



KTH LIVE-IN LAB

Slutrapport Multipla Testbäddar

TESTBED KTH



TESTBED EM



KTH LIVE-IN LAB

TESTBED AH



TESTBED NCH



Innehåll

1	Sammanfattning	3
1.1	Vision KTH Live-In Lab	3
1.2	Syfte KTH Live-In Lab	3
1.3	Mål KTH Live-In Lab	3
1.4	Bakgrund gällande ansökan om tilläggsinvestering.....	3
2	Behovsbild och bakgrund.....	5
3	Genomförande.....	6
3.1	Aktörsrelationer	6
3.2	Tester och Forskning.....	7
3.2.1	Forskningsområden som kräver multipla testbäddar.....	8
3.2.2	Sammanfattning projekt i KTH Live-In Lab	9
3.3	Teknik och System	10
3.3.1	Testbed KTH.....	12
3.3.2	Testbed EM.....	14
3.3.3	Testbed AH	14
3.3.4	Testbed NCH	15
3.3.5	Sammanfattning Teknik och System	16
3.3.6	Datasäkerhet och GDPR	16
3.4	Referenser	17

1 Sammanfattning

1.1 Vision KTH Live-In Lab

KTH Live-In Lab säkerställer att KTH blir ett hållbart campus och att Stockholm behåller sin ledning inom hållbar stadsutveckling med fokus på digitalisering och smarta städer. Detta sker genom att accelerera innovationstakten inom samhällsbyggnadssektorn, baserat på excellens i forskning, utbildning och samverkan.

1.2 Syfte KTH Live-In Lab

KTH Live-In Lab är en plattform för accelererad innovation i samhällsbyggnadssektorn och för samverkan mellan akademi och näringsliv. KTH Live-In Lab driver flertalet testbäddar i verkliga miljöer för test och forskning av ny teknik och nya metoder.

Syftet med KTH Live-In Lab är att förkorta ledtiderna från forskningsresultat till introduktion på marknaden. Genom att accelerera innovationstakten inom bygg- och fastighetssektorerna möjliggör KTH Live-In Lab framtidens resurseffektiva och hållbara byggnader.

1.3 Mål KTH Live-In Lab

Målet med KTH Live-In Lab är att möjliggöra att nya konkurrenskraftiga miljötekniska och hållbara produkter och tjänster snabbare når ut till marknaden.

För att uppfylla syftet och nå målet om accelererad innovation så behöver KTH Live-In Lab testbäddar. Denna rapport behandlar utbyggnad av testverksamheten till att gå från en testbädd till fyra.

1.4 Bakgrund gällande ansökan om tilläggsinvestering

Genom interaktion med ett stort antal forskare och företag har det identifierats att testverksamheten i KTH Live-In Lab med enbart en testbädd innehållande fyra lägenheter inte kan ge de optimala svaren på samtliga frågeställningar kring framtidens produkter och tjänster kopplat till byggande och användandet av byggnader. Bakgrunden till att utöka antalet testbäddar är ett uttryckt behov från såväl industrin som akademien att kunna testa teknik och teorier i olika miljöer (byggnader, ägandeformer och verksamheter).

Vid ökat antal testbäddar ökar även komplexiteten kring administration av testverksamheten. Användning av lokaler är starkt kopplat till typen och syftet (boende, kontor, vård etc.) men metoden för att utföra tester eller forskning är densamma oberoende av typ eller syfte. För att testa produkter och tjänster i verklig miljö behövs fler testbäddar förlagda inom andra sorters verksamhet så som t.ex. kontor, hotell och undervisningslokaler. För att möjliggöra en utökad och konkurrenskraftig testverksamhet måste även en öppen och transparent databas byggas upp i syfte att möjliggöra kommunikation mellan de olika testbäddarna. Databasen måste hantera befintliga och framtida tekniska system, både nationellt och internationellt.

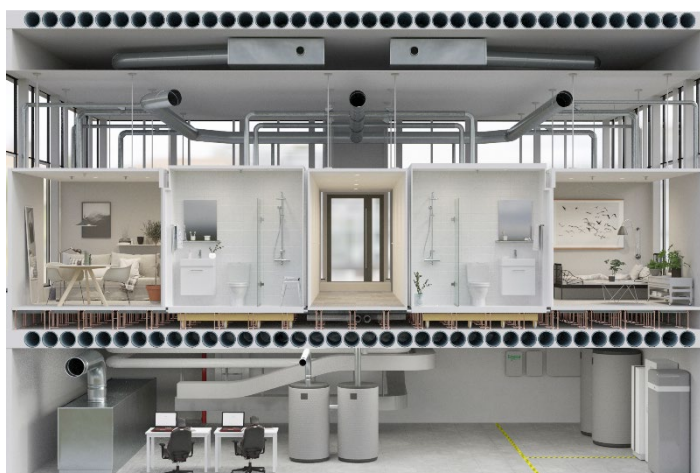
En utökning av testinfrastrukturen från de initiala 4 lägenheterna till att omfatta olika typer av byggnader, olika ägare, olika styr- och kontrollsystem bäddar även för ökat intresse för KTH Live-In Lab, samt ger resultaten en mycket större validitet och därmed ökad påverkansgrad på bransch och regelnivå. Testinfrastrukturen och databasen måste byggas upp att hantera data

från interna system såväl som befintliga externa system. Med uppbyggandet av en öppen databas kommer såklart även frågor kring datasäkerhet och etik. Innovativ teknik, boendebeteende och prestanda kommer mätas och utvärderas och data att lagras. De tekniska lösningarna kommer i många fall och på olika sätt att interagera med personer som bor eller visas i de byggnader som berörs. KTH Live-In Lab måste därmed ha en strukturerad och genomtänkt hantering av data av varierande slag, såväl i enskilda projekt som för de data som genereras av verksamheten. Datahanteringen tar följaktligen hänsyn till och anpassas till aktuell och kommande lagstiftning bland annat om personuppgifter och datasäkerhet (GDPR), vilket har utretts i ett separat projekt där KTH, Stockholms Universitet, HSB Living Lab och Akademiska Hus medverkat och projektet har finansierats av Smart Built. Rapport finns på KTH Live-In Labs hemsida,

https://www.liveinlab.kth.se/polopoly_fs/1.902349.1557225850!/Slutrapport%20Juridik%20och%20digitaliseringen%20av%20samballsbyggnadssektorn.pdf.

För att hantera de multidisciplinära problemställningar som är kopplade till accelererad innovation och för att möjliggöra allmänna klimatpolitiska mål har vi initierat KTH Live-In Lab. KTH Live-In Lab blev i och med projektet som redovisas i denna rapport (Multipla Testbäddar) en plattform som hanterar flertalet testbäddar i syfte att förkorta tiden mellan idé och marknadsintroduktion. Byggnaders multidisciplinära natur, den pågående digitaliseringen och kommande energi- och miljömål är stora utmaningar för både industrin och akademien. KTH Live-In Lab är en unik nod för samverkan mellan industrin och akademien och även en länk mellan olika universitet och forskargrupper. KTH Live-In Lab är sedan januari 2019 en centrumbildning på KTH mellan parterna KTH, Einar Mattsson, Schneider Electric och Akademiska Hus, och har möjliggjorts tack vare en initial donation från Einar Mattsson-koncernen (7.5 Mkr i kontanta medel samt 7.5 Mkr i medfinansiering) samt bidrag från VINNOVA och Boverket (hittills ca 6.6 Mkr). Idén till KTH Live-In Lab föddes 2013 och konceptet KTH Live-In Lab etablerades under 2016-2017 i samverkan med Einar Mattsson, Semrén & Månsson, Ericsson, Belkab, Grunditz Göransson Arkitekter och Pinnab Inneklimat. Under 2018 utökas antalet testbäddar från en till totalt fyra. Sommaren 2018 blev KTHs egna bygglovsbefriade Testbed KTH om ca 300 kvm redo för ibruktage. Inom ramen för Multipla Testbäddar (finansierat av VINNOVA, tillsammans med Akademiska Hus, Einar Mattsson, Nordic Choice Hotels och Schneider Electric) möjliggörs en utökad testverksamhet i syfte att skapa testbäddar i olika byggnadstyper, ägandeformer och verksamheter. Inom Multipla Testbäddar möjliggörs en utökad testverksamhet inom dessa testbäddar:

- **Testbed KTH:** I en bygglovsbefriad lokal i en av Einar Mattssons tre plusenergibyggnader på KTH Campus Valhallavägen är KTHs bygglovsbefriade Testbed KTH placerad. Lokalen är på totalt 305 kvm fördelat på ca 120 kvm boarea, 150kvm teknikutrymme samt ett projektkontor om ca 20kvm. Inom Testbed KTH kommer olika lägenhetskonfigurationer byggas upp på årlig basis och KTH hyr ut dessa till studenter vilka ansöker om att få bo i testlägenheterna. Testbädden är totalt flexibel gällande både geometri och installationer. Testbädden har även egna solceller och eget borrhål med möjlighet att byta kollektor.



- **Testbed EM** består av 305 studentlägenheter och är belägen på KTH Campus Valhallavägen. Testbädden består av tre byggnader med bärande ytterväggselement av betong. Normallägenheter är på 19.5 kvm och samtliga lägenheter har eget kök och duschrum. Byggnaderna har en gemensam tvättstuga och ett postrum. Byggnaderna värms upp genom förvärmad tilluft. Varmvatten och värme genereras via värmepumpar kopplade till 12 borrhål med total längd på 3600m, och ett antal av hålen har fiberoptik installerade för temperaturmätning längdleds. Takytorna är täckta av solceller, totalt 1150kvm. Det finns totalt 50 avloppsvärmeväxlare installerade, både vertikala och horisontala. Från- och tilluft kan justeras i samtliga lägenheter. Varmvatten, el, CO₂, ljus mäts i samtliga lägenheter. Styr- och kontrollsystem är möjliga att påverka i forskningssyfte. Byggnaderna är plusenergihus.
- **Testbed AH:** Testbed AH består av det nya Undervisningshuset på KTH Campus Valhallavägen. Undervisningshuset är försett med hundratals sensorer vilka mäter allt från relativt vanliga värden som el, vatten, ventilationsflöden och CO₂ men även fukthalt och rörelser i enskilda byggnadsdelar. Byggnaden är i drift och genererar mängder av data vilken kan användas inom KTH Live-In Lab.
- **Testbed NCH:** Testbed NCH består främst av hotellrum på Hotell Hobo på Brunkebergstorg i Stockholm, men omfattar även möjligheten att få tillgång till konferensanläggning och restaurang. Byggnaden är flexibelt uppbyggd för instrumentering beroende på vilka forsknings- och utvecklingsprojekt som önskas utföras. Tack vare att byggnaden driftas som hotell med snabba in- och utflyttningar möjliggör Testbed NCH en hög testfrekvens.

2 Behovsbild och bakgrund

Projektet Multipla Testbäddar hade följande huvudsyfte: Att möjliggöra en utökning av testverksamheten inom ramen för KTH Live-In Lab till fler byggnadstyper, styr- och kontrollsystem och aktörer. För detta krävdes en ny utökad utredning gällande aktörer, tester, samverkan och KTH Live-In Lab:s databas. En utökad testverksamhet och integrerad

datahantering antas möjliggöra accelererad innovation i samhällsbyggnadssektorn och påvisa användbarheten av fastighetsrelaterad data, t.ex. att öka förståelsen hos både förvaltare och boende för verklig drift av byggnader. Arbetena inom ramen för Multipla Testbäddar har bestått av följande delar:

- **Aktörsrelationer:** Vid en utökad testverksamhet så måste KTH Live-In Lab gå från att vara förknippad med en (1) testbädd till att bli en plattform för test-och verifiering. Samtliga dokument, strategier, hemsida mm måste uppdateras och revideras.
- **Tester och forskning:** Strategier för test och forskning måste uppdateras. Tester och forskning kan i och med denna ansökan utföras simultant i flertalet testbäddar, eller i olika efter varandra följande tester i olika miljöer. Erbjudanden, finansieringsalternativ mm måste utredas.
- **Teknik och system:** De olika byggnadsstyrningssystemen måste kunna samverka och data måste kunna hanteras inom och mellan system. Tekniker från samtliga parter i denna ansökan måste samordna system och arbeta fram strategier för byggnadsstyrning och lagring av data som är säkra och lagliga.
- **Resultat:** Frågor relaterade till ägande och ansvar måste vidare undersökas. Avtal revideras.

Utöver detta måste även datasäkerhet och integritet säkerställas. Data som lagras på KTHs servrar måste lagras i enlighet med GDPR. Utredning kring detta har skett, rapport finns att läsa på KTH Live-In Labs hemsida: <https://www.liveinlab.kth.se/nyheter/aktuellt/sa-ska-smarta-byggnader-klara-gdpr-kraven-1.902345>

3 Genomförande

3.1 Aktörsrelationer

KTH Live-In Lab har i och med satsningen på Multipla Testbäddar gått från att vara en testbädd till att vara en plattform hanterande multipla testbäddar. I samband med beviljandet av Multipla Testbäddar så påbörjades diskussionen kring hur ägarna av testbäddarna skulle kunna engageras i driften av KTH Live-In Lab. Detta resulterade i att KTH Live-In Lab vid årsskiftet 2018/2019 blev en centrumbildning på KTH, med KTH, Einar Mattsson, Schneider Electric och Akademiska Hus som centrumpartners. Nordic Choice Hotels valde att fortsätta samarbetet med KTH Live-In Lab genom att upplåta Hotel Hobo som testbädd, men att inte delta i centrumpartnerskapet. För mer info se: <https://www.liveinlab.kth.se/om-kth-live-in-lab/forskningscentrum>

Parterna i centrumet erhåller en plats i styrelsen för KTH Live-In Lab. Styrelsen är det organ som beslutar över användandet av testinfrastrukturen i KTH Live-In Lab. Därmed får respektive testbäddsägare (förutom Choice Hotels) direkt insyn i projekt som vill använda testbäddarna, och kan därmed även se fördelar med förläggandet av tester till respektive testbädd. De senast beviljade projekten har samtliga strukturerats som så att initiala tester utförs i den bygglovsbefriade Testbed KTH, för att sedan förläggas i en större och komplexare struktur som Testbed EM, AH eller NCH.

Hemsida är uppdaterad och redovisar nu att KTH Live-In Lab är en plattform hanterande multipla testbäddar. För mer info, se: <https://www.liveinlab.kth.se/om-kth-live-in-lab/testbaddar>

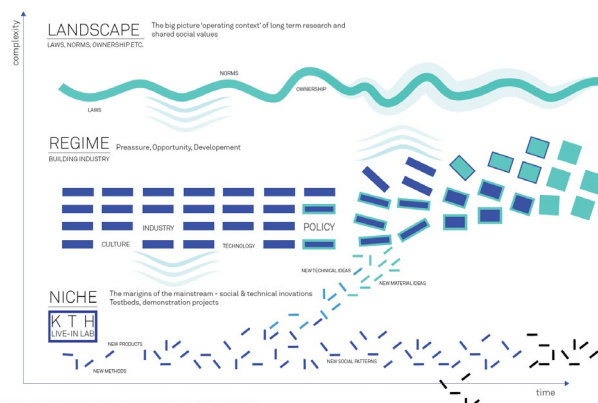
Ansökning sker via hemsidan, och ansökningsformuläret har justerats att även innehålla frågan om projektet enbart skall visas för KTH-representanter, eller om hela styrelsen, inkluderande industripartners, kan få ta del av projektförslaget.

3.2 Tester och Forskning

Byggnader i den industrialiserade världen beräknas stå för 30-40% av den totala energianvändningen och 40% av koldioxidutsläppen (Berardi 2013). Informations- och kommunikationsteknik (IKT) har visat sig möjliggöra ökad energieffektivitet i den bebyggda miljön, t.ex. genom avancerade kontrollsystem, energiövervakning, feldetektering och främjande av mer hållbart beteende hos fastighetsägare och brukare. Som en konsekvens har smarta hem en hög prioritet i EU:s strategiska energiteknikhandlingsplan och mycket medel kanaliseras till forskningsområdet både via EU:s forskningsprogram och nationella forskningsfinansiärer. Smarta hem definieras som hemliknande miljöer med någon form av intelligens och automatik, vilket gör det möjligt för byggnadssystemen att agera beroende på brukarbeteende och leverera olika typer av anpassade tjänster (De Silva, Morikawa and Petra 2012). Smarta hem erbjuder funktioner som går utöver kapaciteten i vanliga byggnader, till exempel förbättrad säkerhet, hemassistans och e-hälsa, ökad underhållning, kommunikation och visualisering (t.ex. genom feedback om resursanvändning), förbättrad komfort och inomhusluftkvalitet och mer effektiv energianvändning (Balta-Ozkan et al. 2013).

Smarta byggnader förväntas spela en viktig roll som enheter i smarta hållbara städer och har varit föremål för stor uppmärksamhet i litteraturen de senaste åren. Smarta byggnader ses som fronten gällande teknikimplementering i byggsektorn, och den utökade användningen av sensorer förväntas öka förståelsen kring byggprocessen till att låsa upp energieffektivitetspotentialen. KTH Live-In Lab använder den tekniska potentialen kopplat till smarta byggnader för att främja innovation i samhällsbyggnadssektorn. KTH Live-In Lab är en plattform för forskning, test och verifiering samt utbildning och består av både virtuella och fysiska testmiljöer.

Under åren 2016-2017 arbetade KTH Live-In Lab med att ta fram affärsmodeller och forskningsstrategier kopplat till accelererad innovation i samhällsbyggnadssektorn. Arbetet har finansierats via VINNOVA och Boverket. Den valda strategin baseras på teorier som Strategic Niche Management (SNM) och Multilevel perspective (MLP) (Schot and Geels, 2007, 2008; Berkers and Geels, 2011). Båda teorierna behandlar innovation och teknikskiften och argumenterar för att aktörer inblandade i innovationsprocesser aktivt, genom deras medverkan, påverkar både urvalsprocesser och framtida forsknings- och utvecklingsinriktning. Vitalt i dessa teorier



Figur 1 – Innovationsresor genom användandet av teknologiska nischer/demonstrationsprojekt/testbäddar, baserat på Strategic Niche Management (Schot and Geels, 2007, 2008)

är tanken om demonstrationsprojekt, eller testbäddar, vilka anses vara skydd för nya innovationer eller s.k. teknologiska nischer. Inom dessa teknologiska nischer kan produkter och tjänster testas och verifieras i skyddade miljöer med ökad interaktion och kunskapsspridning som resultat, vilket är en påvisad framgångsfaktor för dynamiska kluster.

För mer information om hur projekt initieras, hur patentfrågor, rättigheter och kommunikation hanteras, se dokumentet Ways of Working på KTH Live-In Labs hemsida:

<https://www.liveinlab.kth.se/om-kth-live-in-lab/informationsmaterial-1.894503>

Hittills har det kommit in 42 intresseanmälningar att använda testbädden varav 30 har godkänts att använda testinfrastrukturen och 17 är pågående i olika grad. De godkända intresseanmälningarna har det sammanlagda uppskattade värdet om 53MSEK fördelat på 23M i medfinansiering och 30MSEK i ansökta medel. Intresseanmälningarna är fördelade på forskargrupper från hela KTH (Architecture, Building Technology, Electrical Engineering, Energy technology, Philosophy, Automatic Control, Real estate and Construction Management and Information science and Engineering), och även på SME:s och större företag så som KTHs strategiska partners Akademiska Hus och Ericsson, samt även andra innovativa företag som Schneider Electric, Nordic Choice Hotels, Einar Mattsson och HSB Living Lab. Samarbete är även pågående med Karolinska Institutet, Karolinska Universitetssjukhuset, Stockholms Universitet och Chalmers. Utöver det har KTH Live-In Lab ansökt om medel och beviljats till en total summa om 9.1MSEK fördelat på 3MSEK medfinansiering och 6.1MSEK i beviljade medel, samt även erhållit donationer från företag till ett värde av minst 8.75MSEK.

KTH Live-In Lab har i dagsläget totalt 64 partners involverade i olika grad; 10 forskargrupper på KTH, över 15 examensarbeten, fler än fem kurser har använt KTH Live-In Lab som fallstudie och vi har även pågående forskning tillsammans med Stockholms Universitet, Karolinska Institutet och Chalmers samt pågående samtal med Umeå Universitet, TU Delft, MIT, AIT, UTS Sydney och Max Planckinstitutet i Berlin.

3.2.1 Forskningsområden som kräver multipla testbäddar

Följande exempelprojekt har möjliggjorts genom den utökade satsningen att bli en plattform hanterande multipla testbäddar istället för en enskild testbädd:

3.2.1.1 Kostnads- och energieffektiva styrsystem i byggnader

Följande projekt beviljades medel från Energimyndigheten. Projektpartners är KTH, Botrygg, Tovenco och Akademiska Hus. Projektbudget på totalt 6.6 miljoner kronor.

Användning av styrsystem i byggnader blir en allt mer angelägen teknik för att effektivisera energianvändning. Energimyndighetens stöd till det nya projektet avser utvecklingen av tillämpbara system för optimering av byggnader i drift.

Projektet avser att beräkna kvantiteten av den ineffektiva energianvändningen förorsakad av vanliga felaktigheter och brister i byggnaders system. Syftet med projektet är även att ge riktlinjer för kostnads- och energieffektiv design och implementering av intelligenta övervaknings- och kontrollsystem för byggnader.

Projektet använder styr- och kontrollsystem i Testbed KTH (de fyra lägenheterna) för att sedan växla upp och genom satsningen på multipla testbäddar använda erfarenheter och resultat från den initiala studien i ett andra steg, nämligen i Testbed

AH och 140 lägenheter i Uppsala. Genom satsningen på multipla testbäddar skapas en generisk funktion av hur andra byggnader kan anslutas till KTH Live-In Labs databas, för att möjliggöra forskning och utveckling.

3.2.1.2 *Ensuring water safety through innovative installations and algorithms*

Följande projekt har passerat ett av två steg till finansiering i Länsförsäkringars utlysning om "Det Trygga Hemmet 2030" (<https://www.lansforsakringar.se/stockholm/privat/om-oss/hallbarhet--forskning/forskning/klimatanpassning/utlysning-forskningsprojekt-om-tryggt-boende/>). Projektpartners är KTH, Uponor, Labtrino och Einar Mattsson. Projektbudget på totalt ca 12 miljoner kronor.

Projektet syftar till att minimera risk för vattenläckage i flerbostadshus genom att använda vattenfelsbrytare, ultraljudssensorer för vatten samt övriga befintliga sensorer (så som CO₂, el, vattenmätare etc.) och genom algoritmer minimera nyinstallation men ändå säkra byggnader från vattenskador.

Projektet utförs i ett första steg i Testbed KTH där grundidén på installationer testas i en fallstudie. Resultaten blir sedan grunden för en fullskaleinstallation i Testbed EM (en huskropp med 105 studentlägenheter).

Projektet hade inte kunnat utföras om inte KTH Live-In Lab blivit en plattform hanterande multipla testbäddar.

3.2.1.3 *Att säkra hållbar och rättvis tillgång till vatten och energi under aktörsdriven disruptiv systemförändring*

Följande projekt har erhållit ca 9 miljoner kronor från Formas och initierades genom att ett företag (Graytec som är en SME) kontaktade KTH Live-In Lab. KTH Live-In Lab engagerade sedan KTH Watercentre som i sin tur ledde en process som resulterade i en ansökan till Formas. Projektpartners är KTH (4 forskare), Einar Mattson Förvaltnings AB, Graytec AB, Stockholm Exergi AB, Stockholm Water and Waste Company, Familjebostäder, Uponor AB, Akademiska Hus, Svenskt Vatten, HSB Living Lab och Värmdö kommun.

Projektet har tre olika fallstudier: Testbed KTH, Testbed EM, HSB Living Lab och Värmdö Kommun.

Projektet hade inte kunnat genomföras om inte KTH Live-In Lab kunnat hantera multipla testbäddar.

3.2.2 **Sammanfattning projekt i KTH Live-In Lab**

Gemensamt för de tre ovan beskrivna projekten är hantering av data och datalagring. KTH Live-In Lab samverkar med alla ovan nämnda projekt främst kring databas och datahantering, och genom att ta en samverkande roll möjliggör KTH LIL att samtliga projekt kan få nytta av varandra, att data hanteras på samma sätt, att data/information öppnas upp för studenter, forskare, organisationer och myndigheter. Förutom de parter som presenterats ovan samverkar KTH LIL med följande parter (64st) inom ramen för projekt och centrumbildning:

Akademiska Hus AB	Ericsson	LifeAir	Stockholms Universitet
Anders Byggare	Familjebostäder	Lindner Group	Stures brunnsborningar AB

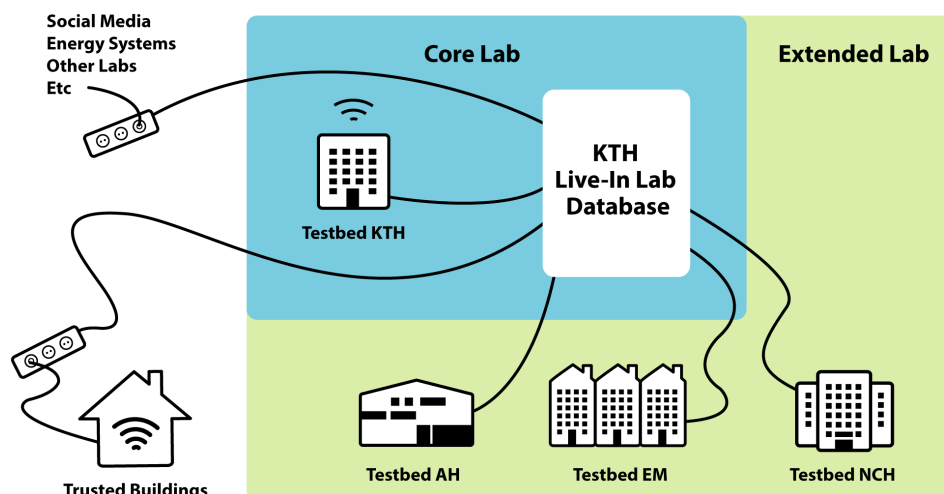
Arkitektkopia	FM Mattsson	MUOVITECH AB	Svensk Energi & Kylanalys AB
Asplan Viak	Geobatteri AB	Myrspoven	Svensk Vatten
Avanti System Aktiebolag	Graytec AB	Nordic Choice	SWECO Environment AB
Bengt Dahlgren AB	Grunditz Göransson Arkitekter	Nowab AB	Telia
Bosch Siemens	Gustavsberg	Ochno AB	Tosibox
Botrygg	HP-borrningar i Klippan AB	Oneday Wall	Tovenco
Boverket	HSB	Podcomp	Triopipe Geotherm AB
Brugg Cables	HSB Living Lab	Saint-Gobain	Uponor AB
Climacheck Sweden AB	Hyllteknik	Schneider Electric	Värmdö Kommun
Danfoss	IKANO Bostad	Semrén & Månsson	Vasakronan
Ecophon/Saint Gobain	Invisense	Silver Life	Vinden
Einar Mattsson	Karolinska Institutet	SINDEQ Borrteknik AB	VINNOVA
Energimyndigheten	Karolinska Universitetssjukhuset	Stockholm Exergi	WellPerform
Equa	Labtrino	Stockholm Water and Waste Company	Wessman Entreprenad AB

3.3 Teknik och System

För att möjliggöra en sammankoppling av flertalet existerande byggnader till en och samma databas/server så har detta projekt valt en väg: att använda lokala automationsserverar och en övergripande server installerad inom KTHs nät. Det finns fler vägar framåt och olika alternativ diskuteras under respektive byggnad/testbädd.

KTH Live-In Labs system för byggnadsautomation, datainsamling och datalagring baseras på Schneider Electrics StruxureWare Building Operation. Systemet möjliggör realtidsövervakning och drift av samtliga system i Testbed KTH, exempelvis värme, vatten, ventilation, koldioxidhalt och fönsteröppning. Systemet möjliggör insamling och övervakning av data från övriga tre testbäddar, dock inte styrning eller drift i dagsläget. Systemet möjliggör även driftsdiagnostisering, feldetektering, underhåll och grafisk visualisering av data. Det är även tänkt att systemet i framtiden även möjliggör anpassade gränssnitt för användargrupper (studenter, industri, akademi). På KTHs nät har en Schneider Enterprise server installerats, som kommunicerar med de fyra testbäddarna. I en (eller två) testbäddar läser Enterprise-servern data från lokala byggnadsautomationsserverar (Schneider Automation Server), och från två (eller tre) läses data från webbtjänster. Automations-serverns roll är att samordna all överordnad funktionalitet såsom datainsamling, diagnostik och feldetektering. I Automation-servern lagras bilder och historik samt att det i denna kan skapas överordnad logik för tidsstyrning och börvärden mm. En automationsserver är en fastighetsspecifik server, medan en enterprise server knyter samman fler AS (eller externa system) och får de att samverka eller enbart samla in data. Exempelvis kan systemet med en central server som kommunicerar och lokala styr- och kontrollsystem möjliggöra projekt kring den smarta stadsdelar och städer, t.ex. load shifting, lokal energilagring/generering osv.

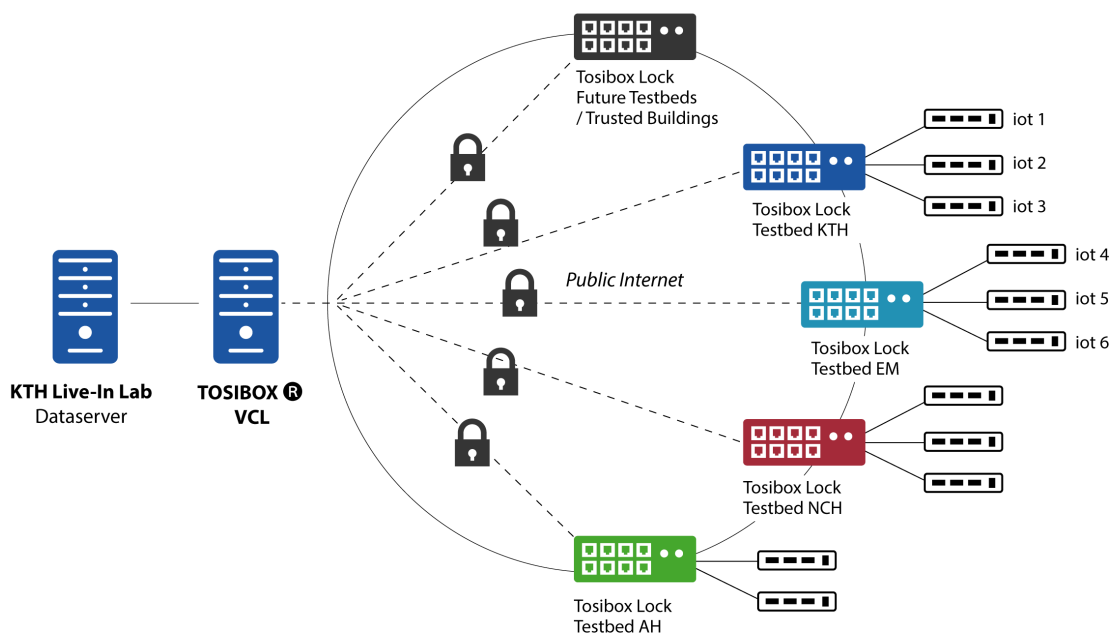
Overview of testinfrastructure



Figur 2 – Översikt testinfrastruktur KTH Live-In Lab

De olika testbäddarna ligger inte alla inom KTHs nätverk, utan för att komma åt data måste man passera publika nätverk. För att möjliggöra säker överföring av data har projektet valt att installera fysiska VPN-tunnlar, vilket i princip är en förlängning av KTHs nätverk in i externa byggnader. Systemet som installerats gör det möjligt att koppla ihop alla byggnader och kryptera nätverkstrafiken för datainsamling. Det går att bygga denna typ av nät med egna kablar/fibrer mellan KTH och de olika testbäddarna men det är betydligt dyrare och tar lång tid. Att köpa en internet-förbindelse per testbädd är en snabbare och billigare lösning. Systemet som används är en VPN-lösning med routrar, denna gång från företaget Tosibox. Det finns utrustning för Ethernet-sladd och/eller 4-g med mer eller mindre funktionalitet. Alla routrar använder en internettjänst som hjälper till när routerna skall kopplas ihop enligt önskemål. Nya routrar förbereds och paras ihop med speciella USB-nycklar och när detta är utfört kommer routern att kunna kopplas upp från godtycklig internet-förbindelse. På KTH termineras VPN-tunneln i en virtuell server som också en del av systemet. Möjligheten att kunna använda en virtuella server gör allt mycket enklare i och med att de servrar som används för att lagra data ligger i samma virtuella miljö.

Projektet har valt att installera Tosibox 500 i Testbed KTH och Tosibox 200 i Testbed NCH. Från Testbed EM och Testbed AH hämtas data via webgränssnitt och inga VPN-tunnlar behövs. Till VPN-tunnlar kopplas en byggnadsautomationsserver, i detta projekt en Schneider Automation Server, för att dels samla in data, och dels vara den legala och fysiska gränsen mellan KTHs forskningsinfrastruktur och industriparternas fysiska byggnader.

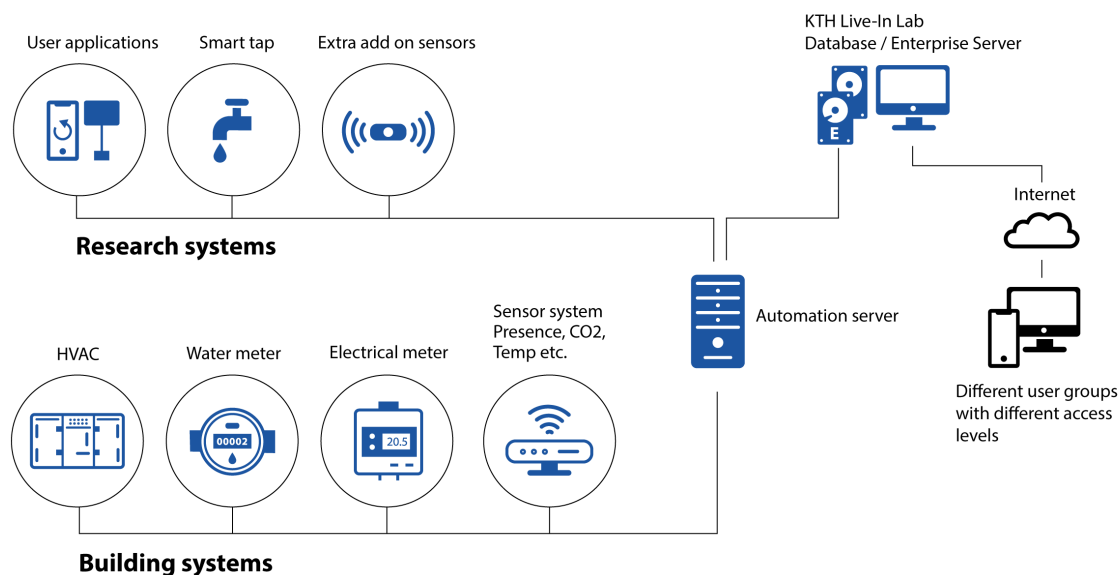


Figur 3 – IT-säkerhetssystem för KTH Live-In Lab

3.3.1 Testbed KTH

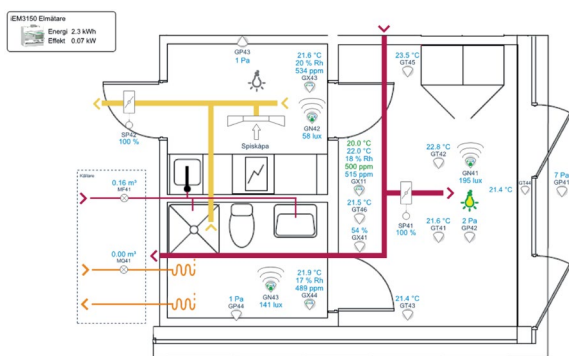
Testbed KTH består av 300 kvm bygglovsbefriad yta, fördelat på ca 100kvm där lägenheter byggs upp, 150 kvm installationsutrymmen samt 50kvm kontor. Testbed KTH har ett byggnadsautomationssystem från Schneider Electric. Installationen består av en Automation Server som överstyr samtliga andra system, till exempel ventilations- och värmesystem. Testbädden har även KNX-system och kan hantera samtliga standardprotokoll. Passage och säkerhet via Schneider Security Expert för skalskydd och Salto för lägenhetsdörrar. El övervakas via Wiser/Resi9 vilket betyder att el loggas på respektive säkring vilket medför direkt översikt över vad el används till (spis, kyl, belysning etc.). Systemets uppbyggnad möjliggör en samverkan mellan olika system då samtliga system kan kommunicera. Exempelvis kan koldioxidhalten ändra ventilationsflöden, passagesystemet tända belysning eller elsignaturen för en specifik apparat (dator) kan initiera en sänkning av ljusstyrkan.

Testbed KTH



Figur 4 – Schematisk bild över Testbed KTH och dataöverföring

Testbädden har även sensorer för mätning av bland annat temperatur, koldioxid, tryck, VOC, vattenanvändning, luftfuktighet, Lux. Fler påkopplade forskningssystem är installerade och skall under hösten 2019 integreras i det överordnade styrsystemet. Till exempel uppkopplade kranar från FM Mattsson/Telia som mäter användning per tappställe. Dessa kranar använder Narrowband IoT (NB-IoT), och utanpåliggande vattenmätare som mäter flöde via ultraljud. Dessa använder LonWorks.



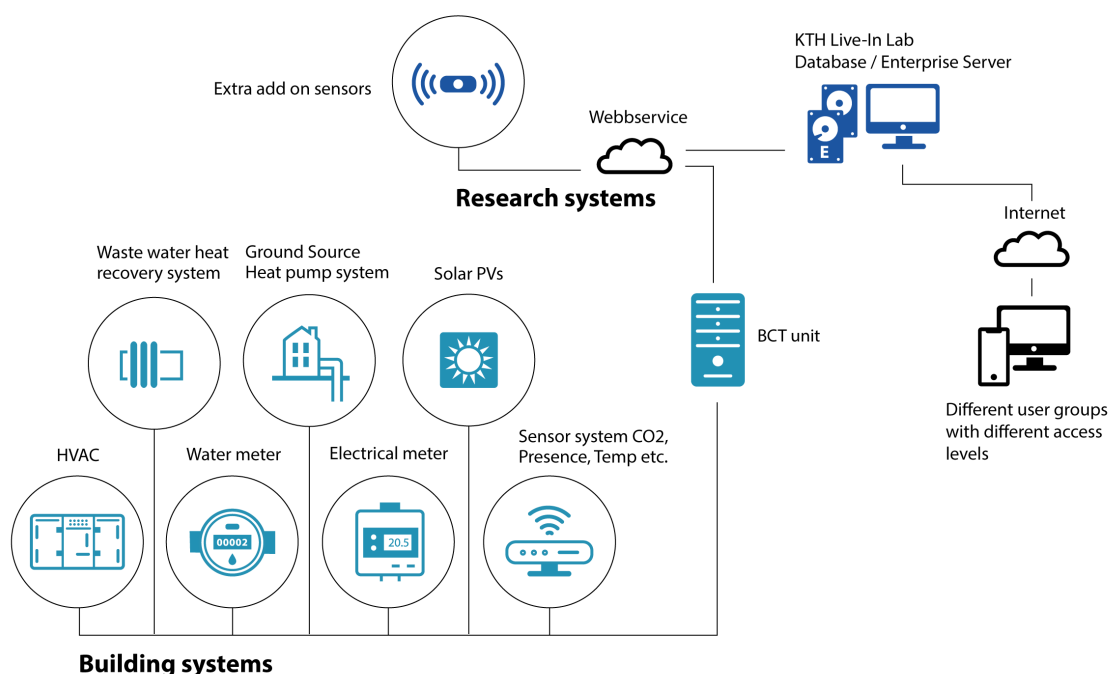
Figur 5 – driftbild lägenheter Testbed KTH. Boende studenter kan i realtid övervaka samtliga flöden och resursanvändning.

För mer information, t.ex. driftkort/styrkort, funktionsbeskrivningar och relationshandlingar, kontakta KTH Live-In Lab.

3.3.2 Testbed EM

Testbed EM består av tre huskroppar med vardera ca 100 studentlägenheter, totalt 305 samt tvättstuga och postrum. Byggnaderna är plusenergibyggnader och har solceller, avloppsvärmeväxlare, värmelager (varmvatten) samt bergvärme. Lägenheterna värms med förvärmad tilluft som styrs via koldioxidsensorer (flöden går ner från 0.35L/sekund och kvadratmeter till 0.1L/sekund och kvadratmeter vid signaler att ingen är hemma). Lägenheterna har även temperat- varmvatten och elmätning. Ett våningsplan är extra instrumenterat och har även flödesmätare på tilluften. Byggnaden har ett automationssystem från Björkviks Consulting, bestående av Fidelix DUC och Björkviks Consuting PLC:er i samtliga lägenheter och teknikrum. Data från system och sensorer skickas via en webservice till KTHs Enterprise server.

Testbed EM (Einar Mattson)



Figur 6 – Schematisk bild över Testbed EM och dataöverföring

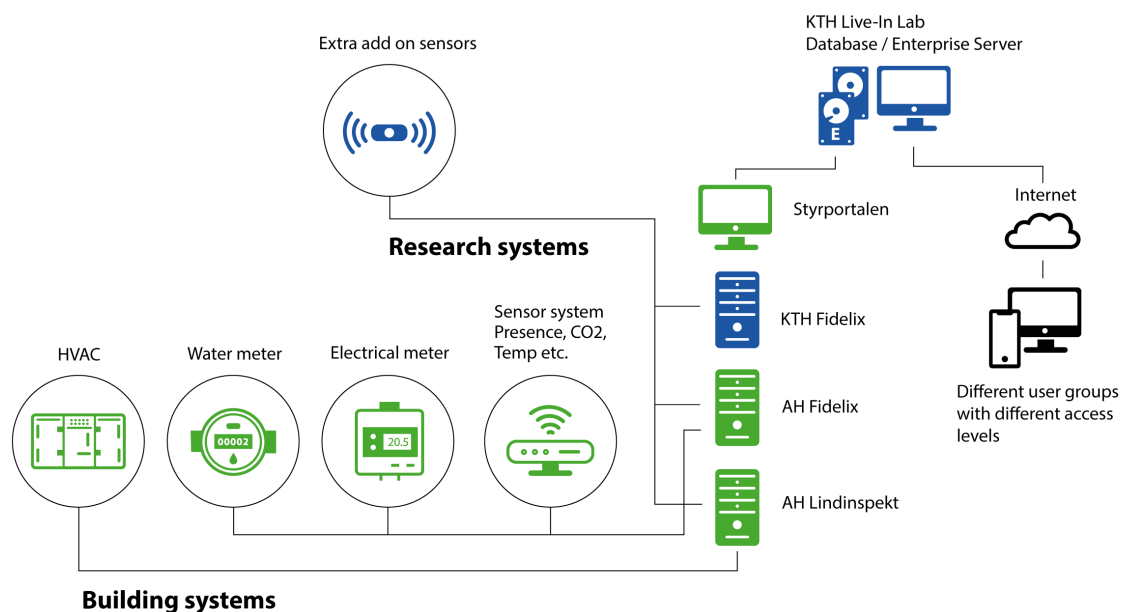
För mer information, t.ex. driftkort/styrkort, funktionsbeskrivningar och relationshandlingar, kontakta KTH Live-In Lab.

3.3.3 Testbed AH

Testbed AH är Akademiska Hus nya Undervisningshuset på Brinellvägen 28A på KTH Campus Valhallavägen. Byggnaden består av undervisningslokaler och ett uppvärmningskök med sittplatser. Byggnaden har styr- och kontrollsystem från Nordomatik som genom styrportalen hanterar Fidelix automationsserver och Lindinvent för ventilation. KTH har även extra sensorer installerade genom finansiering från Energimyndigheten, även dessa kopplade till en Fidelix automationsserver. Byggnaden har ett passagesystem från Bravida och är

kopplat till KTHs lokalbokningsssystem. Byggnaden har bl.a. sensorer för mätning och styrning via temperatur, närvaro, koldioxid.

Testbed AH (Akademiska hus)



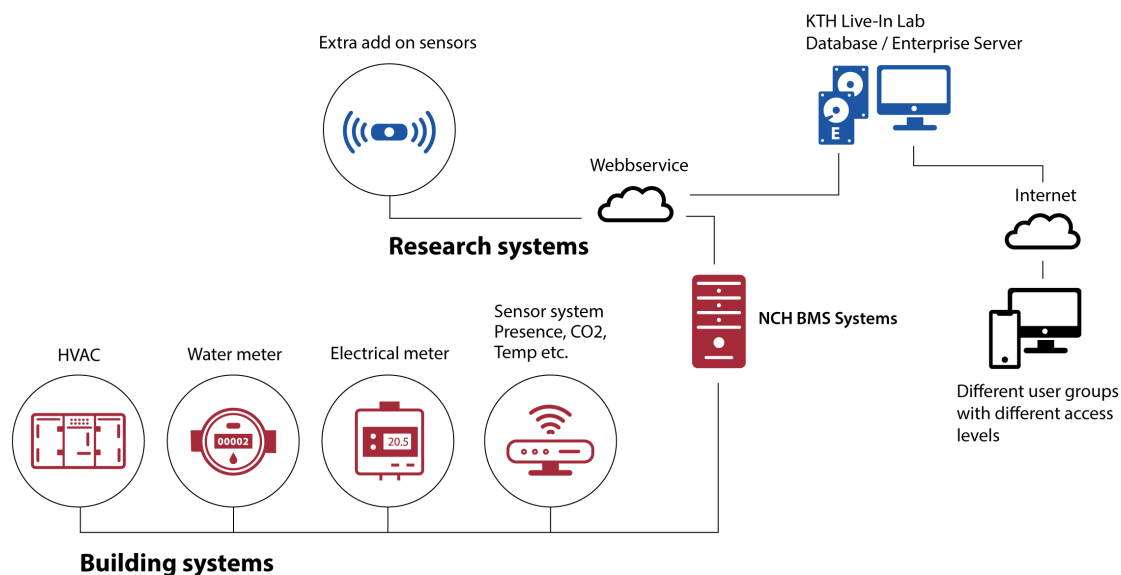
Figur 7 – Schematisk bild över Testbed AH och dataöverföring

För mer information, t.ex. driftkort/styrkort, funktionsbeskrivningar och relationshandlingar, kontakta KTH Live-In Lab.

3.3.4 Testbed NCH

Testbed NCH är Hotel Hobo på Brunkebergstorg 4 i centrala Stockholm. Hotellet består av 201 rum, konferensrum och restaurang. På en övergripande nivå så hänger hotellets el, värme och ventilationssystem ihop på kvartersnivå och är därmed delvis sammankopplat med bl.a. Gallerian, Hotell At Six och restaurang Tak, där de senare två ligger under Nordic Choice. Fastighetsägare är AMF. Hobo har ett övergripande styrsystem/styrportal från Larmia, projekterat, installerat och konfigurerat av KSS Klimat & Styrsystem. Larmiasystemet handhar samtliga sensorer och system. Varje rum har temperatur- och koldioxidsensorer, golvvärmesensorer samt lokal belysningsstyrning från Lutron System. Temperatur i rum kan justeras tre grader upp eller ner från ett satt värde, vilket i dagsläget är 21 grader. Både intervall och vald grundtemperatur kan justeras.

Testbed NHC (Nordic Choice Hotels)



Figur 8 – Schematisk bild över Testbed NCH och dataöverföring

För mer information, t.ex. driftkort/styrkort, funktionsbeskrivningar och relationshandlingar, kontakta KTH Live-In Lab.

3.3.5 Sammanfattning Teknik och System

Det har inte varit lätt att koppla samman olika byggnader, ägda av olika aktörer med olika verksamhet, till en och samma databas. Rent tekniskt finns det många vägar att gå, dels genom olika webservice, dels genom olika protokoll (Modbus, BACnet) eller genom installation av extra PLC:er (programmable logic controller) eller automationsservrar. Det tekniska har mer varit en fråga om vägval, men valet har dragit ut på tiden på grund av organisatoriska faktorer, mest kopplade till den nu rådande lagstiftningen GDPR och datasäkerhet. Helt rimligt så är företag/organisationer tveksamma till att låta en extern part (KTH i detta fall) hämta data från egen verksamhet, och ansvaret internt på företag för hantering av fastighetsdata är inte alltid klargjord. Upprättandet av en datahanteringsplan för respektive part är av stor vikt vid hantering av data och ansvar. Mallar för datahanteringsplan kan bl.a. hittas på Svensk Nationell Datatjänst hemsida: <https://snd.gu.se/sv/hantera-data/data-i-forskningsprocessen/datahanteringsplan>

3.3.6 Datasäkerhet och GDPR

Sensorer i byggnaderna samlar kontinuerligt in mätdata där enskilda mätdata i sig inte är knutna till enskilda personer. Det finns dock etiska överväganden och risker knutna till personlig integritet när data från en mängd olika sensorer knutna till en viss specifik plats aggregeras. För att undvika risk för att knyta enskilda personer till insamlade mätdata kommer en mängd åtgärder vidtas vid insamling och aggregering av mätdata.

1. Arbetet kommer ske enligt etablerad standard för informationssäkerhet (ISO 27000)
2. Specifik IoT relevant taxonomi kommer att användas för att systematiskt klassificera risk som kan uppstå på aggregerad nivå så att samaggregering som leder till integritetskänslighet kan undvikas (IoTUK 2016, Botterman & Cave 2016)
3. Pseudonymisering vid insamling av inputdata från sensorer i specifika lägenheter/adresser/rum och en kodnyckel förvaras separat. Bearbetning kommer ske på pseudonymiserade data.

Inom ramen för KTH Live-In Lab utfördes under 2018 ett projekt som undersökte GDPR och smarta byggnader (Holm, Anund & Molinari 2018). Tydligt är att data från framtida smarta byggnader kan falla inom ramen för GDPR, detta på grund av ökade antal och nya typer av sensorer och system. Av vikt är att hantera data strukturerat, och att inte lagra data utan anledning. Däremot faller data från enbart byggnadsautomation av de flesta av dagens byggnader oftast utanför GDPR och kan därmed hanteras utan juridiska konsekvenser. Däremot belyser rapporten vikten av samförstånd, och verktyget för detta är informerat samtycke där inblandade parter i samförstånd går igenom vilken data som hanteras, hur den hanteras och i vilket syfte.

3.4 Referenser

Balta-Ozkan, Nazmiye, Rosemary Davidson, Martha Bicket, and Lorraine Whitmarsh. 2013. "Social Barriers to the Adoption of Smart Homes." *Energy Policy* 63 (December): 363–74. doi:10.1016/j.enpol.2013.08.043.

Berardi, Umberto. 2013. "Clarifying the New Interpretations of the Concept of Sustainable Building." *Sustainable Cities and Society* 8 (October): 72–78. doi:10.1016/j.scs.2013.01.008.

Berkers, E. and Geels, F. W. (2011) 'System innovation through stepwise reconfiguration: the case of technological transitions in Dutch greenhouse horticulture (1930–1980)', *Technology Analysis & Strategic Management*, 23(3), pp. 227–247. doi: 10.1080/09537325.2011.550392.

De Silva, Liyanage C., Chamin Morikawa, and Iskandar M. Petra. 2012. "State of the Art of Smart Homes." *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 25 (7): 1313–21. doi:10.1016/j.engappai.2012.05.002.

IOTUK. 2016. "Internet of Things Taxonomy."

https://www.google.com/search?q=iot+uk+internet+of+things+taxonomy+2016&rlz=1C1GCEA_enSE832SE832&oq=iot+uk+internet+of+things+taxonomy+2016&aqs=chrome..69i57j9864j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8.

Botterman, M and Cave, J. (2016) "Privacy and Data Protection issues affecting EU/US ICT development collaboration." Policy briefing 1, www.picasso-project.eu

Schot, J. and Geels, F. W. (2007) 'Niches in evolutionary theories of technical change', *Journal of Evolutionary Economics*, 17(5), pp. 605–622.

Schot, J. and Geels, F. W. (2008) 'Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy', *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(5), pp. 537–554.

Holm, C., Anund Vogel, J. and Molinari, M. (2018). 'GDPR och smarta byggnader - En undersökning av teknik, individ och samhälle i framtidens smarta byggnader'.

https://www.liveinlab.kth.se/polopoly_fs/1.902349.1557225850!/Slutrapport%20Juridik%20och%20digitaliseringen%20av%20samhallsbyggnadssektorn.pdf

2019-08-30

Jonas Anund Vogel

Med hjälp av Roger Järnbrink, Roger Larsson, Mathias Parkenberg, Rickard Wallster, Robert Modrusan, Marco Molinari, Katharina Bäcklund, Sven Lindahl, Johan Edbom, Christian Lundén, Per Lundqvist, Monika Schildknecht, Kristoffer Eldin, Robert Lindner, Martin Fors, Anne Håkanson, Tobias Oechtering, Stefan Edlund mfl.