio teknikdomänerna.



Figur 11: Illustration över strukturen, med de nio teknikdomänerna till vänster och de sju grupperna av smartberedda tjänster överst.

I rapporten läggs förslag för viktningsskema för påverkanskriterierna. Faktorerna visas i figur 11 nedan.



Figur 12: Beskrivning av det föreslagna viktningsschemat för de olika smartberedda tjänsterna

Nedan i Figur 13 visas metodiken för bedömningsprocessen.



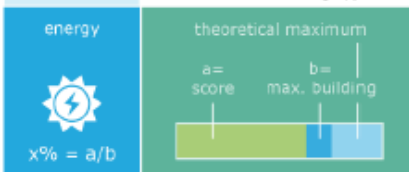
ONE SINGLE SCORE CLASSIFIES THE BUILDING'S SMART READINESS

7 IMPACT CRITERIA

The total SRI score is based on average of total scores on 7 impact criteria.

energy x%	flexibility for the grid x%	comfort x%	convenience x%	wellbeing & health x%	maintenance & fault prediction x%	information to occupants x%
--------------	--------------------------------	---------------	-------------------	--------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

An impact criterion score is expressed as a % of the maximum score that is achievable for the building type that is evaluated.



9 DOMAINS

One impact criterion score is the weighted average of 9 domain scores.

not every domain is considered to be relevant for each impact criterion

heating y%	A domain score is based on the individual scores for each of the services that are relevant for this domain. domain services A B C D E F impact score (a) = 2 + 0 + 2 + 2 + / + 1 max. building score (b) = 3 + 3 + 2 + 2 + / + 3	domestic hot water y%				
---------------	--	--------------------------	--	--	--	--

DOMAIN SERVICES

All relevant domain services are scored according to their functionality level.

service A	service B	service C	service D	service E	service F
Functionality 0 0	Functionality 0 0	Functionality 0 0	Functionality 0 0	Functionality 0 0	Functionality 0 0
Functionality 1 1	Functionality 1 1	Functionality 1 0	Functionality 1 1	Functionality 1 1	Functionality 1 1
Functionality 2 2	Functionality 2 2	Functionality 2 1	Functionality 2 2	Functionality 2 2	Functionality 2 2
Functionality 3 3	Functionality 3 3	Functionality 3 2	Functionality 3 2	Functionality 3 3	Functionality 3 3

Depending on the building type or design some services are not considered relevant.

Most of the services will affect also the other impact criteria's as shown in this overview matrix.

service A	energy	flexibility for the grid	comfort	convenience	wellbeing & health	maintenance & fault prediction	information to occupants
Functionality 0	0	0	0	0	0	1	0
Functionality 1	1	1	1	1	0	2	1
Functionality 2	2	2	2	1	0	3	2
Functionality 3	3	3	3	2	0	3	3

Figur 14: Beskrivning av beräkningsprocessen. Utdrag ur slutrapport (Verbeke m.fl. 2020)

Som komplement till slutrapporten har en katalog med smarta tjänster publicerats i excelformat. Den finns i två versioner, en förenklad med ett femtiotal tjänster och en detaljerad med ett drygt hundratal tjänster. Tjänsterna, som kopplas till de nio teknikdomänerna, är i förväg definierade enligt funktionalitetsnivåer och driftskompatibilitet. Nedan ges ett exempel från den detaljerade katalogen för tjänsten Värmeutstrålningskontroll.

code	service	1						
Heating-1a	Heat emission control		Service group:	Heat control - demand side				
Functionality levels		IMPACTS						
		Energy savings on site	Flexibility for the grid and storage	Comfort	Convenience	Health & wellbeing	maintenance & fault prediction	information to occupants
level 0	No automatic control	0	0	0	0	0	0	0
level 1	Central automatic control (e.g. central thermostat)	1	0	1	1	1	0	0
level 2	Individual room control (e.g. thermostatic valves, or electronic controller)	2	0	2	2	2	0	0
level 3	Individual room control with communication between controllers and to BACS	2	0	2	3	2	1	0
level 4	Individual room control with communication and occupancy detection	3	0	2	3	2	1	0

Figur 15 Exempel på tjänst i tjänstekatalogen.

Hela SRI-metodiken kan behövas uppdateras efterhand när nya områden, tjänster, och funktionalitetsnivåer tillkommer. EU får, enligt den delegerade förordningen, se över förordningen senast 2026-01-01 och vid behov föreslå förändringar.

Vem ska utföra bedömningen?

Arbetsgruppen för SRIs utveckling har under processen identifierat tre möjliga tillvägagångssätt för hur bedömningen av byggnader kan genomföras. Tillvägagångssättet ska avgöras beroende på vilken komplexitet som byggnaden har.

Förenklad	Expertbedömning	Smart byggnad bedömer själv
<ul style="list-style-type: none"> • Checklista med förenklad tjänstekatalog • Självskattning • Tidsåtgång: Några timmars arbete • Kan kompletteras med extern granskning för att få certifikat • Bostäder och mindre byggnader 	<ul style="list-style-type: none"> • Checklista med full tjänstekatalog • Bedömning av <ul style="list-style-type: none"> – teknisk expert, online (inget certifikat) <i>eller</i> – on-site med tredje part (certifikat) • Tidsåtgång: 0,5- 1 dag 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Framtidsscenario</i> • Byggnadens system mäter, analyserar och bedömer • Byggnaden kvantifierar prestanda i användningsfasen • Kontinuerlig mätning • Självrapportering • Tidsåtgång: Inte relevant

Figur 16: Tre möjliga bedömningsmetoder

Metod A är den enklaste varianten och fokuserar främst på flerbostadshus och mindre lokalfastigheter. Bedömning skulle kunna baseras på en checklista och bedömning kan ta mindre än en timme att genomföra. Självskattningen kan kompletteras med en extern granskning av en tredje

part (nödvändigt för att få ett certifikat)

Metod B är en mer detaljerad bedömning, som vänder sig till andra än bostadssektorn. Bedömningen tar en halv till en dag att genomföra. Bedömning av tredje part på plats är nödvändigt. Möjligtvis kan en icke-oberoende expert (tex fastighetsförvaltare) göra bedömning, men endast en tredje-part kan utfärda ett certifikat.

Metod C är den mest avancerade metoden som bygger på uppmätta värden/data. I förlängningen kan byggnadernas styrsystem bli så avancerade så att mätningen/bedömningen kan ske automatiskt och då underlätta för bedömningen enligt metod A och B (automatisk självrapportering). Metod C går längre än så, och kvantifierar själva prestandan i byggnaden i användningsfasen. Implementering av metoden bedöms ligga långt fram i tiden, på grund av bl.a. praktiska och juridiska hinder.

De länder som väljer att implementera systemet får fastställa hur bedömningen ska genomföras och vilka krav som ska ställas på en extern revisor.

Frågor kopplat till implementering

Kapitlet om implementering i Slutrapporten inleds med ett resonemang om balansen mellan att ett system som styrs och koordineras centralt och ett system som styrs enligt närhetsprincipen där varje EU-medlemsland får välja hur de vill anpassa och implementera systemet. Författare noterar att systemet behöver vara flexibelt nog för att kunna anpassas till lokala förhållanden med avseende på tex klimat och byggnadsbestånd, men samtidigt tillräckligt enhetligt för att kunna bidra till vad som omnämns ”*the power of the Single Market for goods and services*”. Diskussionen om olika vägar för implementering förs därefter utifrån utgångspunkt att det finns nödvändiga avvägningar mellan en harmoniserad respektive lokalt anpassad ansats.

En viktig utgångspunkt arbetsgruppen som tagit fram SRI-förslaget och möjliga implementeringsvägar har varit att identifiera andra redskap (*schemes*) och initiativ, vars erfarenheter av implementering som SRI kan dra nytta av eller bygga vidare på. En lärdom från genomgången är att engagemanget för implementering hänger samman med vilket upplevt värdeskapande som redskapet medför och vilket legalt ramverk som berörs.

Exempel på andra redskap och initiativ som kartlagts utifrån hur implementering av SRI kan underlättas

- Energy Performance Certificate (EPC)
- Kravet på styrsystem alt. Inspektion av HVAC (kopplat till artikel 14 och 15 i EPDB)
- Levels(s)
- BIM och digital loggbok
- Building Renovation Passport
- Frivilliga system såsom BREEAM, LEED
- Med flera...

Ett antal vägar för robust och flexibel implementering har identifierats varav några exempel är:

- Koppla ihop med Energy Performance Certificate (EPC) så att SRI-certifiering erbjuds samtidigt
- Koppla SRI till nyproduktion eller omfattande renovering
- En marknadsbaserad frivillig process där självskattning och onlineverktyg erbjudas. Kan kombineras med tredjepartsgranskning och certifiering
- Kopplat till BACS (Building automation and control systems) m.m.
- Kopplat till implementering av smarta mätare

Samtliga vägar är möjliga, men den tredje (Marknadsbaserad frivillig process) bedöms vara den enklaste då den är frivillig för användarna. En gemensam EU plattform (online verktyg med information och underlag på samtliga EU-språk) kan underlätta hanteringen.

Några svenska perspektiv på ramverket

Installatörsföretagen har bevakat utvecklingen och är generellt positiva till systemet och är intresserade av att medverka till bred implementering. Även *Fastighetsägarna* är positiva till det ramverk som utvecklats och nöjda med att det föreslås vara frivilligt. Fastighetsägarna motsätter sig generellt tillkommande tvingande och administrativt tunga regelverk och krav som drabbar deras medlemmar.

Ur ett svenskt perspektiv finns flera frågetecken runt implementering:

- Vem ska driva att indikatorn införs? Vilka är intressenterna?
- Vilken affärsnytta skapas genom indikatorn?
- Vem ska efterfråga informationen och vem ska ta ansvar för att den tas fram?
- Hur ska "frivilligt" tolkas? Ska det vara frivilligt att använda indikatorn eller valfritt att välja hur bedömningen ska genomföras och resultatet publiceras m.m.?
- Hur ska bedömning och eventuell certifiering genomföras i praktiken om systemet införs?
- Vilka modifieringar av systemet behövs för att systemet ska vara tillämpligt och relevant för en svensk kontext?

Nordiska erfarenheter av SRI-ramverket

De nordiska länderna har, i jämförelse med många EU-länder ett kallare klimat, energieffektiva byggnader och hög grad av implementering av styrsystem och annan digital utrustning. Flera studier av hur SRI fungerar i ett nordiskt klimat har gjorts i Finland. Finland är dessutom ett av EU-länderna som har beslutat att implementera ramverket. Nedan presenteras en sammanställning av erfarenheter och resultat från två studier som gjorts parallellt med utvecklingsprocessen av ramverket.

En av de första publicerade artiklarna (Janhunen m.fl. 2019) analyserade hur väl den första versionen av SRI- metodiken (publicerad i slutrapporten för den första tekniska studien, augusti 2018) var anpassad för kallt klimat. Författarna gjorde en genomgång av metodiken och därefter tre beräkningsfall för finska byggnader och konstaterade att den dåvarande utformning inte var anpassad för eller lämplig för bedömning av byggnader i kallt klimat. Två huvudsakliga skäl till att metodiken inte bedömdes anpassad för de nordiska länderna var att tekniska lösningar speciellt anpassade för kallt klimat inte ingick i tjänstekatalogen och att bedömningen delvis är subjektiv. Fjärrvärme ingick som uppvärmningsteknik, men dess möjlighet att erbjuda flexibilitet i energisystemet togs inte upp. Författarna menade dock att det skulle gå att åtgärda genom att inkludera fjärrvärmens förmåga att hantera efterfrågevariationer i tjänstekatalogen. Vidare ansågs den föreslagna processen för att bedöma vilka tjänster som är relevanta i byggnaden (dvs ange max-standard) var [är] delvis subjektiv. Detta ansågs problematiskt då det försvarare för rättvisa jämförelser av byggnader utifrån metoden.

I ett examensarbete analyserades senare tio byggnader i Finland med syfte att identifiera nyttor med metodiken och bedöma dess tillämplighet (Eloranta 2020). Bedömningarna av byggnaderna tog ca 2-4 timmar per styck, beroende på byggnadens komplexitet. Vissa åtgärder i katalogen bedömdes inte aktuella i Finland på grund av regionala faktorer. Ett sådant exempel var inom området "dynamic

building envelope” där solavskärmning med motoriserade markiser bedömdes. Eloranta jämförde även SRI med ett tiotal andra bedömningsystem för byggnader, såsom Energy Performance Certificate (EPC), BREEM och LEED, och konstaterar att en stor skillnad är att SRI endast fokuserar på byggnadens tekniska förmåga, medan flera andra system bedömer hållbarhet, energieffektivitet eller kostnader.

Sammantaget bedömde Eloranta att SRI-metodiken stödjer digitalisering i byggnader och möjliggör identifiering av flexibilitet som kommer att behövas i framtidens energisystem. Däremot så bedömdes den versionen av metodiken inte hantera alla möjligheter till energianvändningsflexibilitet och lagring, såsom virtuella kraftverk som kontrollerar ventilation eller värmelagringskapacitet i fjärrvärmesystem. Dessutom bedömdes några av bedömningsområdena inte alls relevanta för ett nordiskt klimat.

Framtidsvision

Om tio år kommer Europas byggnader att se väldigt annorlunda ut. Byggnaderna kommer att utgöra ett mikrokosmos av ett mer motståndskraftigt, grönt och digitaliserat samhälle som fungerar inom ett cirkulärt system genom att minska energibehoven, produktionen av avfall och utsläpp i varje steg och där det som behövs tas från återanvändning. Taken och väggarna kommer att öka de gröna ytorna i våra städer och förbättra städernas klimat och biologiska mångfald. Inomhus kommer byggnaderna att rymma smart och digitaliserad utrustning, som tillhandahåller data i realtid som visar när och var energi används. Det kommer att bli vanligt med laddning av elektriska fordon, i synnerhet cyklar, bilar och skåpbilar, i bostadshus och kontorsbyggnader, som ett komplement till den allmänt tillgängliga laddningsinfrastrukturen. Betydligt fler européer kommer att vara ”prosumenter” och producera el för egen konsumtion eller till och med sälja el tillbaka till nätet. Fossila bränslen kommer gradvis att försvinna från systemen för uppvärmning och kylning.

Figur 17: Framtidsvision för Europas byggnadsbestånd (Final report SRI, 2020)

Kommande retroaktiva krav på styr och regler i fastigheter

En faktor som troligtvis kan bidra till ökat intresse för fastighetsautomation och digitalisering är de kommande kraven på styr och regler. Energiprestandadirektivet ändrades under år 2018 och en av de större förändringarna gällde just styrning, automation och att installationer ska fungera så bra som möjligt. Bland annat ändrades artikel 14 *Inspektion av värmesystem* och artikel 15 *Inspektion av luftkonditioneringssystem*. Boverket och Energimyndigheten har, utifrån ett gemensamt regeringsuppdrag, utrett och lagt förslag till hur de svenska byggreglerna ska anpassas till ändringarna i artiklarna 14 och 15.

En förändring som införs är kravet om fastighetsautomation och fastighetsstyrning för större byggnader som börjar gälla den 1 januari 2025. Kravet kommer att gälla retroaktivt och gäller i första hand alla byggnader (nya och befintliga) som inte är bostadshus och vars effektbehov överstiger en viss nivå.

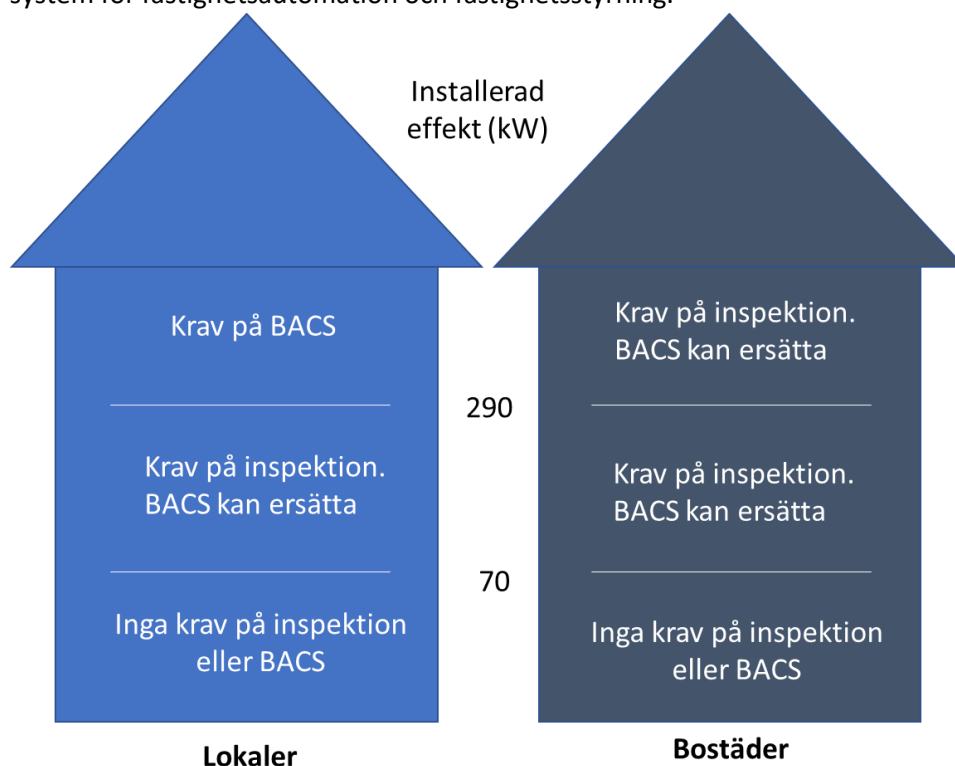
Boverket informerar om att alla byggnader som inte är bostadshus senast den 1 januari 2025 ska ha ett system för fastighetsautomation och fastighetsstyrning (Building Automation and Control System, BACS) om de har

- ett uppvärmningssystem eller ett kombinerat rumsuppvärmningssystem och ventilationssystem med en nominell effekt på över 290 kilowatt, eller
- ett luftkonditioneringsystem eller ett kombinerat luftkonditioneringsystem och ventilationssystem med en nominell effekt på över 290 kilowatt.
-

Informationen ovan är hämtad från Boverkets hemsida (Boverket 2021).

För lokaler gäller att om den nominella effekten för uppvärmningssystem eller luftkonditioneringsystem ligger mellan 70 och 290 kW råder krav på inspektion, men inspektionen kan ersättas av system för fastighetsautomation och fastighetsstyrning.

För bostäder gäller att om den nominella effekten för uppvärmningssystem eller luftkonditioneringsystem ligger över 70 kW råder krav på inspektion, men inspektionen kan ersättas av system för fastighetsautomation och fastighetsstyrning.



Figur 18: Krav på system för fastighetsautomation (BACS) baseras på installerad nominell effekt för uppvärmningssystem eller ventilationssystem. För samtliga byggnader råder inga krav på inspektionen eller BACS om den nominella effekten understiger 70kW.

Uppskattningsvis omfattas minst cirka 75 000 flerbostadshus och minst 65 000 lokalbyggnader av artikel 14, dvs uppvärmningssystem med nominell effekt över 70 kW (Boverket och Energimyndigheten 2019). Minst 50 000 lokalbyggnader beräknas omfattas av artikel 15, dvs. luftkonditioneringsystem med nominell effekt över 70 kW.

Inom ramen för regeringsuppdrag genomfördes intervjuer och enkäter med erfarna branschföreträdare. Frågorna rörde bland annat synen på krav på inspektion kontra krav på införande av styr och regler. Intervjuerna visade att branschföreträdarna föredrar installation och uppgradering av system för fastighetsautomation och fastighetsstyrning framför inspektion.

Inspektion leder inte direkt till energibesparingar på samma sätt som ett system för fastighetsautomation och fastighetsstyrning (Boverket och Energimyndigheten 2019).

Införandet av system för fastighetsautomation och fastighetsstyrning (BACS) har redan kommit långt i Sverige och kommer troligen att öka som konsekvens av förändringarna i artikel 14 och 15.

Andra viktiga aspekter för fastighetsautomation

Fokus för det ramverk som utvecklas inom projektet *Branschramverk för fastighetsautomation* är på energirelaterade frågor som rör automatisering. Dock måste vi nämna några viktiga aspekter som genomsyrar hela automatiseringsfrågan.

Säkerhet

En fråga som genomsyrar hela fastighetsautomationsfrågan är säkerhetsfrågan. Ett ord som förekommer i litteraturen är 'cyber physical security' som beskriver både IT-säkerhetsfrågor och rent fysiska säkerhetsfrågor (som åtkomst till utrustning, utrustningens beteende vid fel eller manipulation...). Sonnek och Lindgren (Sonnek och Lindgren 2015) tar upp skillnaderna i säkerhetstänk kring 'vanlig' IT och fastighetssystem:

Fastighetssystem uppdateras inte lika regelbundet och säkerhetstänket är inte samma som kring annan IT. Systemen är inte heller designade att uppdateras regelbundet. Det installeras också allt mer 'konsumentutrustning' i fastigheterna som modem och switchar som kan ha kända svagheter eller säkerhetshål.

Det föreslås dock även lösningar för detta, exempelvis att fastighetssystem ska ha en testmiljö så att uppdateringar och utveckling kan ske separat från ordinarie drift. Frågan är allmänt mer uppmärksammas på senare år (WSP 2020; "CPSSEC | Homeland Security" u.å.).

En annan säkerhetsaspekt som lyfts är frågan om redundans i styrsystemen eller bland utrustningen. Här menar aktörerna som (Sonnek och Lindgren 2015) intervjuat att autonomitet är viktigt, dvs systemen på automationsnivån ska kunna fungera även om kommunikation mot överordnat system bryts.

Ytterligare en aspekt kopplad till säkerhetsfrågan är ett eventuellt ökat personberoende när allt mer komplexa system byggs in i fastigheten. Det är viktigt att bygga upp systemen på så sätt fler än systemskaparen kan fortsätta anpassa och utveckla systemen. Det är också viktigt att ha en strategi för hur dokumentation ska tas fram, överlämnas och sparas. Exempelvis behöver man vara tydlig med vad som ska dokumenteras (källkod, produktblad..) och vilket format dokumentationen ska ha (ska det vara BIM-data som överlämnas, digitala ritningar...).

I rapporten *Digitalisering för efterfrågeflexibilitet* (Energiforsk, 2021) lyfts risker kopplade till digitalisering av elnätet fram:

- Exempel på IT-relaterade risker, t.ex. Energimätaren blir hackad eller opålitliga kommunikationslänkar
- Exempel på finansiella risker samt risker med lagar och avtal, t.ex. otydliga regler/förordningar, vaga avtal och begränsande lagar.

- Exempel på risker relaterade till roller och ansvar, t.ex. Låga incitament för de som kan tillhandahålla flexibilitet, Oklara definitioner av vad/vem som skall trigga flexibilitet och Oklarheter kring vem som kommer "äga och driva" flexibiliteten.

Affärsmodeller

Många tjänster och lösningar som finns idag har testats och analyserats i detalj vad gäller de tekniska aspekterna men det finns fortfarande förhållandevis lite information om hur affären kring olika tekniska lösningar bör se ut. Några exempel finns dock, se (Kensby m.fl. 2019; Ottosson m.fl. 2020). En viktig fråga är ifall de ekonomiska incitamenten för att implementera olika åtgärder för fastighetsstyrning är tillräckliga för respektive part och hur de värden som åtgärden genererar ska fördelas mellan energibolag och kund? I en utredning om gemensamma åtgärder för energi- och effekteffektivisering av byggnader för Göteborg Energi och Förvaltnings AB Framtiden (2020) konstaterades det att finns ett stort antal tekniska möjligheter för energi- och effektstyrning som utvecklats och testats i olika former av pilot- och utvecklingsprojekt. De tekniska förutsättningar och nyttorna kan ofta kvantifieras, men ekonomi och affärsupplägg redovisas sällan i de olika utredningarna.

Ett exempel är incitamenten för effektiv styrning av fastigheter. Idag finns fler möjligheter än tidigare att inhämta och utnyttja realtids- och prognosdata för att optimera styrningen av fastigheterna. För att skapa gemensam nytta måste styrning av fastigheterna kombineras med någon form av dynamiska priser. Exempelvis kan man skapa incitament att styra fastigheterna mot lägre effektbehov i delar av nätet där det är mest ansträngt (geografiskt dynamiska priser) eller under ansträngda perioder (tidsdynamiska priser). Här kan det framöver också finnas möjlighet att utnyttja artificiell intelligens för att hantera en allt större mängd parametrar och data för att hitta optimal styrning. De flesta fjärrvärmebolag erbjuder inte idag dynamiska priser.

Det tycks därmed kvarstå att hitta affärsupplägg som skapar nytta hos respektive part, vilket omfattar hela affärsmodellens, men kanske särskilt prismodellen, upplägg. Fokus i diskussionerna framåt bör därför vara på att hitta former för samarbete mellan energileverantör och kund som gynnar alla parter och med en acceptabel fördelning av de värden som effektiv styrning skapar.

Kostnader

Integrerade system kan kräva mer arbete med att få all utrustning att integreras, särskilt om det krävs specialanpassningar mellan olika typer av utrustning som levereras av olika leverantörer. En viktig fråga är ifall den tekniska infrastrukturen redan finns på plats. Exempelvis kräver avancerad styrning av fastigheterna att den tekniska infrastrukturen i form av sensorer, uppkopplade installationer o.s.v. redan finns men också att styrsystemet kan ta emot olika typer av styrsignaler för mer avancerad styrning. Om en sådan infrastruktur saknas innebär det att mer tid och resurser krävs innan styråtgärder kan implementeras i större skala. Kensby och Olsson (Kensby och Olsson 2012) tar upp exemplet med Karolinska Sjukhuset där ambitionen från början var att integrera alla aspekter av byggnaden men att detta i ett senare skede visat sig vara för dyrt och det saknades leverantörer som kunde genomföra integration i sådan skala.

Å andra sidan menar (Randal 2015) att Deloitte, ägarna till 'The Greenest, Most Intelligent Building in the World – The Edge', generella inställning var att allting som hade en återbetalningstid under tio år var värt ett försök.

Ansvar/Juridik/Försäkringar

En viktig fråga rörande fastighetsautomation är frågan om vem som äger all data som genereras och hur data ska delas eller användas av olika aktörer. Några av nyckelfrågorna här är:

- Hur regleras rättigheterna till data mellan olika aktörer? Är det fastighetsägaren som äger data? Vilka rättigheter/skyldigheter har leverantören som levererar utrustning och databaser som samlar in data?
- Hur regleras ansvaret för användning och överlämning av data? Ju högre nivå av smarthet i byggnaden desto mer data måste samlas in från brukarna angående deras rörelser, närvaro osv. Ska brukare ha möjlighet att inte ställa upp på en smart byggnads datainsamling?

Diskussion

I detta PM redovisas en litteraturstudie om fastighetsautomation och befintliga ramverk för utvecklingsnivåer. Genom fastighetsautomation och smart styrning kan fastigheterna bidra till att minska energi- och effektbehovet. Efterfrågefleksibilitet hos slutanvändarna bedöms av många vara en viktig pusselbit för att hantera framtida effektutmaningar fram för allt inom elnätet och i ett kort tidsintervall. Inom uppvärmning finns också stora vinster att göra genom styrning av fastigheter.

PM:et är en underlagsrapport inom utvecklingsprojektet *Branschramverk för automatiserade byggnader och energisystem*, som syftar till att utveckla ett branschöverskridande ramverk som beskriver olika automatiseringsnivåer i fastigheter och deras möjligheter och begränsningar i att samverka med det omgivande energisystemet. Särskilt fokus i projektet läggs på EUs frivilliga system *Smart Readiness Indicator*.

Eleffektutmaningen, som de senaste åren uppmärksammats som en stor utmaning, bedöms av många bli mer omfattande i framtiden när elsystemet ställer om till mer variabel elproduktion och stora delar av samhället ska elektrifieras. Det pågår omfattande forskning, utveckling och pilotprojekt, både inom fastighetsautomation och digitalisering i fastighetssektorn och kopplat till framtida utveckling inom energisystemet samt balansering av elsystemet. I litteratursökningen runt efterfrågefleksibilitet inom fastighetssektorn har inga ramverk som kombinerar utvecklingsnivåer inom el, fjärrvärme och fastigheter hittats. I stället har en diskussion om nyttan av efterfrågefleksibilitet i fjärrvärme- och elsystemet förts.

Tre ramverk för utvecklingsnivåer inom fastighetsautomation lyfts fram i rapporten, nämligen Offentliga Fastigheters 'Trappan', Powerhouse Alliance ramverk samt EU-verktyget *Smart Readiness Indicator*, SRI. De tre ramverken har olika syfte och endast ett anses lämpligt som grund för ett branschgemensamt ramverk för fastighetsautomation, vilket är målet med detta projekt.

'Trappans' syfte är att visa på nyttor och konsekvenser av digital fastighetsautomation, beroende på var en fastighet befinner sig i trappan. Trappan beskriver nyttor för beslutsfattare, kunderna och inom förvaltningen vid respektive trappsteg. Trappan vänder sig i första hand till fastighetsägare som är nyfikna på vilka effekter som digitalisering av fastighetsautomation kan medföra. Vid granskning av trappstegen gjordes bedömningen att det är ett relativt stort hopp mellan dem, där

utvecklingsnivån på steg 0 och 1 är relativt låg medan steg 3 och 4 är väsentligt högre, och att fokus ligger på åtgärder inom styr- och regler.

Powerhouse alliance ramverk är utvecklat för att utgöra diskussionsunderlag och ge vägledning vid nyproduktion av fastigheter men även vid omfattande renovering. Ramverket visar på nivån av automatisering på en relativt generell nivå där både styrning men även infrastruktur, kommunikationsprotokoll och användarnas behov ingår. Stegen är tämligen jämnt fördelade ur aspekten att nivån av 'smarthet' ökar gradvis med respektive nivå. Ramverket bedöms därför som lämpligt att bygga vidare på inom detta projekt, när ett branschgemensamt ramverk för utvecklingsnivåer ska tas fram.

SRI är utvecklat inom EU för att öka medvetenheten om fördelar med smarta byggnader ur ett energiperspektiv och därigenom främja investeringar i smarta tekniska lösningar och stödja implementering av tekniska innovationer i byggnadssektorn. Inom SRI bedöms varje byggnad individuellt utifrån dess egen fulla potential till att vara 'smartberedd', vilket innebär hur redo den är för att fånga upp och anpassa sig till fastighetens, brukarnas och det omgivande energisystemets behov och förutsättningar. Bedömningen av varje byggnad tar någonstans mellan ett par timmar och flera dagar, beroende på vilket metod för bedömning som man väljer att använda.

Det ska noteras att systemet är utvecklat för hela den europeiska marknaden och att nuläge och förutsättningar för fastighetsautomation och miljöpåverkan från energianvändning i byggnader skiljer sig åt markant mellan Sverige och andra delar av Europa. I Sverige har många fastighetsägare redan kommit långt med energieffektivisering i befintligt bestånd, energieffektiv nyproduktion och installation uppkopplade styr- och reglersystem. Dessutom är fjärrvärmesystemen väl utbyggda i Sverige, vilket inte är fallet i större delen av Europa, och fjärrvärmeproduktionen i Sverige i stort sett fossilbränslefri. Behoven av att energieffektivisera och styra energianvändningen smart skiljer sig därmed åt mellan den svenska marknaden och andra länder inom EU, vilket delvis avspeglas i de åtgärder som lyfts fram inom SRI.

SRI kan bidra till utvecklingen inom smart fastighetsstyrning och ökad digitalisering av fastighetsbeståndet i Sverige, genom att till exempel sätta fokus på enskilda fastigheters potential och möjliggöra för kunder att ställa krav på fastigheters uppkoppling. Den bedöms i denna litteraturstudie dock inte vara lämplig som utgångspunkt för branschgemensamt ramverk, utifrån det syfte som lyfts fram inom projektet. Detta då SRI metodiken är mer lämpad för framtagning av ett digitaliseringsbetyg.

Nästa steg inom projektet är att utveckla ett förslag på branschöverskridande ramverk som beskriver olika automatiseringsnivåer i fastigheter. Förslaget ska baseras på de insikter som byggts upp inom denna litteraturstudie samt andra genomförda aktiviteter, såsom intervjuer, scenarionalyser och workshops, inom projektet.

Referenser

- Ask, Andréas; Borgström, Nina; Ketzler, Bernd; Norberg, Håkan. 2021. "Digital twins for the built environment". *BIMToday*. <https://www.pbctoday.co.uk/news/bim-news/digital-twin-4-0/64519/>.
- Astma och Allergiförbundet. 2021. "Rökfria bostäder - Astma- och Allergiförbundet". 2021. <https://astmaoallergiforbundet.se/rokfria-bostader/>.
- Avelar, Victor, Kelly Ann Bacon, Sinan Meric, och Christopher Roberts. 2020. "Ensuring Occupant Health : Key Findings and Insights from Global Study of 21 Office Buildings". *Schneider Electric*.
- Basiri, Farhad. 2020. "SNABBARE DIGITALISERING AV BEBYGGELSEN - Slutrapport v1.0".
- Boverket. 2021. "Retroaktiva krav på styr- och reglersystem - Boverket". <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energi-hushallningskrav/ovriga-energi-hushallningskrav/retroaktivt-krav-pa-system/>. 2021. <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energi-hushallningskrav/ovriga-energi-hushallningskrav/retroaktivt-krav-pa-system/>.
- Boverket, och Energimyndigheten. 2019. *Inspektion av uppvärmningssystem och luftkonditioneringssystem*.
- Bruce, Johan, Rachel Walsh och Tatiana Iuvchik, Sweco Bo Rydén, Håkan Sköldberg och Thomas Unger, och Profu Stefan Montin. 2018. "Hur mycket ny flexibilitet behövs i det svenska elsystemet i framtiden? Slutrapport".
- "CPSSEC | Homeland Security". u.å. Åtkomstdatum 10 mars 2021. <https://www.dhs.gov/science-and-technology/cpssec>.
- David, Zagerholm, Aceby Susanne, och Wiig Christopher. 2021. "Digitalisering för efterfrågefleksibilitet".
- DIREKTIV (EU) 2018/844. 2018. 19.6.2018. Vol. 2018.
- Donovan, Patrick. 2020. "Three Essential Elements of Next Generation Building Management Systems (BMS)". *Schneider Electric*.
- Eloranta, Vilppu. 2020. "Applicability Evaluation of Smart Readiness Indicator for Buildings". <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020073047746>.
- EU-Kommissionen. 2020a. "KOMMISSIONENS DELEGERADE FÖRORDNING". Vol. 2003.
- . 2020b. "KOMMISSIONENS GENOMFÖRANDEFÖRORDNING". Vol. 2156.
- European Commission. 2010. "DIRECTIVE 2010/31/EU".
- Gustafsson, Göran. 2013. "Slutrapport Projekt Styr och Övervakning (SÖ)", 1–37.
- Hildebrand, Elisabeth. 2017. "Kompletterande styrsystem för vattenburna värmesystem i flerbostadshus".
- Janhunen, Eerika, Lauri Pulkka, Antti Säynäjoki, och Seppo Junnila. 2019. "Applicability of the smart readiness indicator for cold climate countries". *Buildings* 9 (4). <https://doi.org/10.3390/buildings9040102>.
- Karlsson, Andreas, och Stina Rydberg. 2019. "FED - Fossil Free Energy Districts". *UIA - Urban Innovative Actions*. Vol. 12. [https://doi.org/10.1067/s1061-9259\(01\)90001-3](https://doi.org/10.1067/s1061-9259(01)90001-3).
- Kensby, Johan, Linnea Johansson, Samuel Jansson, och Jens Carlsson. 2019. *Värderingsmodell för efterfrågefleksibilitet*.
- Kensby, Johan, och Rasmus Olsson. 2012. "Building Automation Systems Design". *Energy and Environment*, 3.
- Löfblad, Ebba, Thomas Unger, David Holmström, Mats Lewan, och Stefan Montin. 2018. *Digital utveckling och möjligheter för energisektorn*.
- Ludvig, Kjerstin, Anders Göransson, John Johnsson, Bo Rydén, Håkan Sköldberg, och Ulrika Holmberg. 2017. *Kunden på värmemarknaden*.
- McKinsey & Company. 2017. "Digitally-enabled automation and artificial intelligence: Shaping the future of work in Europe' s digital front runner". *McKinsey & Company report*, nr October.
- Näringsdepartementet. 2016. "Sverige helt uppkopplat 2025 - en bredbandsstrategi".

- <https://www.regeringen.se/informationsmaterial/2016/12/sverige-helt-uppkopplat-2025---en-bredbandsstrategi/>.
- Nilsson, Joakim, Lars Hargö, Jonathan Cygnaeus, Oskar Räftegård, och Mikael Rosén. 2016. "Fastighetsnära Säsongslagring Av Fjärrvärme".
<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/21974/fastighetsnara-sasongslagring-av-fjarrvarme-energiforskrapport-2016-321.pdf>.
- Offentliga Fastigheter. 2020. *Digital fastighetsautomation*.
- Ottosson, Jonas, Linnea Johansson, Johan Kensby, Kristina Lygnerud, Johanna Nilsson, och Anna Nilsson. 2020. *Affärsmodeller för fjärrvärme och värmepumpar i fastigheter*.
- PowerhouseAlliansen. 2019. "Smart by Powerhouse".
- Randal, Tom. 2015. "The Edge Is the Greenest, Most Intelligent Building in the World". Bloomberg. 2015. <https://www.bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building/>.
- Sköldberg, Håkan, Thomas Unger, Magnus Linden, Linda Dyab, Lennart Söder, och Lars Bergman. 2020. "Eleffektfrågan".
- Sonnek, Karin Mossberg, och Fredrik Lindgren. 2015. "NCS3 - Industriella informations- och styrsystem inom fastighetsautomation".
- Sveriges Kommuner och Landsting. 2017. *BIM – digitalisering av byggnadsinformation*.
- Thygesen, Författare Richard, och Aktea Energy Ab. 2021. "Genomgång av system för styrning och reglering av byggnaders tekniska system Innehåll".
- Verbeke, Stijn, Dorien Aerts, Glenn Reynders, Yixiao Ma, och Paul Waide. 2020. *Final Report on the Technical Support To the Development of a Smart Readiness Indicator for*.
- Vinnova. 2018. *Artificiell intelligens i svenskt näringsliv och samhälle - Analys av utveckling och potential*. Sveriges innovationsmyndighet/Sweden's innovation agency. www.vinnova.se.
- WSP. 2020. "Looking Beyond Computer Systems for Maximum Cybersecurity". 2020.
<https://www.wsp.com/en-US/insights/2020-facility-cybersecurity-protecting-control-systems>.

Bilaga 1 Begrepp inom fastighetsautomation

Building Automation and Control Systems (BACS)

Syftar på fastighetsautomationssystemet som styr och kontrollerar byggnadens olika installationer och tjänster. Ett flertal synonymer används som BMS (Building Management Systems) eller på svenska styr- och övervakningssystem, byggnadsautomation eller fastighetsstyrning.

Building Information Models (BIM)

Förkortningen BIM står för Building Information Model, vilket direkt kan översättas med Byggnadsinformationsmodell och innebär ett förhållningssätt till hur man tillämpar en integrerad digitalisering av hela bygg- och förvaltningens processer.

Vid traditionell projektering fokuseras arbetsinsatsen på att upprätta och revidera ritningar, alltså tvådimensionella representationer som planer, sektioner, elevationer och detaljer. I de programverktyg som primärt används i en BIM-process skapar man istället en tredimensionell representation, en modell, av det som ska produceras och ur denna modell skapar man alla de ritningar och handlingar som behövs för projekteringen. (Sveriges Kommuner och Landsting 2017)

PLC/RTU

Gemensam beteckning för dessa är styrenheter. PLC står för 'Programmable Logic Controller' och är en liten dator som är specialanpassad för styrning- och reglering. RTU står för 'Remote Terminal Unit' och är en styrenhet med en mikroprocessor (oftast en något enklare variant av en styrenhet jämfört med PLC). I svensk kontext säger man istället DUC (Datoriserad Undercentral).

API

Ett API kan sägas vara som en handbok som beskriver hur applikationer kan prata med varandra. Engelskans Wikipedia beskriver API som:

An application programming interface (API) is a computing interface that defines interactions between multiple software or mixed hardware-software intermediaries. It defines the kinds of calls or requests that can be made, how to make them, the data formats that should be used, the conventions to follow, etc. An API can be entirely custom, specific to a component, or designed based on an industry-standard to ensure interoperability.

Inom fastighetsbranschen i Sverige finns exempelvis FastAPI som definierar ett gränssnitt för kommunikation mellan fastighetssystem och specificerar hur IT system ska anropa varandra, lista funktioner och data som är tillgängliga, anropa funktioner och ladda data. (Basiri and Belok 2020)

Kommunikationsprotokoll (TCP/IP, ModBus, BacNet, KNX, BALI, LonWorks...)

Kommunikationsprotokoll behövs när datorer behöver kommunicera med varandra och utbyta data. Om inte protokollet finnes eller dess regler följs, kommer kommunikationen att misslyckas. Det finns också en ISO-standard som beskriver ett ramverk för just kommunikationsprotokoll, OSI-modellen (Open Systems Interconnection model). Där beskrivs kommunikationsvägen i sju distinkta lager, där varje lager lägger till nödvändig information som ska tas vidare till nästa lager.

Inom byggnadsautomation finns det ett antal vanliga protokoll. Samtliga beskrivningar nedan hämtas ur (Kensby och Olsson 2012).

Big Data

TCP/IP

Detta är det så kallade internetprotokollet (Transmission Control Protocol over Internet Protocol) och används för att kommunicera information mellan olika routrar över internet. I byggnadsautomationssystem används detta protokoll för att kommunicera information i Informationsfältet.

Trådlöst

Trådlös kommunikation används i allt större utsträckning inom fastighetsautomation, särskilt då det är för kostsamt eller otympligt att dra fram kabel.

Förutom det vanliga trådlösa nätverket som kan kommunicera via 2,4 GHz och 5 GHz frekvenser mot ett centralt modem eller mottagare, finns det andra lösningar som ett mesh-nätverk där respektive enhet är både en avsändare och mottagare. Fördelen med mesh-nätverk är att den trådlösa kommunikationen är mer robust eftersom kommunikation kan ske via andra enheter om vissa slutar fungera. Nackdelen är att det kan finnas fördröjningar och upprepning av signaler som kan ge upphov till störningar (Sinopoli 2009).

Ytterligare ett trådlöst kommunikationsprotokoll är ZigBee som används när endast lite data behöver kommuniceras (Sinopoli 2009).

ModBus

Fastighets- och industriautomationsprotokoll som funnits sen 1979. Bygger på master/slav principen där mastern kontinuerligt ställer frågor mot slavenheterna för att upptäcka förändringar.

BACNet

Fastighetsautomationsprotokoll som funnits sedan 1995. Bygger på händelseprincipen, dvs kommunikation triggas fört om en händelse inträffar (larm, avvikelse osv).

KNX

Fastighetsautomationssystem som fungerar på samma princip som BacNet, dvs kommunikation triggas av händelser.

LonWorks

Kommunikationsprotokoll som bygger på master/slav principen.

Andra protokoll

Andra protokoll som kommer upp i anslutning till fastighetsautomation är

- DALI (Digital Addressable Lighting Interface), används för styrning av belysning
- Z-Wave, fastighetsautomationssystem som är vanlig mot privatmarknaden
- M-Bus, används för avläsning av förbrukning

Pågående initiativ kring standardisering runt fastighetsautomation

Det finns ett antal olika internationella initiativ som arbetar för att standardisera olika delar i automationsprocessen. Några av dessa nämns nedan och samtliga hämtas ur (Basiri 2020).

Project Haystack

Project Haystack är ett internationellt uppmärksammat "projekt" med målet att effektivisera arbetet med data från uppkopplade enheter inom det så kallade sakernas internet. Projektets resultat tillhandahålls som öppen källkod och omfattar datamodeller och webbtjänster som syftar till "att göra det lättare att låsa upp värde från den stora mängd data som genereras av smarta enheter ...". Inom Haystack märks data som skickas mellan IT-system m.h.a. standardiserade nyckelord, s.k. "tags".

Brick Schema

Brick Schema är ännu ett internationellt uppmärksammat initiativ med öppen källkod för att "standardisera semantiska beskrivningar av fysiska, logiska och virtuella tillgångar i byggnader och förhållandena mellan dem."

RealEstateCore (REC)

RealEstateCore är ett språk för modellering och utbyte av kunskap och data som rör byggnader och fastighetsverksamheter. Med hjälp av REC går det att beskriva och utbyta semantiska modeller via samma underliggande standarder som används inom den semantiska webben (exempelvis att strukturera data i databaser, tagga, extrahera data genom 'queries' osv). Dessa byggstenar gör det också möjligt att ifrån REC referera till andra informationskällor och begreppsmodeller.

CoClass

CoClass är ett svenskt digitalt klassifikationssystem för byggd miljö som Svensk Byggtjänst utvecklat. Systemet omfattar klassifikation för objekt i form av byggnadsverk och deras delar, inklusive definitioner av egenskaper hos objekten. Syftet ger alla som arbetar med bygg- och förvaltning ett gemensamt "språk". Språket omfattar alla faser av byggprocessen, från tidiga skeden till slutlig avveckling.

Överordnat system (SCADA)

Benämningen SCADA står för 'Supervisory Control And Data Acquisition' vilket syftar på ett överordnat styrsystem som har möjlighet att skicka styrsignaler till olika styrenheter på automationsnivån. Det hanterar också samling och lagring av data från fältnivån (temperatur, flöde osv).

BrainBox AI

Kommersiell AI-produkt för byggnadsoptimering

<https://www.brainboxai.com/technology/>

Digitala tvillingar

Förstudie inom Smart Built Environment (Ask, Andréas; Borgström, Nina; Ketzler, Bernd; Norberg 2021) föreslår bland annat att det startas ett tvärsektorielt centrum för digitala tvillingar i Sverige och att en gemensam uppsättning definitioner och principer för Digitala tvillingar i Sverige utvecklas.