



Effektivisering af bygningsdrift og -vedligehold gennem øget anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi

Carsten Rune Jensen

Titel: Effektivisering af bygningsdrift og -vedligehold
gennem øget anvendelse af informations- og
kommunikationsteknologi

Tema: Afgangsprøve

Projektperiode: 1. oktober 2009 – 26. februar 2010

Forfatter: Carsten Rune Jensen

Vejleder: Kjeld Svidt – Aalborg Universitet
Kristian Birch Sørensen – Rambøll

Omslag: Katja Bundgaard Meyer

Oplagstal: 4

Sideantal: 71

Forord

Denne rapport udgør den skriftlige del af mit afgangsprøveprojekt på Civilingeniør-uddannelsen i Byggeledelse ved det Ingeniørvidenskabelige Fakultet på Aalborg Universitet. Projektet er gennemført i perioden fra d. 1. oktober 2009 til d. 26. februar 2010, med efterfølgende mundtligt forsvar d. 18 marts 2010.

Det skriftlige materiale er primært målrettet vejledere og censor, men jeg håber at emnet vil finde interesse hos andre, evt. som inspiration til videre studier.

For at undersøge emnet har jeg i løbet af projektet været i dialog med medarbejdere fra Kuben Ejendomsadministration i Aalborg, DanEjendomes ejendoms kontor i Aalborg, Teknisk forvaltning på Aalborg Universitet, Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), DI Byggematerialer og DI ITEK. En stor tak til jer for den tid I har afsat. Desuden har jeg i løbet af projektperioden deltaget i kurset "Bygherren som porteføljestyrer" faciliteret af Bygherreforeningen. Desuden har jeg overværet en række webinarer om emnet.

Der skal desuden lyde en tak til Graphisoft, vintoCON og Rambøll for at stille en tidsbegrænset licens på ArchiCAD, ArchiFM hhv. Rambyg til rådighed i løbet af projektperioden. Dette har givet et uundværligt indblik i funktionaliteten i eksisterende drifts- og vedligeholdelsessystemer.

Projektet består foruden denne rapport af en foreløbig prototype af et brugermiljø til digitalt RFID-baseret flyttesyn i forbindelse med lejerskifte – prototypen er udviklet i Java Micro Edition og målrettet en Nokia 6131 NFC.

Kildehenvisninger i rapporten er angivet løbende i teksten efter forfatter, år princippet med en samlet litteraturliste bagerst. Kilder er sat efter Harvard-standard. Figurer og tabeller er i rapporten nummereret fortløbende efter kapitelnummer.

Med ønske om inspirerende læsning.

Carsten Rune Jensen

Summary

Various researches indicate a large potential for improving building operations and maintenance (O&M) through utilisation of information and communications technology. The above mentioned claim is examined more closely in this dissertation.

ICT has spread in the construction industry over the last years, particularly amongst architects and engineers, who take part in the planning and design phase of the building process. The use of building information modelling and the development of the international recognised IFC-format for exchanging BIM-models has contributed to a spreading implementation of ICT in the building industry.

At the moment no such standard for exchange of O&M-data exist. It has though been acknowledged that buildingSMART recently has picked up this topic for further development.

The framework of this dissertation is derived from Contextual Design. A State of the Art section describes the recent ICTs for supporting O&M in the building industry. Users from three case studies – all from northern Jutland – have contributed to the project through interviews and observations. The three case studies are through consolidation summarised to a generic image of the O&M-organisation. Main issues related to the workflows are identified in the analysis and applicable solutions have been outlined.

Eventually a detailed description of a user interface supporting digital inspection in connection with tenants moving out is provided together with recommendations for successful completion and implementation of the system.

Synopsis

Flere analyser indikerer, at der er stort potentiale for effektivisering af bygningsdrift og -vedligehold gennem øget anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi. Dette projekt ser nærmere på denne påstand.

Der er sket en stor fremgang inden for udbredelsen af IKT i byggebranchen – særligt blandt aktørerne i de indledende programmerings-, projekterings- og opførelsesfaser. Bygningsinformationsmodellering og udviklingen af den fælles IFC standard for udveksling af disse data, har banet vejen for udbredelse og forankring af IKT i byggeriet.

En tilsvarende international standardisering for udveksling af driftsdata er endnu ikke fastlagt, men ved dette projekts afslutning erfares det, at buildingSMART har taget hul på arbejdet med at udvikle en sådan standard.

Strukturen i projektet følger fremgangsmåden i metoden Contextual Design. Indledningsvist gives en beskrivelse af State of the Art inden for området IKT-støttet D&V. Som datagrundlag for analysen, er der inddraget brugere fra tre uafhængige casestudier – alle fra Nordjylland. Observationerne er konsolideret til et generelt billede af en D&V-organisation. På baggrund af opstillede diagrammer over arbejdsprocesser mv. er centrale problemstillinger identificeret, og løsninger hertil udviklet.

Afslutningsvist er der udviklet en detaljeret beskrivelse af et brugerinterface til digital RFID-baseret flyttesyn i forbindelse med lejerskifte, ligesom der er givet anbefalinger til en succesfuld færdigudvikling og efterfølgende implementering af systemet.

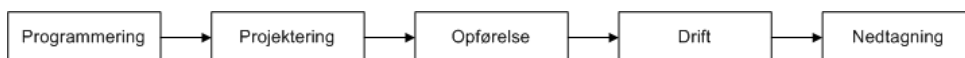
Indholdsfortegnelse

1.	Indledning.....	9
1.1	Initierende problemstilling	10
2.	Metode	13
2.1	Forskningsdesign.....	13
2.1.1	Videnskabsteoretisk grundlag	13
2.2	Anvendte metoder	15
2.2.1	Litteraturstudier.....	15
2.2.2	Contextual Design.....	16
2.2.3	Casestudier	18
2.2.4	Semistruktureret interview	19
2.2.5	Storytelling.....	19
3.	State of the Art	21
3.1	Potentialet i IKT-støttet D&V	21
3.2	Facilities Management	22
3.3	Building Information Modelling.....	24
3.4	Industry Foundation Classes	25
3.5	Bygningsklassifikation	29
3.6	Computer Aided Facilities Management	31
3.7	RFID-teknologi i byggeriet.....	33
4.	Tingenes tilstand	35
4.1	Case beskrivelser	35
4.2	Konsolidering af cases	39
4.2.1	Flowdiagram	39
4.2.2	Kulturel model.....	40
4.2.3	Fysisk model	43
4.3	Affinitetsdiagram.....	44
4.3.1	Opsamling på problemfelter	48
4.4	Løsningsmuligheder	48
4.4.1	Anvendelse af CAFM-system.....	48

4.4.2	Fælles standard for udveksling af D&V-data	51
4.4.3	Mere effektiv fejludbedring	52
4.4.4	Digitalisering af procedurer for lejerskifte	53
4.5	Problemafgrænsning	53
4.6	Problemformulering	54
5.	Prototypeudvikling.....	55
5.1	Fremtidsscenario	55
5.2	Brugermiljø.....	56
6.	Implementering.....	61
6.1	Afprøve løsning med brugere.....	62
6.2	Forudsætninger	62
7.	Konklusion.....	63
8.	Perspektivering.....	65
	Litteraturliste	67

1. Indledning

Et bygværks livscyklus opdeles ofte i faserne indikeret på figur 1-1.

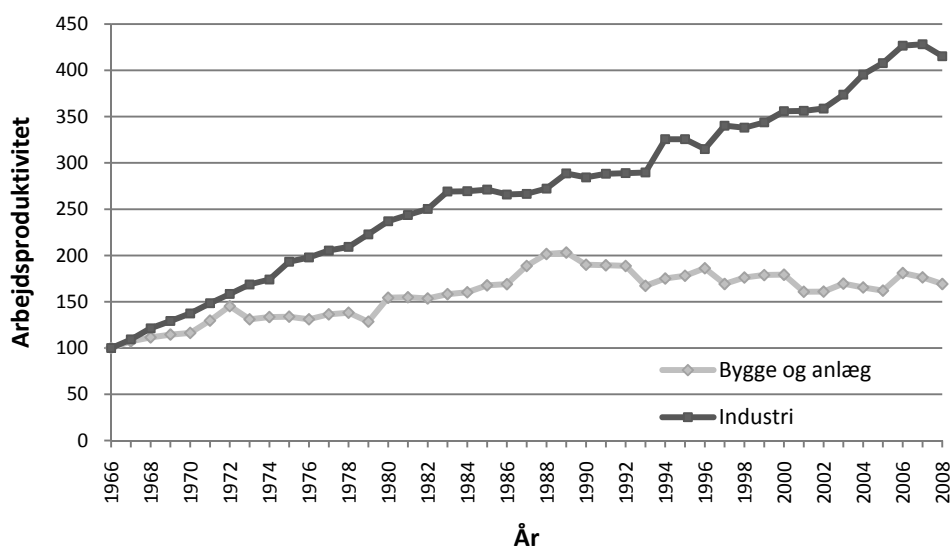


Figur 1-1 Typisk faseopdeling af et bygværks livscyklus.

Bygherren har traditionelt særligt fokus på programmerings- projekterings- og opførelsesfasen og omkostningerne forbundet hermed. De store engangs-udgifter til opførelsen af bygningen med forudgående programmering og projektering optimeres gennem udbud i licitation enten i større eller mindre dele – med det formål at opnå det økonomisk mest fordelagtige resultat.

Imidlertid er driftsfasen den tidsmæssigt længste, og over tid ofte mere omkostningsfuld, flere undersøgelser peger på at omkostningerne til drift og vedligehold (D&V) af et kontorbyggeri, set over bygningens samlede levetid, udgør mellem to og fem gange opførelsesomkostningerne (Evans et al. 1998), (National Research Council Staff 1998) og (Lavy 2008).

Flere undersøgelser viser desuden, at produktiviteten i byggesektoren ikke har fulgt med udviklingen inden for andre erhverv, som vist på figur 1-2, er den således stagneret mens industrien har mere end fordoblet deres produktivitet set over de sidste 40 år.



Figur 1-2 Udvikling i arbejdsproduktivet for Bygge og anlæg hhv. Industri, år 1966—2008 i faste 2000-priser, indekseret (Danmarks Statistik 2010).

For at effektivisere den danske byggesektor og tilskynde øget anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i byggeprocessen tog Økonomi- & Erhvervsministeriet initiativ til Det Digitale Byggeri (DDB). I årene 2003–2006 blev der opstillet ti krav om anvendelse af IKT i byggeprocessen, som statslige bygherrer siden 2007 har skullet gøre gældende overfor rådgivere og entreprenører (Implementeringsnetværket for Det Digitale Byggeri 2010). Kravene otte, ni og ti omhandler digital aflevering af driftsdata, dog er det frivilligt, om bygherren vil stille disse krav for entrepriser under 15 mio. kr. Kontorchef Lasse Sundahl fra Erhvervs- & Byggestyrelsen (EBST) udtaler i bips nyt 4/2009: *"Alle er enige om, at det helt store potentiale ligger i digital aflevering. Så måske skal vi stille kravene på en anden måde"* (Østergaard 2009). Foruden de ti bygherrekrav, skal Dansk Bygge Klassifikation (DBK) anvendes i byggesagen i relevant omfang, dette savner dog endelig implementering og forankring.

Betragtningen, om at særligt bygningsejere og driftsherrer ved digital aflevering af driftsdata kan drage fordel af øget interoperabilitet mellem byggeprojekternes aktører, understøttes af en større amerikansk undersøgelse (Gallagher et al. 2004). Heri anslås det, at bygningsejere og/eller driftsherrer har unødige merudgifter på 2,51 \$/m² per år som følge af utilstrækkelig interoperabilitet. Det svarer til 68 % af hele værdikædens merudgifter som følge af manglende eller utilstrækkelig interoperabilitet. Størstedelen (53 %) af driftsherrernes merudgifter knytter sig til opfølgning på information om D&V.

Der synes således både at være et stort potentiale forbundet med digitalisering af byggeprocessen, og særligt et incitament for byg- og driftsherren til at efterspørge en digital byggeproces med dertilhørende digital aflevering af D&V-data. Konstruktionsingeniør Jens Kristian Birkmose fra COWI slår hovedet på sømmet med udtalelsen: *"... i sidste ende er bygherren den centrale. Byggeprojekterne bliver ikke mere digitale end bygherren kræver"* i bips nyt 4/2009.

1.1 Initierende problemstilling

Det er i introduktionen fundet, at der er en anseelig økonomi forbundet med D&V af bygninger.

Som følge af den hidtidige digitalisering af byggeriet er arkitekter og ingeniører i vid udstrækning gået over til projektering i 3D, og stadigt flere arbejder på at anvende fælles modeller gennem hele projekteringsfasen. De udførende entreprenører har imidlertid været langsommere til at tage den nye teknologi til sig, og således er der endnu et stykke vej at gå, inden der ved aflevering kan overgives en digital as-built-model sammen med den fysiske bygning.

Digitaliseringen, og de forbedrede muligheder for planlægning og udførelse af D&V, som denne forventes at afstedkomme, har derfor heller ikke slået endeligt igennem inden for D&V.

Det leder frem til følgende formulering af en initierende problemstilling:

Der er en forventning om, at digitalisering og forbedrede IKT-værktøjer kan lette arbejdet med D&V, ved også i denne fase af et byggeris livscyklus at drage fordel af bygningsinformationsmodeller med tilhørende driftsdata.

2. Metode

Indledningsvist præsenteres den overordnede fremgangsmåde, hvorefter de enkelte metodeelementer beskrives.

2.1 Forskningsdesign

Projektets struktur er knyttet op på fremgangsmåden i Contextual Design (Beyer & Holtzblatt 1998). En overskuelig punktform over projektets opbygning ses herunder:

- Belyse og gennemgå State of the Art inden for IKT-støttet D&V, herunder relevante D&V-værktøjer
- Belyse og analysere de nyværende arbejdsgange i en D&V-organisation gennem dialog med udvalgte aktører
- Identificere én eller flere problemstillinger/barrierer i de nuværende arbejdsgange, som kan rationaliseres/effektiviseres gennem anvendelse af håndholdt IKT koblet til en bygningsinformationsmodel eller tilsvarende
- Skitsere en løsning, som kan afhjælpe den/de udvalgte problemstillinger
- Afprøve og evaluere løsningen med en prototype, og derigennem få feedback fra potentielle brugere, feedback bør inddrages i den endelige kravspecifikation
- Anbefale procedurer for succesfuld implementering

2.1.1 Videnskabsteoretisk grundlag

Det videnskabsteoretiske udgangspunkt for projektet er Dewey's pragmatisme (Dewey 1938) og Strauss og Corbin's Grounded Theory (Strauss & Corbin 1990) kombineret med Berger og Luckmann's socialkonstruktivistiske betragtninger på virkelighedsopfattelse (Berger & Luckmann 1967). Fælles for Dewey's pragmatisme og Grounded Theory er, at forskningen betragtes som en løbende proces.

Dewey deler forskningsprocessen op i seks elementer (Dewey 1938): 1) Processen initieres ved tvivl eller undren over en observeret fremgangsmåde, der er altså i udgangspunktet tale om forskerens subjektive vurdering; 2) Den observerede problemstilling defineres og institutionaliseres for at give det videre forløb en retning; 3) Der fastlægges processuelt en løsning, dette sker ved at gøre problemet observerbar og dernæst kortlægge dets konsekvenser, men henblik på at udvikle en løsning; 4) Et efterfølgende ræsonnement over løsningen bidrager til at forbedre/opkvalificerede den/de opstillede hypote-

ser og skabe sammenhæng mellem de empiriske observationer og eksisterende teori på området; 5) Meningen af de observerede fakta operationaliseres, så observationerne får værdi for problemløsningen og ikke kun tjener som beskrivelse af fakta; 6) Afslutningsvis betragtes løsningen i en større commonsense sammenhæng, for at vurdere om resultaterne giver mening i forhold til den kontekst, hvori de er fremkommet.

Metoden Grounded Theory er oprindeligt udviklet af Glaser og Strauss (Glaser & Strauss 1967), og siden blevet bredt anerkendt og anvendt særligt inden for sociologiske studier. Det er en kvalitativ metode, hvor observationer og anden dataindsamling danner grundlag for udformning af ny viden og nye teorier – udgangspunktet er således, at forskeren ikke har en forudindtaget holdning til det betragtede, og altså i sin ideelle form en ren induktiv metode. Dette er imidlertid sjældent tilfældet, og ofte er det umuligt at fremkalde en undren hos forskeren, uden at denne har en hvis indsigt. Strauss har sammen med Corbin beskrevet, hvorledes det observerede systematisk kan valideres, ved at gennemføre analysen sideløbende med dataindsamlingen, og betragte udviklingen af ny viden/teori som en proces, der løbende må revideres ind til fænomenet er indfanget og svarene replikerer sig selv (Strauss & Corbin 1990).

Grounded Theory i sin rene form, giver den begrænsning, at kun det observerede medtages i syntesen af ny viden – såfremt der kun observeres hvide svaner, må den afledte teori være, at der kun findes hvide svaner. Det er således vigtigt at holde sig for øje, i hvilken kontekst problemstillingen betragtes.

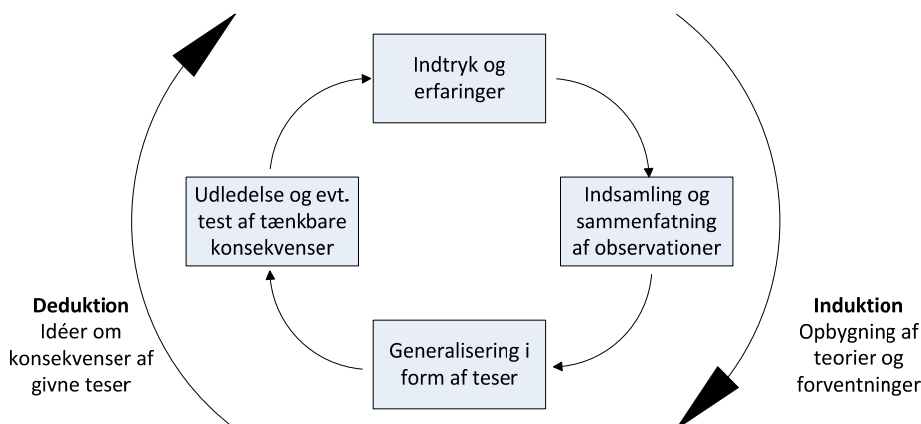
Socialkonstruktivisme foreskriver, at virkeligheden er konstrueret af de mennesker, som befinder sig i den. Burger og Luckmann's teori peger på, at der rundt om den socialt konstruerede virkelighed eksisterer en real virkelighed, som er produktet af de sociale konstruktioner (Berger & Luckmann 1967). De subjektive vurderinger objektiviseres og institutionaliseres gennem overdragelse og socialisering på tværs af grupper og generationer båret af det talte og skrevne sprog.

En processuel tilgang til forskningen er relevant når dynamiske processer undersøges. Anvendte arbejdsgange i en D&V-organisation er ikke statiske, men ændrer sig over tid i takt med viden om og støttende teknologi på området, hvorfor ovenstående tilgang er valgt. Da problemstillingerne i dette projekt i høj grad udspringer af dialog med brugerne, bliver analysens virkelighed et produkt af respondenternes socialt konstruerede virkelighed.

Teorien opsummeret i afsnit 3 er ikke styrende for analysen i afsnit 4, men bidrager her primært til en bedre kontekstforståelse. I den efterfølgende udarbejdelse af løsningsforslag benyttes teorien i samspil med analysen til at

foreslå ændrede arbejdsgange og anvendelse af den nyeste teknologi på området.

Der er i projektet tale om anvendelse af en empirisk metode, hvor observationer induktivt danner udgangspunkt for opstilling af en række modeller/teser, som gennem konsolidering og gentagelse verificeres deduktivt. Dette er illustreret på figur 2-1.



Figur 2-1 Den erkendelsesteoretiske cirkel (Maaløe 2002).

2.2 Anvendte metoder

En mere detaljeret beskrivelse af de anvendte metoder findes herunder.

2.2.1 Litteraturstudier

Indsamling af baggrundsviden om emnet er baseret på eksisterende litteratur. Bøgerne BIM Handbook (Eastman et al. 2008) og Håndbog i facilities management (Jensen 2006), har givet et grundlæggende indblik i den historiske udvikling og anvendt praksis.

Dette er suppleret med andet bogmateriale og rapporter fra tidligere forskningsprojekter om emnet.

For at indfange den nyeste viden på området er en række tidsskrifter screenet for artikler herom. I samråd med vejleder er tidsskrifterne Automation in Construction, Journal of Information Technology in Construction samt Facilities udvalgt. En søgning på emneord samt gennemgang af de seneste års udgivelser af ovennævnte journaler har indsnævret mængden af artikler, og på baggrund af en kritisk gennemlæsning af disse artiklers resumé er denne mængde reduceret yderligere.

De artikler, som blev fundet relevante, er nærlæst, og i et hvis omfang er citationer fra artiklerne udforsket, for at brede baggrunden for konklusionerne mere ud.

Som led i litteraturstudierne, er det vigtigt at forholde sig kritisk til det skrevne. Konteksten, hvori en videnskabelig rapport er udgivet, kan bevirke at én eller flere af bidragsyderne følger subjektive idealer. Artikler udgivet i tidskrifter er ofte bedømt af et panel inden udgivelse, hvorfor objektiviteten af disse vurderes høj. Det samme gør sig gældende med håndbøgerne, som ofte har flere bidragsydere, og siden er vurderet af en redaktør forud for udgivelse.

2.2.2 Contextual Design

Metoden Contextual Design, udviklet af Beyer og Holtzblatt, er et framework til at definere og udvikle systemer i interaktion med potentielle brugere, for derigennem at indfange deres behov (Beyer & Holtzblatt 1998).

Contextual Design opstiller en trindelt fremgangsmåde, denne opsummeres kort herunder, med henblik på at give større indblik i og forståelse af metodens efterfølgende anvendelse. De syv trin i Contextual Design er: 1) Kontekstuel udforskning, 2) Arbejdsmodellering, 3) Konsolidering, 4) Ændring til arbejdsproces, 5) Design af brugermiljø, 6) Mock-up og afprøvning med bruger og 7) Implementering.

Kontekstuel udforskning: Gennem workshops, interviews og observationer af/med brugeren i dennes vante arbejdsmiljø, og gerne mens de daglige arbejdsrutiner udføres, opnås en forståelse af konteksten, selve brugeren samt dennes behov og ønsker. Det er ønskeligt at opbygge et mester/lærling forhold til den interviewede og lade denne føre an. Til dette formål er der i indeværende projekt gennemført semistrukturerede interviews på brugernes respektive arbejdspladser, og sideløbende med de gennemførte interviews har brugerne demonstreret udførelsen af en række daglige arbejdsrutiner.

Arbejdsmodellering: For at strukturere de indsamlede data fra den kontekstuelle udforskning, definerer Contextual Design en række modeller, der kan være med til at give bedre overblik over og indsigt i de observerede processer – modellerne kan ligeledes bruges til i dialog med brugeren at opnå en fælles forståelse og dermed validering af de indsamlede data. I indeværende projekt er der optegnet en række flowdiagrammer, en kulturel model samt en fysisk model. Fælles for modellerne er, at uhensigtsmæssige hændelser eller "nedbrud" er repræsenteret med et rødt lyn.

Flowdiagram: I flowdiagrammet er brugere og andre aktører repræsenteret ved en cirkel, hvoraf brugernes ansvarsområder og arbejdsopgaver desuden fremgår. Kommunikation, der er relevant for arbejdsprocedurerne, er repræ-

senteret med en pil mellem de inddragede aktører – såfremt et artefakt overdrages som en del af kommunikationen, repræsenteres dette med en kasse oven på pilen, mens handlinger og emner for kommunikationen repræsenteres uden en kasse. Fysiske såvel som virtuelle steder er vist som en større kasse, hvoraf stedets funktion deslige fremgår.

Kulturel model: I den kulturelle model er rollerne repræsenteret ved cirkler, og omfanget af deres indbyrdes samspil afgør cirklernes overlap. Påvirkning rollerne imellem angives ved en pil – pilen følger påvirkningens retning, og ved en ligeværdig relation anvendes en dobbeltrettet pil.

Fysisk model: I den fysiske model repræsenteres de steder, hvor arbejdet udføres, samt relevante objekter, som indgår i det fysiske arbejdsmiljø. Brugernes bevægelser angives på modellen, og diverse artefakter, som anvendes i arbejdet, kan ligeledes inddrages.

Konsolidering: Data fra interviews og arbejdsmodeller grupperes i temaer i et affinitetsdiagram på tværs af genstandsfeltet. De enkeltstående observationer konsolideres i et helhedsbillede, hvor for der optegnes konsoliderede arbejdsmodeller.

Ændring af arbejdsproces: Med udgangspunkt i de konsoliderede modeller, udarbejdes forslag til mere effektive arbejdsprocedurer. Dette vil typisk ske ved at ændre på den nuværende organisering samt at implementere en mængde ny teknologi. Det er her væsentligt at inddrage både organisationens og brugerens værdiforøgelse ved omlægning af arbejdsprocedurerne. I dette projekt benyttes Storytelling som middel til at forklare og kommunikere de ændrede arbejdsprocedurer.

Design af brugermiljø: Udvikling af et brugermiljø på baggrund af de foreslåede ændringer af arbejdsprocedurerne, for dermed at sikre at strukturerne i brugermiljøet er tilpasset det naturlige flow i arbejdsgangene. Designet skal deslige omfatte en præsentation af systemets enkelte dele og deres indbyrdes relationer, som efterfølgende kan danne udgangspunkt for udvikling og opbygning af det endelige system.

Mock-up og afprøvning med bruger: For at imødegå problemer med det nye system inden det er færdigudviklet, udformes mock-up's og simple prototyper, som kan anvendes til afprøvning med brugere. Dermed bliver det muligt at få feedback i en fase, hvor det endnu er muligt at tilrette systemet uden betydelige ekstraomkostninger, og systemet kan dermed bedre tilpasses brugerens daglige arbejdsmiljø. Resultatet af afprøvningen kan indarbejdes i den endelige kravspecifikation til systemet. I indeværende projekt har det grundet den sene prototypeudviklingen og projektets tidsbegrænsede om-

fang ikke været muligt at afprøve prototyperne sammen med brugeren – dette er medtaget i afsnittet om implementering.

Implementering: I forhold til implementering og forandringer findes en bred vifte af teori om organisationsforandring og forandringsledelse, fælles for disse er, at der skal opbygges ejerskab for den nye situation i den eksisterende organisation, for derved at minimere modstanden mod forandring. Da systemudviklingen i Contextual Design foregår iterativt i samspil med brugeren, er der automatisk skabt ejerskab i organisationen overfor den/de nye tiltag.

I Contextual Design skønnes det, at interview med og observationer af 10–20 brugere er nok for at afdække de udførte arbejdsprocesser og brugernes behov (Beyer & Holtzblatt 1998). I dette projekt har otte personer, fordelt som fire brugere, deltaget i de indledende interviews. Gennem dialog med teamet bag og deltagerne i projektet Brugerdreven Innovation, Indlejret teknologi og Byggeri er de indsamlede scenarier verificeret yderligere.

2.2.3 Casestudier

Casestudier er et oplagt udgangspunkt for udvikling af nye systemer, men for at få et retvisende og fyldestgørende billede, er det essentielt at afsætte passende tid til observationerne.

Flyvbjerg nævner fire hovedprincipper for dataindsamling i et casestudie (Flyvbjerg 1988):

1. Case-forskeren må sikre *nærhed* til data. Dvs. det er nødvendigt med direkte personlig kontakt til casen og dens aktører for at opnå en tilstrækkelig detaljeret og dybdegående forståelse af casens indhold. Forskellige former for observation, besøg hos aktørerne og interview må derfor indgå i dataindsamlingen.
2. Det er nødvendigt med et *faktuelt* forhold til data, hvormed menes, at det er vigtigt at fokusere på, hvad aktørerne i casen rent faktisk siger og ikke mindst hvad de gør.
3. Case-forskeren må sørge for et *beskrivende* forhold til data. Dvs. dataindsamlingen skal for en stor dels vedkommende omfatte beskrivelse af aktiviteter, begivenheder, organisationer og deres medarbejdere osv.
4. Case-forskeren skal sikre et *citerende* forhold til data, hvilket betyder at de studerede medarbejdere i de relevante organisationer så vidt muligt skal tale for sig selv. Man taler om at "casen skal fortælle sig selv".

Principperne vurderes opfyldt ved at anvende fremgangsmåde i Contextual Design.

2.2.4 Semistruktureret interview

Interviewene er anvendt i den kontekstuelle udforskning. Det er valgt at tilrettelægge interviewene semistruktureret, for at skabe høj fleksibilitet og samtidig sikre en hvis struktur på dialogen.

Forud for et semistruktureret interview opstilles emner/temaer som ønskes afdækket i interviewet. Disse emner/temaer evt. suppleret med få spørgsmål, udgør interviewguiden – størstedelen af spørgsmålene til et semistruktureret interview formuleres således løbende i interviewet, hvilket giver fleksibilitet til at granske detaljer i takt med at disse kommer til syne (Kvale 1997).

Semistrukturerede interviews er mindre påtrængende overfor den interviewede, da metoden opfordrer til tovejskommunikation, og styrker muligheden for læring hos interviewerens såvel som den interviewede (Kvale 1997). Metoden stiller omvendt store krav til interviewerens, som skal sikre at interviewet får afdækket de ønskede emner og ikke kører ud af en tangent. Intervieweren må stille præcise spørgsmål og ikke mindst lytte nøje til svaret, så detaljer kan afdækkes med opfølgende spørgsmål (Kvale 1997).

Interviewbesvarelser er udtryk for den/de interviewedes subjektive mening/opfattelse, hvilket må holdes for øje i en efterfølgende analyse. Fortolkningen af besvarelserne i et semistruktureret interview foregår i vid udstrækning løbende, og det er derfor vigtigt, at interviewerens forsøger at få sine fortolkninger verificeret inden interviewet afsluttes (Kvale 1997).

Der er i dette projekt udformet en tematiseret interviewguide med emner, som ønskes afdækket i interviewet. Emnerne er indledningsvist defineret på baggrund af eksisterende teori om og best practice for D&V – guiden er derefter revideret løbende i takt med at ny viden om det observerede er opnået. Foruden temaerne, er der opstillet forslag til konkrete spørgsmål, som kan være med til at afdække de ønskede emner.

Interviewene er udført i brugernes vante miljø, kombineret med demonstrationer af deres nuværende arbejdsopgaver og -procedurer.

2.2.5 Storytelling

Storytelling eller historiefortælling er en effektiv måde til at strukturere en deskriptiv fremlæggelse af et scenarie og til forklaring af en kompliceret systemudviklingsproces (Bennike, Brandt & Lykke-Kjeldsen 2003).

Metoden vil blive brugt til udlægning af de fremtidsscenarier, som udgør løsningen. Ved at anvende denne bredt forståelige præsentationsteknik til at kommunikere de fremtidige scenarier, bliver det muligt at få feedback fra potentielle brugere inden løsningen færdiggøres og tages i brug.

3. State of the Art

På baggrund af videnskabelige artikler og anerkendte håndbøger, opsummeres State of the Art inden for området IKT-støttet D&V. Opsummeringen giver, foruden en grundlæggende introduktion til relevante begreber, et indblik i de teoretiske muligheder for integration og udnyttelse af bygningsinformationsmodellering (BIM), bygningsklassifikation, Computer Aided Facilities Management (CAFM) og Radio Frequency Identification (RFID) i byggeriets driftsfase.

3.1 Potentialet i IKT-støttet D&V

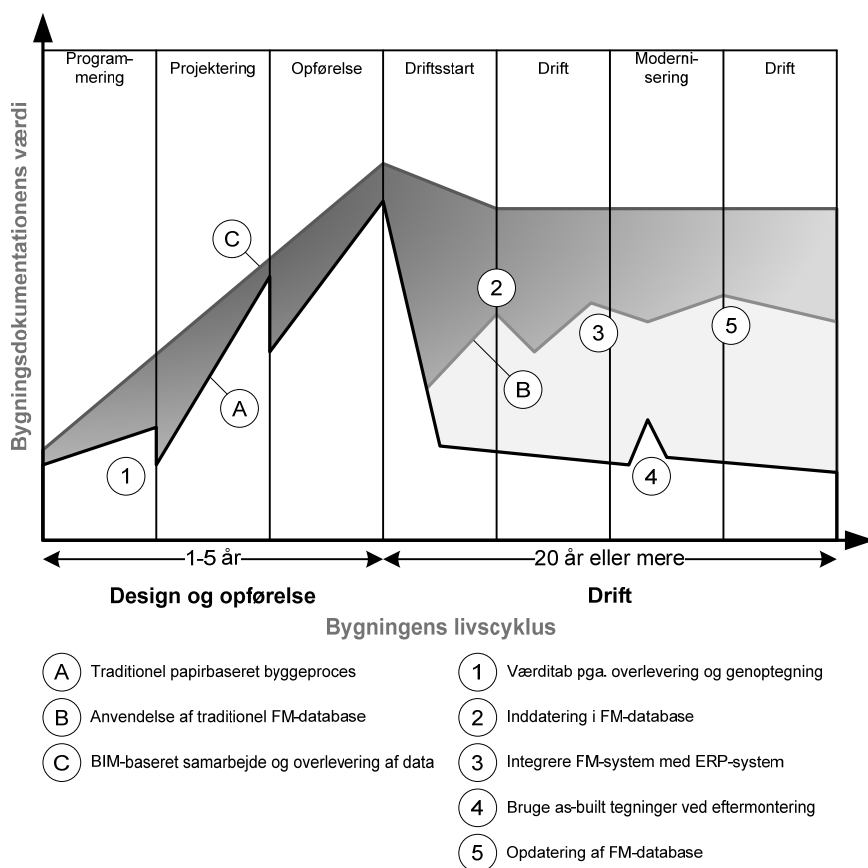
Den nuværende organisering i byggebranchen er i høj grad dikteret af de kontraktuelle bestemmelser/betingelser fra AB92¹, ABT93² og ABR89³ (Jensen & Lemming 2009), det traditionelle arbejde med bygningsdata og bygningsinformationsmodeller (BIM-modeller) afspejler denne organisering. BIM-modeller udarbejdes i byggeprojektets programmerings- og projekteringsfase – hovedaktørerne er her rådgivere (arkitekter og ingeniører), og disse driver processen og leverer input til BIM-modellerne i faserne forud for opførelse. I opførelsesfasen er entreprenøren den mest fremtrædende aktør, denne er afhængig af dataudtræk for modellen, da disse indeholder de opstillede krav og specifikationer til selve opførelsen. Således har entreprenøren traditionsmæssigt kun brugt BIM-modeller til dataudtræk, hvorved ændringer og yderligere detaljer om den faktiske udførelse ikke opsamles og gemmes i modellen. Dette lader et stort registreringsarbejde tilbage, før end en korrekt as-built-model kan overdrages til bygningens ejer. Ved at ansvarspålægge entreprenørerne og den øvrige leverancekæde at opdatere BIM-modellerne løbende med relevante data – f.eks. detailændringer foranlediget af entreprenøren og udførelsen af udokumenterede detaljer – kan dette opsamlings- og inddateringsefterslæb begrænses og i bedste fald elimineres. Denne rapport vil dog ikke beskæftige sig yderligere med spørgsmålet om ejerskab af og ansvar for BIM-modellen frem til driftsfasen.

I den ideelle situation, hvor en as-built-model indeholdende relevante driftsdata kan anvendes direkte i et facilities management system, opnås, som vist på figur 3-1, en markant højere værdi af bygningsdokumentationen ved overgang til driftsfasen set i forhold til en traditionel byggeproces uden brug af BIM.

¹ Almindelige Betingelser for arbejder og leverancer i bygge- og anlægsvirksomhed

² Almindelige Betingelser for Totalentreprise

³ Almindelige Bestemmelser for teknisk Rådgivning og bistand

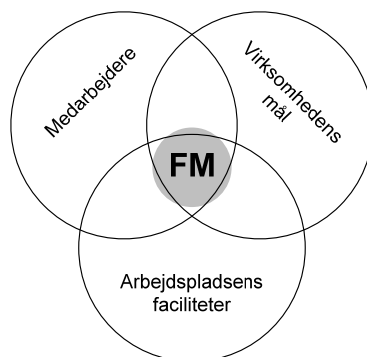


Figur 3-1 Værdi af bygningsdokumentation med og uden anvendelse af BIM i byggeprocessen (Eastman et al. 2008).

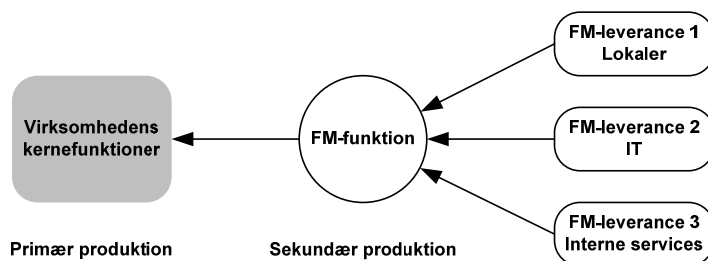
3.2 Facilities Management

I de nordiske lande spiller bygninger en ikke uvæsentlig rolle som støttefunktion til det daglige arbejde. Som følge af de høje krav til bygningernes arkitektoniske udformning og modstandsdygtighed overfor de klimatiske udsving i Skandinavien, har de bygningstekniske aspekter af ejendomsdrift stor fokus i arbejdet med facilities management (FM) i de nordiske lande. Dette afspejles også i forankringen af FM i Norden, hvor det i høj grad er personer med tilknytning til byggebranchen (arkitekter, ingeniører mv.), der påvirker udviklingen inden for fagområdet (Jensen, Nielsen & Balslev Nielsen 2008).

FM-funktionen beskrives ofte som samspillet mellem medarbejdere, arbejdspladsens faciliteter og virksomhedens mål som illustreret på figur 3-2. Det dækker således over mange andre aspekter end D&V af bygninger – f.eks. arealforvaltning, receptionsfunktion, sikkerhed, kantinedrift og rengøring. I mange virksomheder er FM-opgaverne udliciteret til underleverandører eller selvstændige forretningsenheder som vist på figur 3-3.



Figur 3-2 Facilities Management i relation til virksomhedens hovedelementer (Dansk Facilities Management netværk 2009).



Figur 3-3 FM-funktionen i forhold til virksomhedens kernefunktioner (Jensen 2006).

Den internationale organisation International Facilities Management Association definerer FM (International Facilities Management Association 2010):

“...a profession that encompasses multiple disciplines to ensure functionality of the built environment by integrating people, place, process and technology”.

Dette er imidlertid bredt lidt mere ud i definitionen fra den fælles (DS/CEN 2008)danske og europæiske standard DS/EN 15221-1 (DS/CEN 2008):

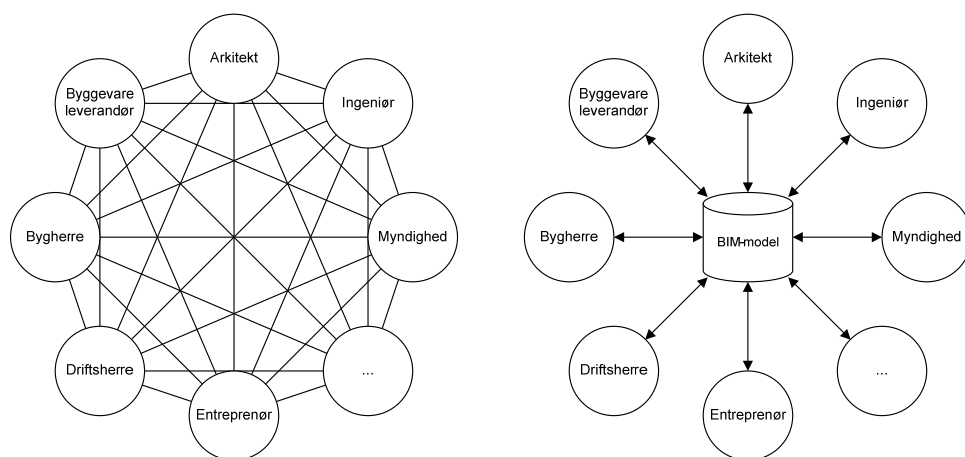
“...integreringen af processer inden for en organisation for at fastholde og udvikle de services som understøtter og forbedrer effektiviteten af de primære aktiviteter”.

FM er således et forsøg på at samle decentrale og ustrukturerede støttefunktioner for at opnå effektivisering gennem øget struktur og stordriftsfordele. Den seneste udvikling på området går dog i retning af værdiskabelse gennem FM, hvorfor tid, trivsel og brugerservicering er kommet i fokus. Denne nye udvikling benævnes ofte ”People Support” (Jensen, Nielsen & Balslev Nielsen 2008).

3.3 Building Information Modelling

Begrebet og disciplinen BIM er opstået i takt med, at flere elementer i byggeriets programmerings- og projekteringsfase er blevet digitaliseret, i takt med at computerbaserede værktøjer som Computer Aided Design (CAD), Finite Element Method (FEM) og Computational Fluid Dynamics (CFD) i stigende grad har fundet anvendelse i opbygningen af en bygningsmodel. Tekniske tegninger med tilhørende beskrivelser, som i princippet er en meget lavpraktisk om end svært modulær bygningsmodel, er udgangspunktet for opførelsen af en bygning. Denne geometriske repræsentation af bygningen er fortsat det bærende element i BIM, en væsentlig forskel fra de papirbaserede tegninger er overgangen til objektorienteret modellering – stregerne er således blevet intelligente og en stor del af dokumentationen sker automatisk sideløbende med modellering af designet. BIM suppleres løbende med nye værktøjer og muligheder for at afprøve, sikre, teste og demonstrere bygningens funktioner inden opførelse.

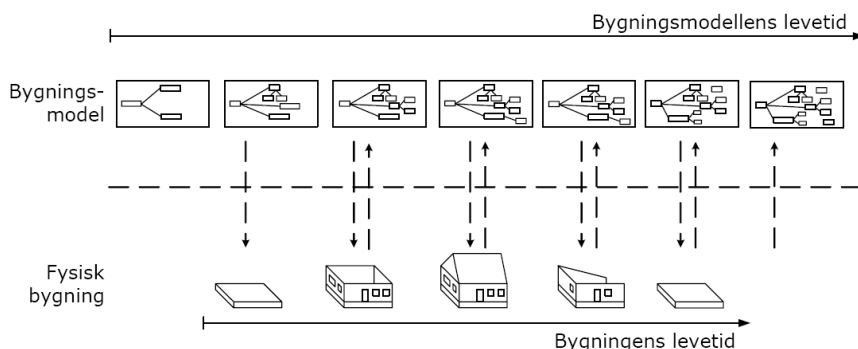
En væsentlig driver for udviklingen af BIM, er potentialet ved at fremme samarbejde i byggebranchen og samspil mellem de forskellige interessenters softwareapplikationer. Ved at anvende en fælles BIM-model gennem hele byggeprojektet og bygge videre på denne, undgås dobbeltarbejde med genoptegning, når tegninger/modeller overdrages fra én aktør til en anden. De kommunikationsmæssige fordele ved at anvende en fælles BIM-model frem for traditionel projektering er illustreret på figur 3-4.



Figur 3-4 Kommunikation mellem byggeprojektets parter med (th.) hhv. uden (tv.) anvendelse af BIM.

BIM dækker således over disciplinen at udvikle og vedligeholde BIM-modellen gennem bygningens levetid, fra de første tanker over projektering, opførelse, ibrugtagning, driftsfase til nedtagning og bortskaffelse. Som illustreret på figur 3-5 lever den virtuelle BIM-model og den fysiske bygning hver

sit selvstændige liv, men gennem bygningens livscyklus sker der løbende udveksling mellem model og fysisk bygning.



Figur 3-5 Levetid for BIM-model hhv. fysik bygning, samt løbende informationsudveksling herimellem (Jørgensen & Skauge 2008).

Ved at samle de forskellige interessenters bidrag i én og samme BIM-model, bliver det lettere at forudsige problemer (kollisioner, bygbarhed o. lign.) i projekteringsfasen, således at opførelsesfasen kan gennemføres mere effektivt og med et bedre og forventeligt billigere produkt som resultat. Desuden vil en virtuel 3D model af bygningen kunne bruges til visualiseringer og dermed større sikkerhed for at bygningen stemmer overens med bygherrens forventninger.

Flere statslige bygherrer har opstillet krav om anvendelse af BIM, nogle af de førende er U.S. General Administration Service (GSA) i USA (U.S. General Service Administration 2010) og Senate Properties i Finland (Senate Properties 2010). I Danmark kommer denne udvikling til udtryk gennem kravene fra DDB (Implementeringsnetværket for Det Digitale Byggeri 2010), som skal opfyldes ved større statslige byggerier jf. Bekendtgørelse om krav til anvendelse af Informations- og Kommunikationsteknologi i byggeri (Civilstyrelsen 2010).

3.4 Industry Foundation Classes

En åben standard for udveksling af BIM-modeller, Industry Foundation Classes (IFC), udvikles løbende – dette arbejde drives af den internationale organisation buildingSMART, tidligere International Alliance of Interoperability (IAI). Mange programmer til bygningsmodellering og -analyse understøtter allerede udveksling via IFC.

BuildingSMART fastlægger, gennem udarbejdelsen af Information Delivery Manuals (IDM), standarder for udveksling af bygningsdata til og fra IFC i forskellige henseender. Udarbejdelsen af IDM består i at fastlægge og optegne procesdiagrammer for de forskellige operationer. På baggrund af procesdiagrammerne beskrives de informationer, der er relevante som input til den

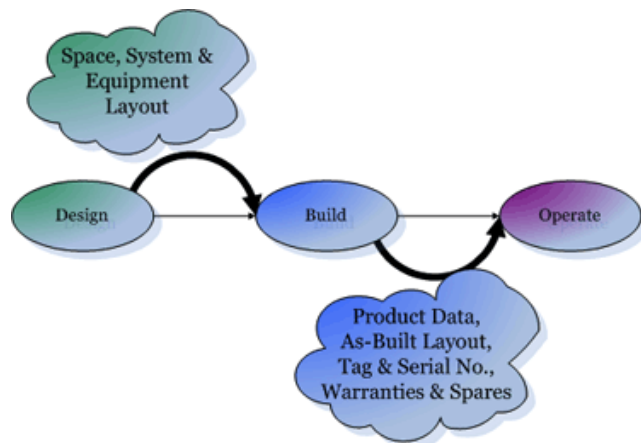
pågældende operation samt hvilket informationsoutput operationen afstedkommer, denne beskrivelse benævnes udvekslingskrav. Endelige benyttes udvekslingskravene til at opstille funktionskrav, som indeholder tekniske detaljer for hvilke værdier fra IFC-modellen, som omfattes af operationen (buildingSMART 2008b).

Under temaet FM er der opstillet krav for udveksling af aktiver, inventarlistor, tilstandsvurderinger og vedligeholdelsesplaner. Udvekslingskravene er endnu ikke bearbejdet til egentlige funktionskrav for udveksling af driftsdata i IFC.

buildingSMART FM-projektet

I buildingSMART FM-projektet arbejdes der på at udvikle et åbent internationalt udvekslingsformat til digital aflevering af D&V-data. FM-projektet samler kravene fra det tyske FM-10 (buildingSMART 2008a) og det amerikanske Construction Operations Building Information Exchange (COBie) (East 2010) og udgiver i stedet en fælles Facilities Management Model View Definition (FM MVD) (buildingSMART 2009).

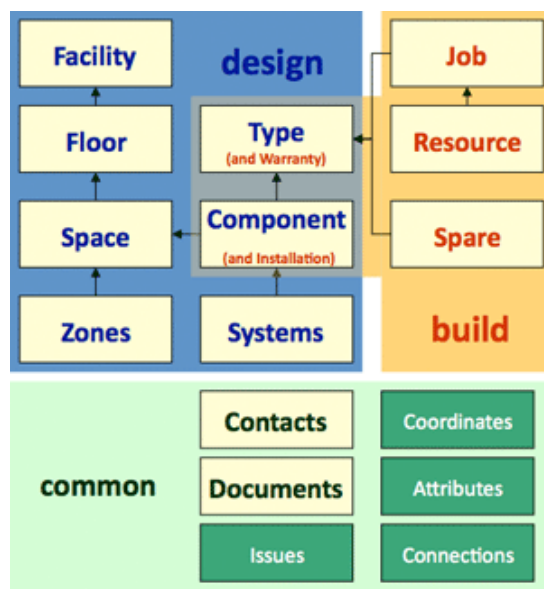
Tilgangen i COBie er, at relevant D&V-data lagres i takt med at det genereres – hvad end det er i designfasen på tegnestuen eller i opførelsesfasen på byggepladsen. Et overordnet procesdiagram kan ses på figur 3-6.



Figur 3-6 Overordnet procesdiagram for COBie (East 2010).

I COBie er det muligt at linke relevant D&V-information (vejledninger, afprøvningsresultater, certifikater mv.) til et eller flere elementer i et byggeri, og levere disse dokumenter sammen med de XML-baserede COBie-data. Desuden har COBie XML-skemaet plads til planer for forebyggende vedligeholdelse, sikkerhedsprocedure, fejlfindingsplaner, procedurer for opstart og nedlukning samt flugtplaner. Til de enkelte opgaver skal der defineres nødvendige ressourcer – reservedele, materiel, værktøj og evt. nødvendig træ-

ning/oplæring. Det er muligt at angive ressourcerne direkte i XML-skemaet eller ved at referere til det/de relevante dokumenter. Figur 3-7 viser hvilke data, der leveres som en del af COBie – særligt informationerne fra opførelsesfasen (build) er en relevant udvidelse.



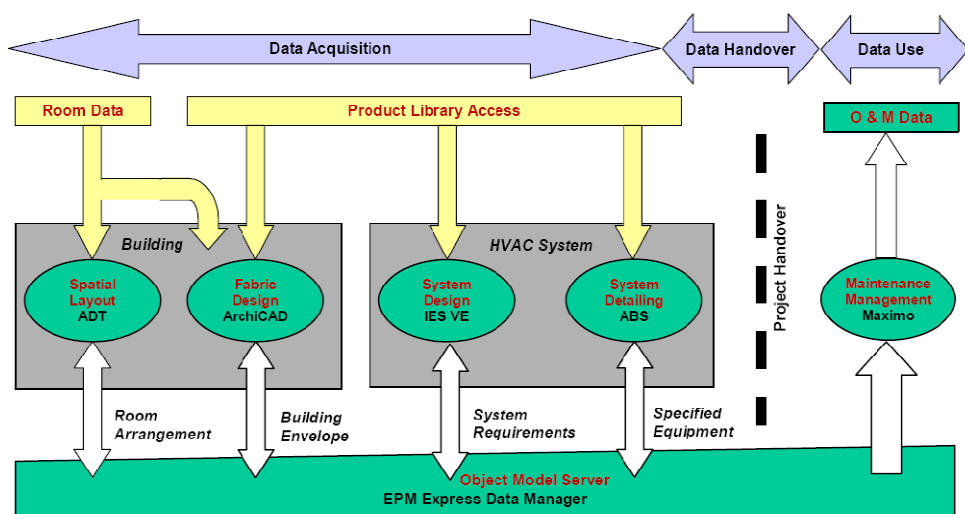
Figur 3-7 Diagram over COBie-data med indikation af, hvorfra i byggeprocessen de enkelte data stammer (East 2010).

Ifc-mBomb

Projektet IFC Model Based Operation and Maintenance of Buildings (Ifc-mBomb) er gennemført i England (Ifc-mBomb Project 2005). Forsøgsprojektet havde til formål at udvikle en metode til gnidningsfrit at viderebringe informationer fra projektering og opførelse til driftsherren. Dette blev gjort ved at anvende en fælles BIM-model baseret på IAI's IFC-skema i projekterings- og opførelsesfasen, med henblik på at få gavn modellen og dennes data i den efterfølgende driftsfase som vist på figur 3-8.

En række softwareleverandører deltog i Ifc-mBomb, som tog udgangspunkt i tre testmodeller – én fiktiv simpel toetagers bygning, en kommende boligblok i Manchester og en bygning til undervisning i Birmingham – blev afsluttet i 2004 med en demonstration af Proof of Concept.

Det var muligt at udtrække en del af de lagrede data fra IFC-modellen i XML-dokumenter, som kunne importeres i CAFM-systemet Maximo. Maximo arbejdede således ikke videre i IFC-modellen, men benyttede udelukkende de udtrukne XML-data til at udfylde sin egen indbyggede database. Dette giver en væsentlig tidsbesparelse i forhold til traditionel manuel indtastning af disse oplysninger i CAFM-systemet (Stephens et al. 2005).



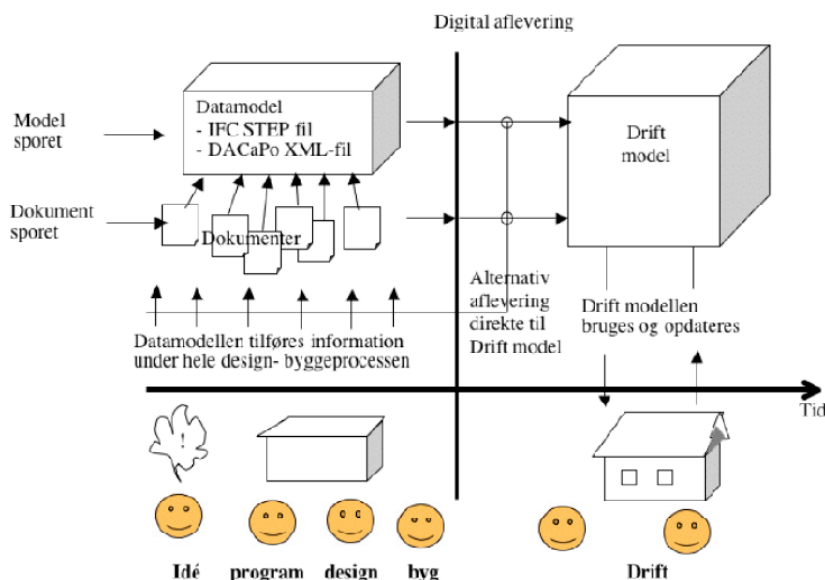
Figur 3-8 Diagram for den anvendte metode i Ifc-mBomb (Stephens et al. 2005).

Ydermere blev det forsøgt at generere D&V-vejledninger på baggrund af dataudtræk fra IFC-modellen, det var dog ikke muligt at generere en fyldestgørende vejledning, da IFC-modellen ikke indeholdt de fornødne informationer (Stephens et al. 2005).

DDB-XML

Tre af kravene i DDB omhandler som sagt digital aflevering, og krav 10 opstiller tre metoder hvorpå disse data kan leveres; i XML-format, som en samlet IFC-model eller indtastet direkte i modtagerens D&V-system. De mere specifikke krav til indholdet af BIM-modellen ved digital aflevering er defineret i en kravspecifikation udarbejdet af DACaPo konsortiet (Sabroe et al. 2006). Den anvendte metode i DACaPo-projektet kan ses på figur 3-9.

Den objektorienterede BIM-model skal indeholde elementerne: ejendom, bygning/terræn, etage, rum. Til hvert objekt kan der tilknyttes dokumenter, kontakter, matrikel, organisation, areal/mængde og D&V. Dokumenterne skal påføres metadata for at lette identifikation af de mange dokumenter der knytter sig til en byggesag. I forhold til D&V er det relevant at få tilknyttet informationer om vedligeholdelse af de enkelte bygningsdele, samt at disse informationer kan indlæses i D&V-organisationens CAFM-system. Der er i kravspecifikationen opstillet en tabel for dataindholdet i de enkelte objekter, tabellen for D&V-objektet er vist i tabel 3-1.



Figur 3-9 Diagram for den anvendte metode i DACaPo-projektet (Sabroe et al. 2006).

Objekt	Relation	Dataindhold
Drift og vedligehold	Bygningsdel og/eller komponent	Opgavebeskrivelse
		Tidspunkt for udførelse
		Interval (uge/måned/år)
		Antal gange
		Mængde (relation til areal/mængde-objekt)
		Klassifikation (SfB) på sigt DBK
		Pris
		Prisindeks
		Myndighedskrav ja/nej
		Dokumenter (relation til dokumentobjekt)

Tabel 3-1 Definition af D&V-objekt i kravspecifikation for digital aflevering (Sabroe et al. 2006).

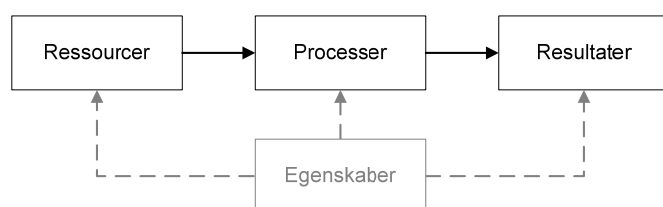
For digital aflevering i XML-format er der på baggrund af DACaPo-projektet opstillet et XML-skema, under navnet DDB-XML (Implementeringsnetværket for Det Digitale Byggeri 2010). Desuden er det angivet, hvordan informationen kan lagres direkte i IFC-formatet. XML-skemaet kan sammen med definitionen i kravspecifikationen bidrage til, at data lagres og læses ens på tværs af programmer med øget kompatibilitet til følge.

3.5 Bygningsklassifikation

I Danmark har det svenske SfB system traditionelt været anvendt til klassifikation af bygningsdele. Klassifikationen efter SfB sker på baggrund af bygningsdelstavler, som løbende er udvidet – i Danmark af ByggeCentrum. Sideløbende med SfB er der opstået en række andre klassifikationssystemer, som dæk-

kede de aspekter, hvor SfB systemet kom til kort – nogle branchespecifikke og andre i medfør af overgang til digital projektering. Ydermere har systematikken i anvendelse af SfB systemet ikke været entydig i hele branchen, med misforståelser ved informationsudveksling til følge. SfB er imidlertid fortsat flittigt anvendt i danske D&V-organisationer og -systemer (Centerkontrakt for byggeklassifikation 2003).

Som en del af DDB blev der igangsat et arbejde for at udvikle et nyt fælles klassifikationssystem for det byggede miljø – Dansk Byggeklassifikation (DBK) – som var velegnet til brug i en digitaliseret byggeproces. Anvendelse af DBK indgår derfor også i bygherrekravene fra Bekendtgørelse om krav til anvendelse af Informations- og Kommunikationsteknologi i byggeri (Civilstyrelsen 2010). DBK er baseret på strukturen fra den internationale ISO 12006-2 standard, og derfor opdeles begreberne tilsvarende i ressourcedomænet, procesdomænet, resultatdomænet samt egenskabsdomænet. Ressourcerne (materialer, information, materiel og aktører) anvendes i processerne (byggeriets forskellige faser) til at skabe resultater (fysiske konstruktioner og rum), og til alle elementerne knytter sig en række egenskaber (konkrete såvel som abstrakte) jf. figur 3-10. Den valgte opbygning skal sikre entydig repræsentation af information (bips 2006).



Figur 3-10 Simplificeret diagram for DBK's begrebs- og procesmodel.

ISO 12006-2 og reference-/klassifikationssystemer baseret herpå er på mange punkter sammenfaldende med strukturen i IFC – der må over tid forventes en hvis harmonisering af disse.

DBK har endnu ikke fundet indpas i branchen, og der synes stadig at være behov for videreudvikling og tilpasning før end systemet kan forankre sig selv. Der er gennemført flere testforsøg med DBK, og deraf afledte forslag til forbedringer (Digital Konvergens 2008), men der savnes økonomisk opbakning fra EBST. Kontorchef i EBST Lasse Sundahl har meldt ud at DBK skal være succesfuldt implementeret i 2013, og at de nødvendige udviklingsinitiativer bakkedes op af styrelsen, dog synes der ikke at følge ekstra midler med udmeldingen (Østergaard 2009). Den største forhindring synes at være tolkningen af DBK koderne, uden at have en digital fortolknings-/mappingsservice til rådighed er dette næsten umuligt – ens byggematerialer tildeles forskellige DBK

koder afhængigt af deres endelige anvendelse, f.eks. stenuddisolering i væg hhv. loft, hvilket kan være uhensigtsmæssigt ved mængdeudtræk.

Der findes tilsvarende implementering af den internationale ISO 12006-2 standard i andre lande, eksempler herpå er det amerikanske OmniClass (OCCS Development Committee 2010) og det engelske UniClass (Construction Project Information Committee 2010).

3.6 Computer Aided Facilities Management

CAFM er betegnelsen for IT-systemer, som understøtter arbejdet med FM. De applikationer, som er målrettet vedligeholdelse, benævnes ofte Computerized Maintenance Management Systems (CMMS) – dette kan både være selvstændige applikationer eller moduler i et større CAFM-system. I det følgende benyttes den brede betegnelse CAFM.

De mest udbredte programmer til D&V på det danske marked er Caretaker fra COWI, Rambyg fra Rambøll, begge udviklet i Danmark og i udgangspunktet struktureret efter SfB-klassificeringen (Dansk Facilities Management netværk 2010).

Markedet for CAFM er meget fragmenteret med mange leverandører. En engelsk surveyundersøgelse viser således at 55 % af respondenterne anvender ét af de mindre ikke-kategoriserede (andre) CAFM-systemer, mens Maximo og ARCHIBUS hver har en markedsandel på 18 % (Elmualim & Pelumi-Johnson 2009).

Størstedelen af disse systemer er opbygget omkring dokumentbaserede databaser evt. med reference til CAD-tegninger. CAFM-systemerne er i høj grad udviklet som tilføjelsesmoduler til ERP-systemer, da FM traditionelt har drejet sig om bedre struktur på og minimering af de økonomiske udgifter til støttefunktionerne.

En hastig udvikling inden for området, betyder dog at flere programmer udbygges med mulighed for kobling med BIM-modeller – indledningsvist for at importere data vedr. bygningens geometriske opbygning og de anvendte bygningsdele.

Det kan være problematisk, at CAFM-systemerne ikke arbejder direkte i BIM-modellen, så denne holdes opdateret. Senere bygningsforandringer må i så fald baseres på den oprindelige og nu forældede BIM-model. For at sikre en fuldt opdateret BIM-model gennem hele bygningens livscyklus, er der behov for at overdrage ansvaret for opdatering af modellen til D&V-organisationen i bygningens driftsfase.

Enkelte CAFM-systemer har mulighed for at lave en fast tilknytning til en eller flere BIM-modeller, således opdateringer fra driften synkroniseres med BIM-modellen, hvormed redundante data i den samlede bygningsdokumentation begrænses. Forfatteren har kendskab til ARCHIBUS (ARCHIBUS Inc 2010), ArchiFM (vintoCON 2009) og Onuma Planning System (Onuma Inc 2010). Fælle for disse er, at deciderede D&V-data lagres i CAFM-systemets database med reference til ét eller flere elementer i BIM-modellen. CAFM-systemerne kan synkronisere data om f.eks. aktivers fysiske placering ind i en proprietær udgave af BIM-modellen eller direkte ind i et CAD-system der understøtter BIM, hvorfra det så er muligt at eksportere til en vifte af formater – herunder også IFC.

CAFM benyttes i D&V-organisationen, til at organisere de løbende D&V-opgaver samt holde styr på historiske såvel som planlagte D&V-aktiviteter knyttet til de forskellige bygningsdele.

De fleste CAFM systemer omfatter:

- Bygningsvedligehold
- Arealforvaltning
- Tilhørende økonomistyring

De ovennævnte CAFM-systemer, anvender rumlig information og tilknyttede parametre og attributter direkte i CAFM-databaserne, hvor bygningsdele og øvrige aktiver listes hierarkisk. Denne automatisering sparer tid med registrering, ligesom fejl ved manuel indtastning undgås.

For at få fuldt udbytte af de ovennævnte CAFM-systemer, skal BIM-modellen inkludere de elementer, som anvendes i FM – brugere, inventar, aktiver, IKT services og øvrige FM-leverancer. Associeres brugerne med lokaler, møbler, computersystemer mv., følger disse aktiver brugerne, hvis disse flyttes til et andet kontor, ligesom det er muligt at lave rapporter over arealudnyttelse mv., for at sikre at gældende lovgivning (f.eks. arbejdsmiljøkrav) overholdes.

Ud fra den hierarkiske opbygning kan der indlægges planer for periodisk vedligeholdelse af de forskellige bygningsdele og dertilhørende omkostninger. Dette giver overblik over D&V-organisationens arbejdsbyrde med mulighed for at udtrække arbejdskort, ligesom det sikrer kontrol med de budgetterede løbende udgifter til D&V.

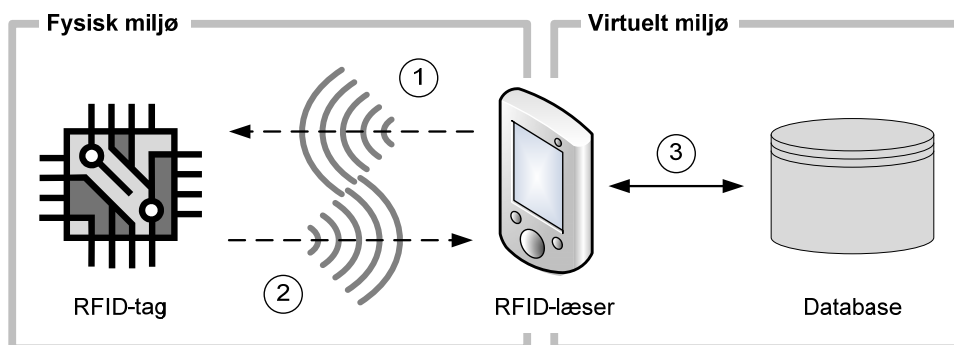
Alle data, f.eks. oversigt over planlagt maling af vægge, kan visualiseres med farvekombinationer i den grafiske model.

Andre muligheder i de BIM-baserede CAFM-systemer:

- Billeder, dokumenter og URL's kan tilknyttes de forskellige bygningsdele/aktiver
- Afskrivning, samt rapport over den bogførte værdi af aktiverne
- Tilknytning af omkostningssted(er)
- Integration med ERP-systemer
- Brugerdefinere attributter
- Mobilapplikation til dataregistrering

3.7 RFID-teknologi i byggeriet

Radio Frequency Identification (RFID) er den fælles betegnelse for teknologier, der via radiobølger kan identificere et objekt, der indeholder et såkaldt RFID-tag. Det fungerer som en elektronisk strejkode, hvor den største forskel er, at læseren ikke skal have visuel kontakt med RFID-tagget, hvilket igen medfører større robusthed, da tagget kan indlejres i bygningsdelene. Processen for aflæsning af et RFID-tag er vist på figur 3-11.



Figur 3-11 Aflæsning af et RFID-tag: 1) Der sendes et signal fra RFID-læseren som i RFID-tagget inducerer en spænding, 2) RFID-tagget returnerer et ID som opfanges af RFID-læseren og 3) RFID-læseren bruger det modtagne ID til opslag i f.eks. en database.

Der findes både passive og aktive tag. De passive tags er de mest simple og billigste, de drives af energi fra læseren, som i taggets antenne induceres til en spænding, der gør mikrochippen i stand til at sende et signal tilbage til læseren. De aktive har egen strømkilde (typisk et batteri), hvilket gør dem i stand til at sende signal uafhængigt af læseren og på længere afstand end de passive tag, den interne strømkilde kan desuden drive f.eks. en intern mikroprocessor, sensorer eller et datalager.

RFID-tags kan desuden opdeles efter frekvensområde – enten lavfrekvens, højfrekvens, ultrahøjfrekvens eller mikrobølger. I takt med stigende frekvensområde øges aflæsningsafstanden og dataoverførselshastigheden dog på bekostning af læsbarheden gennem forskellige materialer.

Der findes en række standarder indenfor RFID-teknologi, hvoraf ISO 14443 og ISO 15693 er blandt de mest udbredte – begge er de højfrekvens – førstnævnte er desuden kompatibel med Near Field Communication (NFC) teknologi som inden for de seneste år er indbygget i flere mobiltelefoner med henblik på mobil betaling (Sørensen, Christiansson & Svidt 2009a).

RFID-teknologien anvendes udbredt i produktionsstyring, fødevareindustrien og adgangskontrol, men spås også et stort potentiale i byggebranchen og særligt i D&V-fasen (ERAbuild 2006). De første artikler om anvendelse af RFID i byggeriet omhandlede logistikkontrol i forbindelse med betonleverancer til byggepladsen (Jaselskis et al. 1995). Teknologien er sidenhen set anvendt til f.eks. vedligeholdelseeftersyn af sprinklerdysser til brandslukning i Frankfurt lufthavn (Legner & Thiesse 2006), ligesom der er udviklet en prototype til vedligeholdssystem til infrastrukturanlæg (Sørensen et al. 2008).

Der findes mange både praktiske og teoretiske eksempler på anvendelse af RFID i byggeriet, også med differentieret anvendelse gennem byggeriets livscyklus. Enten med simple tags, som blot virker som automatisk identifikation til brug for digitalt opslag eller lagring i en BIM-model (Sørensen, Christiansson & Svidt 2009a) eller mere avancerede tags, hvor dataindholdet ændres hen igennem byggeriets forskellige faser, således de mest relevante data er lagret direkte i RFID-tagget (Motamedi & Hammad 2009).

Udbredelsen af RFID-teknologi i byggebranchen er dog endnu stærkt begrænset. Dette synes særligt at skyldes den fragmenterede branche og som følge deraf mangel på en fælles industristandard. En fælles industristandard med en levetid, som overgår bygningens, gør det muligt for aktører i alle faser i byggeriets livscyklus at anvende de samme RFID-tag. Det potentielle økonomiske afkast ved indlejring af RFID-tag i bygningsdele kan dermed øges, og det bliver mere interessant for IKT-leverandører at udvikle universelle løsninger og for producenter af byggematerialer at indlejre teknologien.

4. Tingenes tilstand

Et casestudie af daglig praksis i tre D&V-organisationer danner grundlag for følgende afsnit, som belyser daglig praksis.

4.1 Case beskrivelser

Ud fra en række interviews med aktører beskæftiget indenfor D&V, er der klarlagt et billede af forretningsområdet, og de arbejdsgange som knytter sig til håndtering af området – der har særligt været fokus på de personer, som beskæftiger sig med den praktiske varetagelse af D&V.

Følgende aktører har bidraget til det samlede billede gennem interviews og observation af deres arbejdsituationer:

- Varmemester/vicevært (Bruger 1)
- D&V-planlægger (Bruger 2)
- Områdehåndværker (Bruger 3)
- Professionel byggesyner (Bruger 4)

Brugerne knytter sig til tre forskellige cases, som efterfølgende generaliseres til ét typisk arbejdsmonster.

Case 1 – Bygningsdrift hos DanEjendomme

DanEjendomme forvalter en række ejendomme primært for pensionskasser. Deres serviceydelser dækker fuld forretningsførelse og drift af fast ejendom, ligesom de også tilbyder teknisk rådgivning i forbindelse med renovering, vedligeholdelse og nybyggeri (Dan Ejendomme 2009).

De ejendomme, som DanEjendomme forvalter, er spredt over hele landet. De administrative aktiviteter afvikles fra hovedkontoret i Hellerup og et regionskontor i Højbjerg v. Århus. Til varetagelse af ejendommens løbende drift er der ansat en række varmemestre/viceværter og gårdmænd – disse arbejder ud fra decentrale kontorer i umiddelbar nærhed af de forvaltede ejendomme.

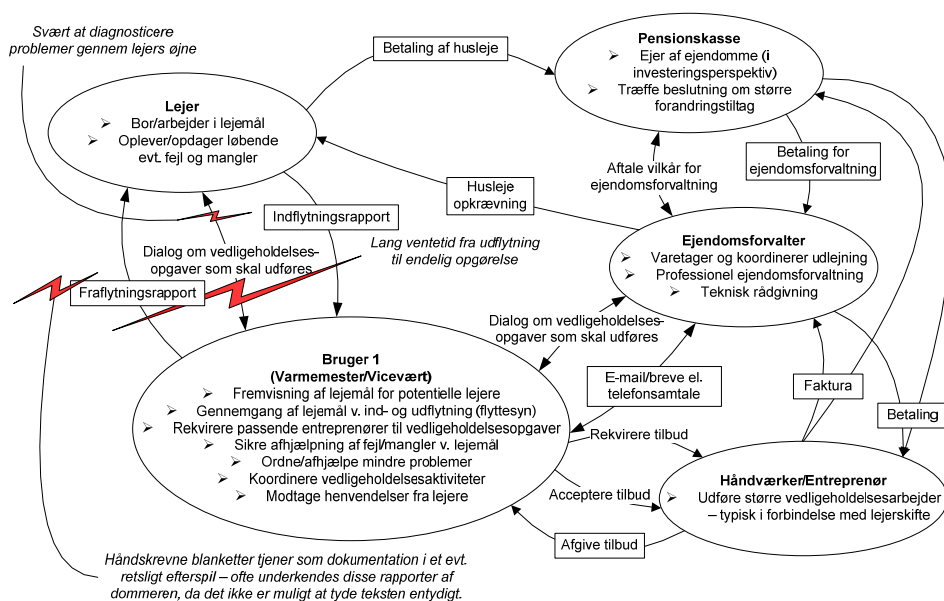
Det er de decentrale medarbejdere som har kontakt til lejerne/brugerne. Henvendelser sker via sedler/breve i varmemesterens postkasse eller i forbindelse med den daglige telefontid hvor varmemesteren/viceværten er på sit kontor – det er ydermere muligt at henvende sig via email, men få/ingen brugere benytter sig endnu af denne mulighed.

Større bygningsforandringer og vedligeholdelsesopgaver aftales i dialog mellem ejendomsforvalterne og ejendommens ejer inden projekterne igangsættes. Løbende indvendig vedligeholdelse sker typisk i forbindelse med lejer-

skifte – i den forbindelse gennemføres jf. gældende lovgivning et flyttesyn, hvor varmemester/vicevært udfærdiger en fraflytningsrapport, i form af en gennemslagsblanket, på udlejers vegne. Der findes tilsvarende gennemslagsblanketter, hvorpå lejer indberetter tilstanden ved indflytning, disse opbevares i ringbind. Rapporterne danner grundlag for lejers økonomiske forpligtigelser i forbindelse med istandsættelse ved udflytning. Rapporterne tjener endvidere som dokumentation i et evt. retsligt efterspil, såfremt der opstår uenighed mellem lejer og udlejer – i flere situationer er sådan håndskrevet dokumentation imidlertid blevet forkastet af retten, fordi læsbarheden kan drages i tvivl.

Varmemester/vicevært rekvirerer ét eller flere tilbud fra relevante håndværkere/entreprenører, til udførelse af opgaverne. Ved større arbejder, som involverer flere entreprenører, koordinerer varmemester/vicevært indsatsen og sikrer, at den overordnede tidsplan overholdes.

Arbejdsprocesserne, den tilknyttede kommunikation og de udløsende faktorer er vist på figur 4-1.



Figur 4-1 Flowdiagram for bygningsdrift og -vedligehold i DanEjendomme.

Case 2 – Bygningsdrift på Aalborg Universitet

Teknisk Forvaltning på Aalborg Universitet varetager universitetets samlede bygningsdrift. Bygningerne er som ofte ejet af Universitets- og bygningsstyrelsen (UBST), som betaler et bidrag til Teknisk Forvaltning til løbende udvendig vedligehold. Desuden bidrager universitetets afdelinger på baggrund af kvadratmeterforbrug gennem en intern huslejemodel. Teknisk Forvaltning

sørger på den baggrund for løbende D&V af bygningerne ude såvel som inde (Teknisk Forvaltning AAU 2009).

Der er i vedligeholdelsessektionen ansat medarbejdere med uddannelse som bygningskonstruktør, arkitekt o. lign., disse medarbejdere koordinerer den samlede indsats af D&V-opgaverne. Bygningerne gennemgås løbende udvendigt sammen med en uvildig byggesyner, der fungerer som rådgiver for UBST. På baggrund af bygningsgennemgangene udfærdiges en udmeldingsseddel, som danner baggrund for udmøntning af midler fra UBST til Teknisk Forvaltning til udbedring af de konstaterede fejl. Udmeldingssedlen leveres via byggeweb i et regneark. D&V-planlægger samler de mange små reparationer i større puljer, og laver på den baggrund planer for den løbende udvendige vedligeholdelse. Den indvendige vedligeholdelse planlægges ud fra et fastsat interval for de forskellige bygningsdele (vægge, døre, vinduer, lofter, gulve mv.), lokalekategorier (studiearbejdspladser, undervisningslokaler, medarbejderkontorer, laboratorier mv.) og indmeldte tilstandsvurderinger.

Bygningsbetjente og rengøringspersonale varetager den daglige drift af de enkelte bygninger. Ydermere er der ansat fire områdehåndværkere, som står for udbedring af konstaterede fejl og løbende periodisk vedligehold på baggrund af planerne fra D&V-planlæggerne. Mindre opgaver, så som udskiftning af pakninger i vandhaner, smøring af vinduer/døre/låse, kontrol af ventilations- og varmesystem (hertil anvendes CTS-styring), aflæsning af forbrug, udfører områdehåndværkeren selv, mens der ved større bygningsforandringer eller vedligeholdelsesopgaver rekvireres eksterne entreprenører, i disse situationer indhenter områdehåndværkeren tilbud og indgår aftaler med entreprenørerne, ligesom han koordinerer opgaverne mellem flere entreprenører og følger fremdriften i sagerne på baggrund af tidsplaner udarbejdet enten af ekstern entreprenør (typisk arkitekten) eller intern D&V-planlægger.

Områdehåndværkerne laver desuden løbende tilstandsvurderinger af de indvendige forhold, disse vurderinger indmeldes til D&V-planlægger. Hvis afdelingerne ønsker indvendige bygningsforandringer, henvender de sig til områdehåndværkeren eller D&V-planlæggeren – parterne når derpå til enighed om en hensigtsmæssig løsning hvorpå opgaven lægges ud til den tilknyttede områdehåndværker.

Teknisk Forvaltning har en intern el- og vvs-afdeling, deres opgave er i udgangspunktet at løse akutte problemer, men i det omfang tiden tillader det, inddrages de i den løbende D&V.

Arbejdsprocesserne, den tilknyttede kommunikation og de udløsende faktorer er vist på figur 4-2.

Det er ydermere muligt at indgå aftale med Kuben Drift og Vedligehold om iværksættelse og styring af de i bygningsgennemgangen aftalte D&V-projekter.

The diagram illustrates the process of building maintenance and reporting between three entities: **Ejereforening/Andelsboligforening/Almen boligforening**, **Myndigheder**, and **Bruger 4 (Professionel byggesyner)**.

Ejereforening/Andelsboligforening/Almen boligforening (left oval) includes:

- Ejer bygning
- Bo/arbejde i bygning el. udleje bygning

Myndigheder (top right oval) includes:

- Udarbejder lovgivning
- Opstiller formkrav

Bruger 4 (Professionel byggesyner) (bottom right oval) includes:

- Gennemgå bygning
- Udarbejde vedligeholdelsesplaner (rullende 5-10-20-års-plan)

Process Flow:

- Stiller krav om forsvarligt langsigtet overblik over bygningsopretholdelse** (Arrow from Myndigheder to Ejereforening)
- Faktura** (Arrow from Ejereforening to Bruger 4)
- Betaling** (Arrow from Bruger 4 to Ejereforening)
- Rekvirere bygningsgennemgang** (Arrow from Ejereforening to Bruger 4)
- Besigtiger bygning** (Arrow from Bruger 4 to Ejereforening)
- Rapport for bygningsgennemgang m. budgetoverslag og anbefalinger for D&V** (Arrow from Bruger 4 to Ejereforening)
- Kun de åbenlys synlige skader inkluderes** (Arrow from Bruger 4 to Faktura)
- Budget er udelukkende overslag som afgives uden ansvar** (Arrow from Bruger 4 to Rapport)

Figur 4-3 Flowdiagram for bygningsgennemgang ved Kuben.

4.2 Konsolidering af cases

Som det ses af ovenstående er der en række lighedstræk mellem de tre cases, både hvad angår organisering og arbejdsopgaver. Observationerne er derfor konsolideret til ét samlet billede af de typiske arbejdsprocesser i en D&V-organisation.

4.2.1 Flowdiagram

Varmemester/vicevært (bruger 1) og områdehåndværker (bruger 3) samles under betegnelsen varmemester; UBST, boligorganisationer, pensionskasser mv. samles under betegnelsen bygningsejere; D&V-planlægger (bruger 2) samt ejendomsforvalter samles under betegnelsen D&V-planlægger; endelig samles betjente, rengøring og gårdmænd under betegnelsen daglig driftsmedarbejder.

Det konsoliderede flowdiagram fremgår af figur 4-4. For uddybende forklaring af figuren henvises til den detaljerede beskrivelse af de enkelte cases.

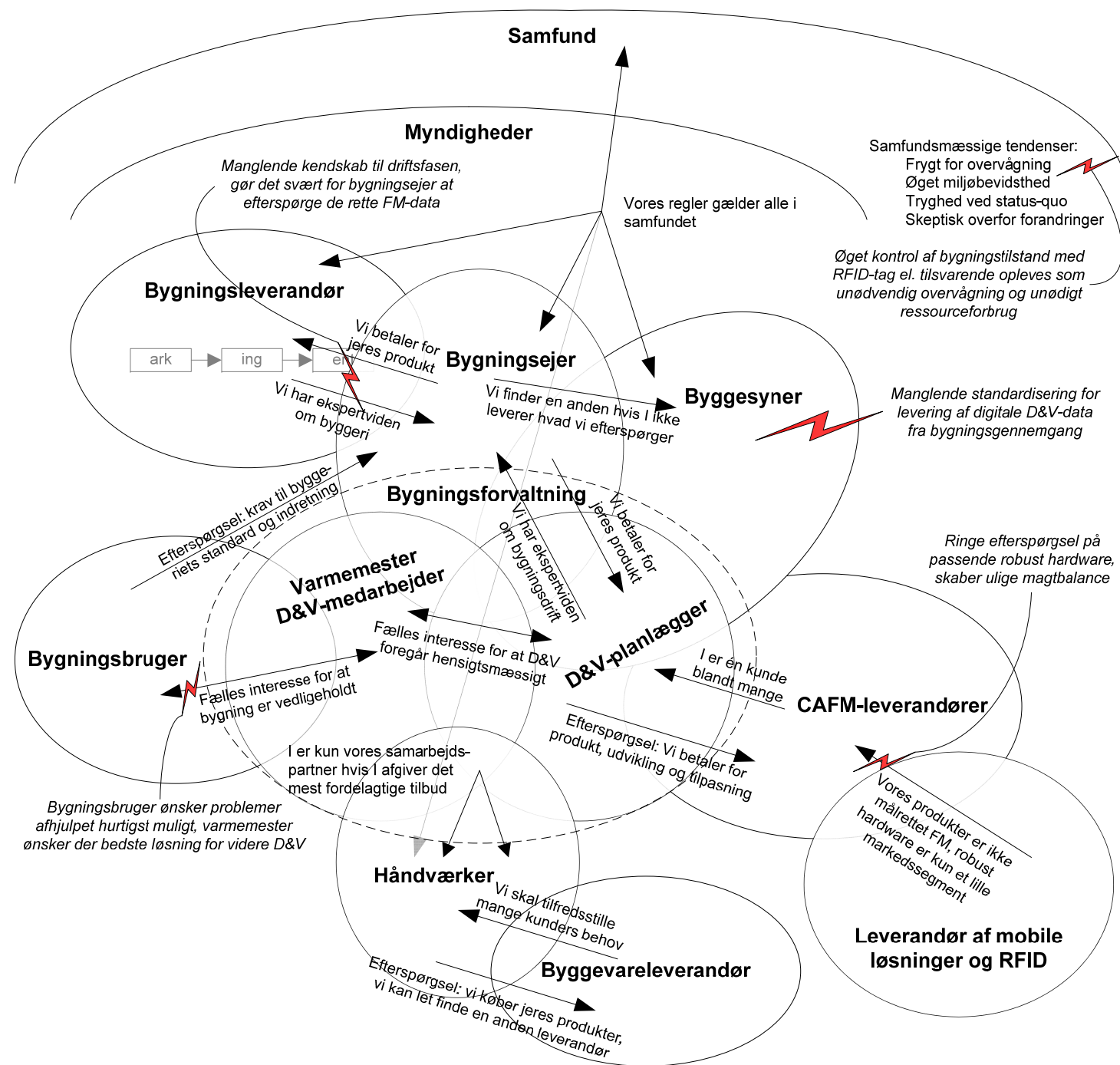
4.2.2 Kulturel model

Ydermere er der optegnet en kulturel model for den konsoliderede D&V-organisation og dennes omgivelser. Af den kulturelle model, som ses på figur 4-5, fremgår det, at hele D&V-organisationen er underlagt myndighedernes bestemmelser, ligesom samfundsmæssige tendenser spiller ind på arbejdets organisering og udvikling af nye metoder.

Store dele af kulturen er påvirket af det fragmenterede marked med mange leverandører – således kan bygningsejer vælge en anden byggesyner eller bygningsforvalter, hvis ikke disse indfrier bygningsejerens forventninger, på samme måde kan bygningsforvalteren vælge andre håndværkere fra gang til gang (hvilket sker i stor udstrækning). Tilsvarende er der for serviceudbydere (håndværkere, CAFM-leverandører, byggesynere mv.) mange potentielle kunder. Dermed har ingen af parterne behov for at indgå mere faste samarbejder end de løbende udbud af større eller mindre opgaver. Dog er det interessant for bygningsejer at opretholde samme bygningsforvalter gennem længere tid, da der er store engangsomkostninger forbundet med skifte og opstart/overtagelse af driften – dette relaterer sig til inddatering i bygningsforvalterens CAFM-system samt tilhørende gennemgang af bygningsmassen. En tilsvarende binding gælder mellem bygningsforvalteren og CAFM-leverandøren.

Leverandøren af CAFM-systemet presses af bygningsforvalteren til at indfri dennes forventninger til funktionalitet, hvorfor systemerne i høj grad er tilpasset den enkelte D&V-organisation. Der er brugt mange ressourcer på at ind- og opdatere data i systemet, oplæring af medarbejdere i brug af systemet samt licenser til CAFM-systemet, hvilket giver CAFM-leverandørerne bedre mulighed for at holde på eksisterende kunder. Ved en øget standardisering af lagring af FM- og D&V-data, forringes CAFM-leverandørernes position til at fastholde eksisterende kunder, omvendt bliver det tilsvarende lettere at vinde nye kunder, som benytter et konkurrerende CAFM-system.

Salg til byggebranchen udgør en meget lille andel af det samlede marked for leverandører af mobile løsninger og RFID. Det er derfor ikke muligt at ligge et afgørende pres på disse leverandører for at udvikle særlige teknologier/løsninger målrettet byggesektoren. Det synes altså nødvendigt at basere en specifik løsning på eksisterende teknologi, hardware og standarder. Den største udfordring ved dette er at finde tilpas robust hardware, som kan modstå brug i det barske miljø i værktøjskasser og på byggepladser.



Figur 4-5 Kulturel model for den konsoliderede D&V-organisation og dennes omgivelser.

En anden strukturel problemstilling knytter sig til byggefasens organisering. Bygherren og/eller bygningsejeren har sjældent den fornødne indsigt i driftsfasen og driftsherrens arbejdsprocesser. Det kan derfor være svært for bygherren at efterspørge de rette D&V-data, når driftsherren først inddrages sent i processen eller efter byggeprojektet er afsluttet.

Overvejende har alle involverede interessenter en interesse i at bygningen er vedligeholdet og opfylder de forventede funktionskrav. Ofte vil bygningsbrugeren dog være mere fokuseret på opetid (altså at bygningens funktioner i mindst muligt omfang er ude af drift), og mindre interesseret i den valgte løsning – med mindre denne spiller ind på opetiden. Bygningsejeren vil i nogle tilfælde foretrække den billigste løsning (enten her og nu eller på lang sigt), mens D&V-organisationen vil vælge den mest holdbare løsning og dermed et minimum af vedligehold.

Fra et overordnet samfundsmæssigt perspektiv vil der generelt opleves skepsis mod forandringer af processer, som undertiden fungerer, hvilket forstærkes yderligere i en traditionel konservativ branche. Hele eller dele af samfundet vil udtrykke skepsis overfor øget overvågning som følge af øget kontrol og anvendelse af chips og sensorer, samt modstand mod at indføre unødigt IKT med miljøbelastende ressourceforbrug til følge.

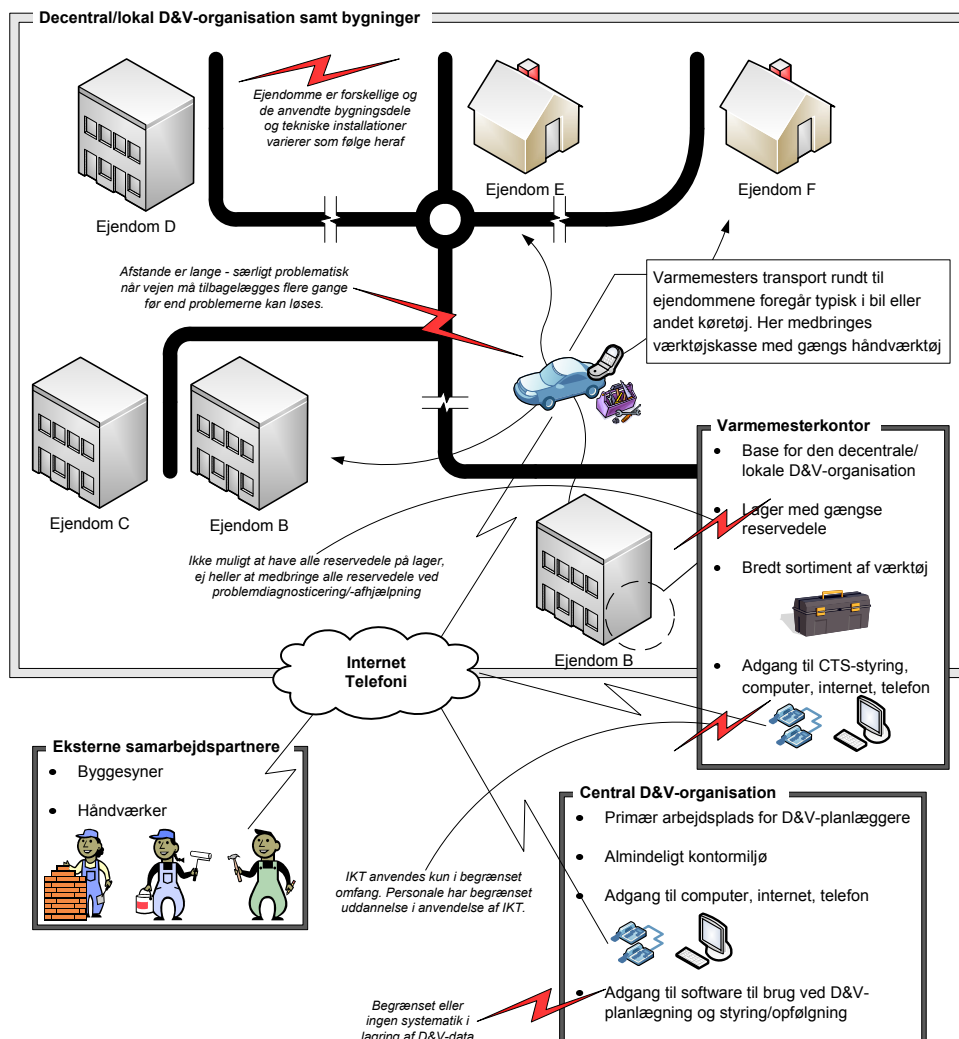
4.2.3 Fysisk model

For at fremhæve de fysiske sammenhænge i D&V-organisationen er der opstillet en generisk fysisk model, denne er vist på figur 4-6.

En af de mest åbenlyse udfordringer er transporttiden rundt til de forskellige ejendomme. Særligt udtalt bliver denne problemstilling, når der ved problemdiagnosticering og -løsning må køres flere gange før end sagen kan løses og afsluttes. Det er svært at eliminere transportafstanden, da en løsning med en lokal varmemester/vicevært i hver ejendom ikke er rentabel, dog kan varmemesterkontoret placeres centralt mellem de bygninger som medarbejderne skal varetage.

Andre udfordringer, der knytter sig til de fysiske forhold, er diversiteten i bygninger/ejendomme og ikke mindst i de forskellige bygningsmaterialer, løsninger og tekniske anlæg, som er anvendt. Dette kræver at varmemesteren har overblik over og kendskab til en bred vifte af detaljløsninger, med tilhørende reservedele. De differentierede detaljløsninger gør det urentabelt/uhensigtsmæssigt at lagere samtlige reservedele. D&V-organisationens tidsramme for problemløsning bliver dermed afhængig af leverancer fra producenter og grossister, og ved gamle bygninger kan det være nødvendigt at udskifte hele tekniske anlæg eller bygningsdele fordi reservedele ikke længere produceres. Der synes også mange ressourcer anvendt på at fremskaffe de rette reservedele fra leverandører/grossister – så

ledes må flere reservedele returneres pga. fejlbestillinger eller -leveringer i et uoverskueligt marked.



Figur 4-6 Generisk fysisk model for den konsoliderede D&V-organisation.

Det er heller ikke muligt at medbringe samtlige lagerførte reservedele i forbindelse med diagnosticeringen, og som følge af manglende overblik over de anvendte detaljløsninger i de enkelte ejendomme, er det ej heller muligt at gøre et kvalificeret valg af hvilke reservedele, der skal medbringes, før end problemet er diagnosticeret.

4.3 Affinitetsdiagram

De optegnede modeller har tydeliggjort en række problemstillinger i den nuværende organisering og arbejdsmetode. Herunder opsummeres og kate-

goriseres de fundne problemstillinger med henblik på udvikling af én eller flere løsninger.

I tabellen herunder indgår dels de uhensigtsmæssige hændelser som fremgår af modellerne (indikeret med et rødt lyn) på figur 4-4, figur 4-5 og figur 4-6, ydermere inddrages udfordringer, som knytter sig til det nyværende stadie for state-of-the-art, som beskrevet i afsnit 3.

Kategoriernes overskrifter er fremhævet med fed på grå baggrund. Desuden er det til venstre for hvert element angivet, om der er tale om en barriere (B), som skal afklares, eller et potentiale (P), som kan udnyttes. Nogle elementer kan opleves både som en barriere og et potentiale (B/P) alt afhængig af konteksten.

Overblik over D&V-data	
B	Det er endnu primært arkitekter og ingeniører, som arbejder med BIM. Således indeholder BIM-modellen kravspecifikationer fra arkitekter og ingeniører.
P	I driftsfasen er der behov for as-build data med tilhørende D&V-specifikationer. Disse må leveres af entreprenøren, som vælger detailløsningen. Bygherren må gøre et sådan krav gældende overfor entreprenøren, som i dag ikke har tradition for at opdatere BIM-modellen med as-build data, men blot anvende tegninger, styklister og kravspecifikationer inddateret af arkitekt og ingeniør.
B/P	Bygherren har kun begrænset indblik i driftsfasen, og derfor kan det være svært at stille krav om og efterspørge aflevering af relevante D&V-data.
B	Store diagrammer over tekniske installationer er svære at overskue selv på store skærme og egner sig bedst til papir/print.
P	Diversitet i ejendomsmassen medfører en varieret anvendelse af bygningsmaterialer og tekniske installationer.
B	Varmemester anvender kun IKT i begrænset omfang – dels fordi udstyr hertil ikke er indarbejdet i deres daglige arbejde, og personalet har derfor begrænset erfaring med og uddannelse i anvendelse af IKT.
B/P	D&V-organisationens D&V-data (servicemanualer, overblik over anvendte detailløsninger, planlagte vedligeholdelsesarbejder mv.) opsamles og lagres kun sjældent systematisk.
B/P	Eksisterende bygninger/ejendomme er ikke modelleret i 3D, og ofte haves intet/begrænset brugbar digital D&V-data. Der foreligger således en stor opgave med at kortlægge og inddatere stamdata, historik og nuværende tilstand for eksisterende bygninger/ejendomme.

B	Der er ikke nogen de facto procedure for at holde de grundlæggende D&V-data opdateret. Typisk vil opgaven påhvile den enkelte D&V-organisation. Byggematerialeproducenten vil via entreprenøren levere stamdata med anbefalinger om periodisk vedligeholdelse til brug ved digital afleverings af D&V-data. Der savnes en procedure for at opdatere disse data, hvis anbefalingerne ændrer sig efter bygningen er opført, og D&V-data er videregivet til byg-/driftsherren.
Interoperabilitet	
B	Der savnes en fælles international standard for overlevering af driftsdata.
B/P	Der er mange "små" leverandører af CAFM-systemer, og markedet er derfor meget fragmenteret.
B	Strukturen i de lagrede data fra CAFM-systemerne er afhængige af det valgte CAFM-system, og import fra/eksport til andre programmer er ikke mulig, ligesom det er omfattende at skifte til et andet CAFM-system.
Brugerhenvendelse	
P	Der er ikke nogen klar struktur for henvendelse og indberetning af oplevede fejl og mangler fra bygningsbruger til varmemester – dog synes meddelelser at nå frem ad omveje.
B	Bygningsbrugere har ikke de fornødne professionelle kompetencer til at udpege den egentlige problemstilling.
P	Indberetning fra bygningsbrugere sker først når skaden er "stor" og for generende at leve med.
B	Nogle bygningsbrugere henvender sig for at opleve social kontakt. Dette medfører indberetning af fiktive/opdigtede problemer.
P	Fraflytter må vente længe på at få en afklaring på økonomisk mellemværende med udlejer i forbindelse med fraflytning. Der går lang tid fra egentlig fraflytningssyn til der have en opgørelse over udgifterne til istandsættelse/reetablering, og fraflytningssynet giver kun begrænset eller ingen indikation.
B/P	Ind- og fraflytningsrapporter tjener som dokumentation i en evt. retsligt tvist mellem lejer og udlejer om istandsættelse/reetablering. De håndskrevne blanketter underkendes ofte af dommeren, da tekstens manglende læsbarhed gør det muligt at tolke budskabet tvetydigt.
Diagnosticering og problemafhjælpning i D&V	
P	Problemafhjælperen i driftsfasen er langsommelig og foregår gennem en iterativ dialog mellem varmemester og bygningsbrugeren.
B/P	Oftest er inspektion med selvsyn fra varmemesteren nødvendig før end problemet kan diagnosticeres og en passende løsning findes.
B	Det er ikke muligt at opdage og imødegå problemer/skader før end de er åbenlyst synlige.

P	Det er ønskeligt at kunne opdage begyndende problemer inden de bliver synlige og til gene for bygningsbruger, f.eks. fugt i væg, skimmelsvamp, begyndende brud/svigt, brud i skjulte/inddækkede bygningsdele.
P	Behov for at udtrække informationer om bygningsdele fra BIM-model eller indlejrede sensorer – særligt informationer, som ikke er åbenlyst synlige.
B	Det er ikke muligt at lagere samtlige reservedele, og ej heller muligt at medbringe alle reservedele ved problemdiagnosticering/-afhjælpning.
B	Der er stor afstand fra varmemesterkontor og ud til de forskellige ejendomme, hvor problemerne skal afhjælpes.
B/P	Bygningsbruger ønsker problemer afhjulpet hurtigst muligt, D&V-organisation har interesse i at vælge den mest holdbare og vedligeholdelsesvenlige løsning, mens bygningsejeren kan have interesse i at vælge den billigste løsning på kort sigt.
Modstand mod forandring	
B	Indlejring af sensorer, RFID-tags og tilsvarende opleves som unødigt ressourceforbrug. Det er behov for at tydeliggøre fordele og det potentielle afkast, som følger af den indlejrede teknologi.
B	Der er en generel skepsis overfor forandringer og tryghed ved status-quo – særligt i tilfælde hvor de eksisterende systemer/procedurer/løsninger virker. If it works why fix it?
Privacy	
B	Frygt for overvågningssamfund ved øget udbredelse og anvendelse af RFID-tags og sensorer.
Manglende tillid aktørerne imellem	
B	Vedligeholdelsesplaner og driftsbudgetter udarbejdes af byggesynere uden ansvar – de er således kun vejledende og forbundet med relativt stor usikkerhed.
B/P	D&V-organisationer vil ikke indgå fastprisaftale om at drive en ejendom på baggrund af vedligeholdelsesplaner og driftsbudgetter, da disse er behæftet med stor usikkerhed, både ved vurdering af nødvendige fremtidige D&V-arbejder samt prisoverslag af disse. End ikke byggesyners egen organisation synes interesseret i at indgå en sådan aftale.
Udvikling af mobile IKT-løsninger	
B	Begrænset efterspørgsel på passende robust hardware holder priserne høje, ligesom udviklingen nedprioriteres af producenterne.
B/P	Den fragmenterede branche samt mange små CAFM-leverandører bremser udviklingen. Ofte har de helt små producenter begrænsede ressourcer til at udvikle ekstra funktionalitet, og aktiviteterne begrænser sig derfor til at efterkomme konkrete efterspørgsler fra eksisterende kunder. Dette medfører udvikling af applikationer, som er tilpasset én enkelt kunde og ofte afhængig af det valgte CAFM-system og den pågældende D&V-organisations organisering.

4.3.1 Opsamling på problemfelter

Overordnet set er der fundet fire grundlæggende problemer/udfordringer knyttet til arbejdet i de undersøgte D&V-organisationer: 1) D&V-organisationen har begrænset overblik over bygningsmassens tilstand og ringe systematik i de tilhørende D&V-opgaver, 2) Interoperabilitet på tværs af parternes CAD-, BIM- og CAFM-systemer begrænses af mangel på en fælles standard for lagring af D&V-data, 3) Indberetning af fejl og driftsforstyrrelser fra bygningsbrugerne til D&V-organisationen er ineffektiv og medfører langsomme diagnosticering – kombineret med D&V-organisationens manglende overblik over anvendte detallosninger, giver det lang ventetid fra indberetning til fejludbedring, og 4) Ved lejerskifte er der lang ventetid fra udflytning til afregning med fraflytter, og de håndskrevne blanketter er kun delvist valide i en retslig tvist.

I medfør af de skitserede problemer eksisterer en række kontekstuelle udfordringer – disse afhænger af de valgte løsninger til at imødegå de fundne problemer. Implementering af et CAFM-system stiller f.eks. krav om efteruddannelse af D&V-organisationens personale, inddatering af eksisterende bygninger, overvejelser om detaljeringsgrad i de lagrede data etc.

4.4 Løsningsmuligheder

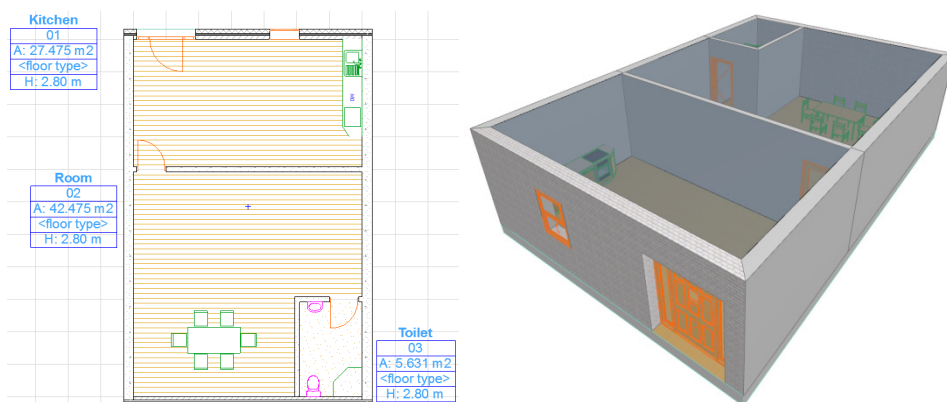
I dette afsnit præsenteres umiddelbare løsninger, som vil kunne afhjælpe de fundne problemstillinger.

4.4.1 Anvendelse af CAFM-system

Et CAFM-system vil kunne skabe bedre overblik over bygningsmassens tilstand, de anvendte detallosninger og fremtidige D&V-opgaver. Implementering af et CAFM-system kræver inddatering af data om eksisterende såvel som fremtidige bygninger. Import af bygningsdata fra en BIM-model vil lette inddateringen for fremtidige bygninger samt eksisterende bygninger, hvor der derhaves BIM-modeller.

Som nævnt i afsnit 3.6, findes der en lang række leverandører af CAFM-systemer, og herunder gives en demonstration af mulighederne for import af bygningsdata fra BIM-modeller i et af de førende CAFM-systemer – ArchiFM.

For at teste og demonstrere programmernes muligheder er der udarbejdet en simpel demobygning i ArchiCAD, bestående af tre rum hhv. køkken, stue og toilet, som vist på figur 4-7. På baggrund af demobygningen er der oprettet et FM-projekt i ArchiFM.



Figur 4-7 Plantegning og 3D-visning af demobygning.

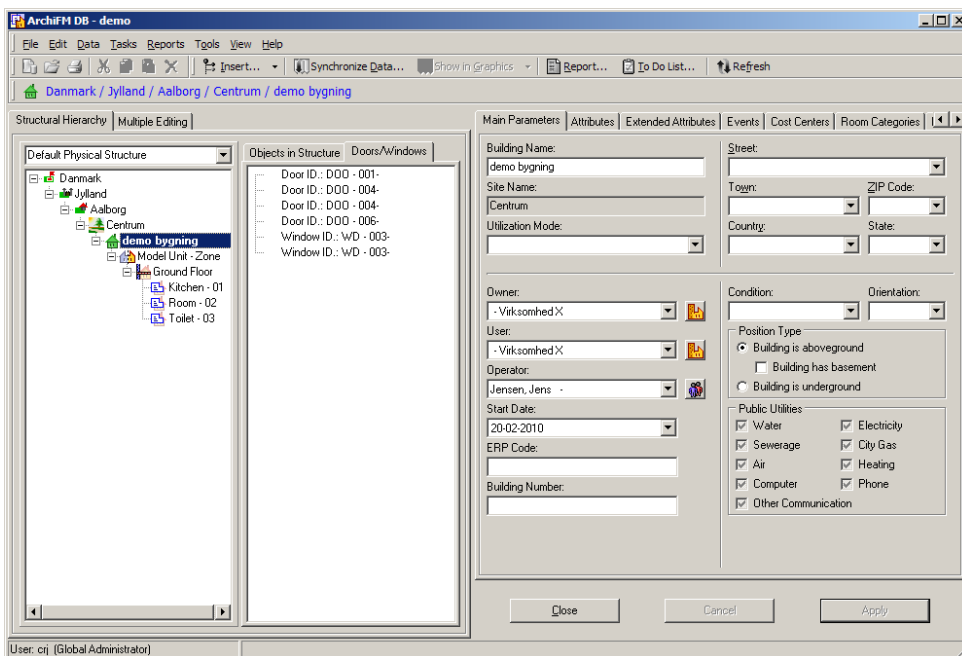
ArchiFM fungerer i samspil med ArchiCAD, og har ad den vej mulighed for at importere bygningsdata fra en eller flere BIM-modeller. ArchiFM lagrer sine data i en SQL relationsdatabase, hvori der oprettes link til elementerne i BIM-modellen. Dette kan anvendes til at lokalisere den fysiske placering af et aktiv eller en bygningsdel, ligesom det er muligt at benytte den grafiske fremstilling i BIM-modellen til at skabe overblik over lokalernes tilstand, arealanvendelse mv. Programmets brugerflade er vist på figur 4-8. Venstre kolonne viser bygningsmassen hierarkisk ud fra placering, og af den midterste kolonne fremgår de bygningsdele mv. som knytter sig til det valgte niveau i den hierarkiske struktur. I højre halvdel findes detaljer om de enkelte bygningsdele, som enten kan modificeres enkelt- eller gruppevis.

Med et enkelt klik kan data synkroniseres med den grafiske visning fra ArchiCAD, ligesom det er muligt at få én eller flere markerede bygningsdele vist i ArchiCAD og omvendt.

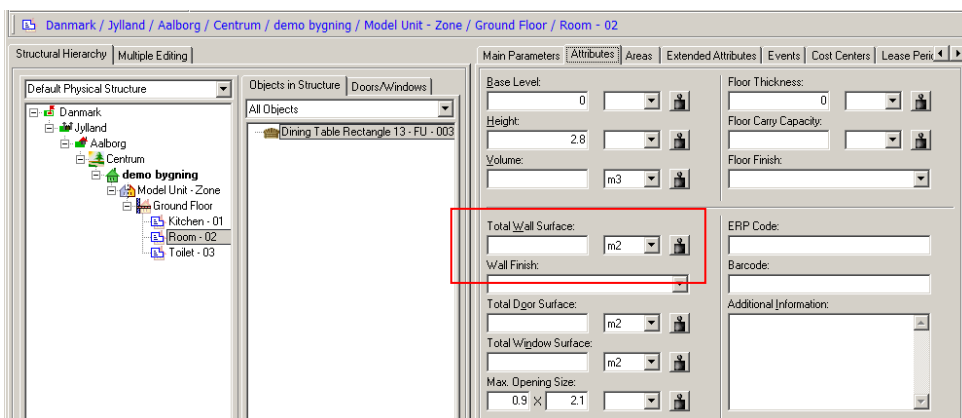
Det er imidlertid ikke alle bygningsdelenes detaljer, der kommer med over i ArchiFM – f.eks. overføres areal af vægge tilknytte de enkelte zoner/rum ikke til ArchiFM som vist på figur 4-9, til trods for at dette kan udtrækkes i ArchiCAD via en bilagskørsel som vist på figur 4-10.

Der er indtastet en række vedligeholdelsesopgaver for demobygningen ArchiFM – bl.a. rensning af afløb i brusekabine hver tredje måned som vist på figur 4-11. Disse data kan imidlertid ikke synkroniseres tilbage i BIM-modellen, men lagres i en SQL-relationsdatabase, hvori det er muligt at genfinde de indtastede D&V-data som vist på figur 4-12.

Denne rapport vil ikke beskæftige sig nærmere med datastrukturen, hvormed ArchiFM lagrer oplysninger i SQL-databasen. På baggrund af den opdelte struktur i SQL-databasen vurderes det, at et udtræk kan tilpasses en evt. standard for lagring og udveksling af D&V-data, såfremt dette ønskes.



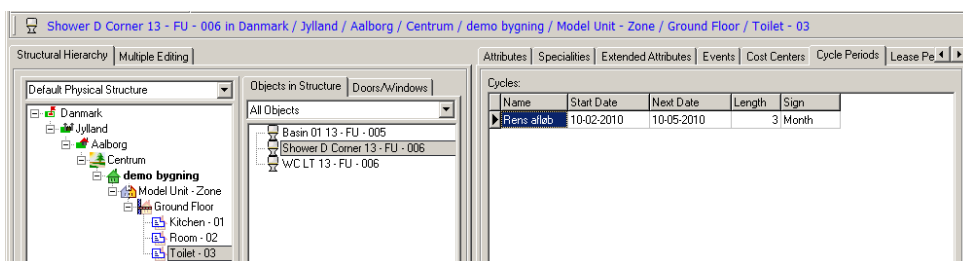
Figur 4-8 Brugerfladen i CAFM-systemet ArchiFM.



Figur 4-9 Detaljer om zonen "Room 02" i ArchiFM.

Rooms by stories							20-02-2010
Story	Room		R. Height	Perimeter	Wall surf.	Measured Area	
Ground Floor	01 Kitchen		2.80 m	21.85 m	54.43 m ²	27.47 m ²	
	02 Room		2.80 m	27.85 m	74.20 m ²	42.47 m ²	
	03 Toilet		2.80 m	9.70 m	25.27 m ²	5.63 m ²	
Ground Floor	total			59.40 m	153.90 m ²	75.58 m ²	
For all stories	total			59.40 m	153.90 m ²	75.58 m ²	

Figur 4-10 Bilagskørslen "rum fordelt på etager" i ArchiCAD.



Figur 4-11 Planlagt periodisk vedligeholdelse for brusekabine i demobygning.

Un_ID	ParentType	ParentID	CycleName	CycleLength	Cy...	CycleStart	CycleEnd
1004	O	1044	Check cisterne	2	1017	05-02-2010...	05-04-2010...
1005	O	1293	Skift pakning	6	1017	01-02-2010...	01-08-2010...
1006	O	1299	Rens afløb	3	1017	10-02-2010...	10-05-2010...
1007	D	1525	Smøre hængsler	1	1018	01-03-2010...	01-03-2011...
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figur 4-12 Opslag i SQL-database – tabel for planlagt periodisk vedligeholdelse for demobygning.

Desuden tilbyder en række af de større CAFM-leverandører mobilapplikationer til tilstandsregistrering og direkte indrapportering af data til CAFM-systemet – et eksempel herpå er MicroView FM til ARCHIBUS (Robert Stephen Consulting 2009). I indeværende projekt har der ikke været adgang til eller mulighed for at afprøve sådanne tilføjelsesmoduler.

4.4.2 Fælles standard for udveksling af D&V-data

Arbejdet med DDB og krav om digital aflevering er et skridt på vej i den rigtige retning. Dog savnes fortsat en internationalt anerkendt standard for udveksling af D&V-data i forbindelse med digital aflevering, i den forbindelse bliver det interessant at følge den videre udvikling af buildingSMART's FM-projekt som beskrevet i afsnit 3.4. At dømme ud fra tidligere projekter – IfcmBomb, COBie og DACaPo – vil løsningen omfatte muligheden for at linke BIM-modellens enkelte bygningselementer til D&V relaterede dokumenter.

I en globaliseret verden, hvor internationale aktører byder på danske byggeprojekter, og danske aktører byder på udenlandske projekter, er det nødvendigt med et fælles udgangspunkt, både hvad angår datastrukturen og det anvendte klassifikationssystem. Fælles internationale standarder herfor vil også fremme udviklingen af softwareløsninger, som understøtter disse. I takt med at flere elementer af digital aflevering standardiseres og dermed kan automatiseres, vil det blive mere rentabelt at tilbyde til alle kunder, og ikke kun de

særtilfælde, hvor lovgivningen foreskriver det. En tilsvarende udvikling ses i dag i projekteringsfasen, hvor flere rådgivere er overgået til fuld 3D-projektering på alle projekter, da denne arbejdsmetode har vist sig mere effektiv.

Desuden spiller bygherrerne som pointeret i afsnit 1 en central rolle for digitaliseringen af byggeprojekter, da de opstiller kravspecifikationer for byggeprojektet og den tilhørende projektering. Kravene om digital aflevering overfor statslige bygherrer er derfor et skridt i den rigtige retning.

4.4.3 Mere effektiv fejludbedring

For at effektivisere fejludbedringen er der behov en hurtig og entydig diagnosticering, så problemet kan efterkommes ved første besøg hos bygningsbrugeren. Digital indberetning direkte til D&V-organisationens CAFM-system vil skabe klarhed over hvilke konkrete bygningsdele der er fejlbehæftede. Samtidig vil en digital indberetning begrænse de fiktive problemer hidrørende fra bygningsbrugere, der savner social kontakt.

Akademiska Hus i Sverige benytter et system til online indberetning af fejl fra deres brugere (Akademiska Hus AB 2005), og flere CAFM-systemer har også et modul til indberetning af D&V-forespørgsler f.eks. Service Desk til ARCHIBUS (ARCHIBUS Inc 2010).

For at præcisere den digitale indberetning kan indlejrede RFID-tags hjælpe bygningsbrugeren. Ved at bruge en mobiltelefon med NFC-understøttelse og internetforbindelse til at scanne den fejlbehæftede bygningsdel opnås direkte adgang til den relevante indberetningsformular. En skitse af dette scenarie er vist på figur 4-13.



Figur 4-13 Indberetning af fejl via mobiltelefon med NFC-understøttelse. Bygningsdel scannes for RFID-tag, link i det indlejrede RFID-tag refererer til den korrekte indberetningsformular. På baggrund af stamdata om bygningsdel, fejlbeskrivelse og evt. vedhæftet foto kan D&V-organisationen igangsætte korrekt og effektiv fejludbedring.

Optimal værdi af en sådan løsning forudsætter organisering af alle D&V-opgaver og den samlede bygningsmasse i et CAFM-system som skitseret i afsnit 4.4.1.

4.4.4 Digitalisering af procedurer for lejerskifte

Procedurerne forbundet med ind- og fraflytningssyn kan med fordel digitaliseres. Herved opnås entydig læsbarhed af ind- og fraflytningsrapporter, således disse bliver anvendelige som dokumentation. Ved at anvende indlejrede RFID-tag, kan beskadigede bygningsdele hurtigt tilføjes som skitseret i afsnit 4.4.3, og nødvendigt vedligehold i forbindelse med lejerskifte kan registreres og igangsættes. På baggrund af stamdata om de enkelte bygningsdele kan der hurtigt skabes et overblik over mængder, hvormed fraflytter kan få opgjort det økonomiske mellemværende straks.

Igen forudsætter løsningen en fast struktur på og fyldestgørende registrering af D&V-data, dette kunne eksempelvis opnås ved at indføre et CAFM-system som foreslået i afsnit 4.4.1.

4.5 Problemafgrænsning

Som skitseret i afsnit 4.4.1 findes der allerede løsninger til at strukturere bygningsmassen og tilhørende D&V-opgaver, det videre arbejde hermed omfatter således hvorfor dette emne ikke behandles nærmere.

Det videre arbejde med en fælles international standard for udveksling af D&V-data ligger uden for dette projekts rækkevidde, og kræver desuden medvirken fra en langt bredere aktørgruppe.

Markedet vurderes knapt modent til at udvikle og afprøve en løsning til digital indberetning af oplevede fejl fra bygningsbrugerne. Mobiltelefoner med NFC-understøttelse har endnu begrænset udbredelse på markedet, og en løsning som skitseret i afsnit 4.4.3 forudsætter at bygningsbrugerne har adgang til en sådan. Endvidere er bygningsbrugerne kun indirekte repræsenteret i dette studie, hvorfor denne løsning ikke uddybes yderligere.

Digitalisering af flyttesyn og de tilhørende arbejdsprocesser som beskrevet i afsnit 4.4.4 har et umiddelbart potentiale i form af den øgede validitet af dokumentationen til gavn for både lejer og udlejer, sidstnævnte vil desuden få mulighed for hurtigere afklaring på økonomisk mellemværende ved fraflytning. En RFID-baseret løsning vil udelukkende kræve, at medarbejdere i D&V-organisationen har en RFID-læser til rådighed, og der findes pt. brugbare hardwareløsninger på markedet.

4.6 Problemformulering

På baggrund af ovenstående argumentation, opstilles følgende konkrete problemformulering, som danner grundlag for projektets afsluttende produktudvikling:

Hvorledes udvikles og implementeres et RFID-baseret system til digital registrering i forbindelse med lejerskifte.

5. Prototypeudvikling

Indledningsvist opstilles et fremtidsscenario, dette vil give indblik i den fremtidige arbejdsproces for flyttesyn i forbindelse med leyerskifte. På baggrund af scenariet opstilles efterfølgende en model for det virtuelle brugermiljø, der skal støtte den nye arbejdsproces.

5.1 Fremtidsscenario

Scenariet er fremlagt som en historie. Her møder vi fraflytteren fru Olsen og varmemester Meyer fra Boligselskabet Udlejning. En skitse af forløbet er vist på figur 5-1.

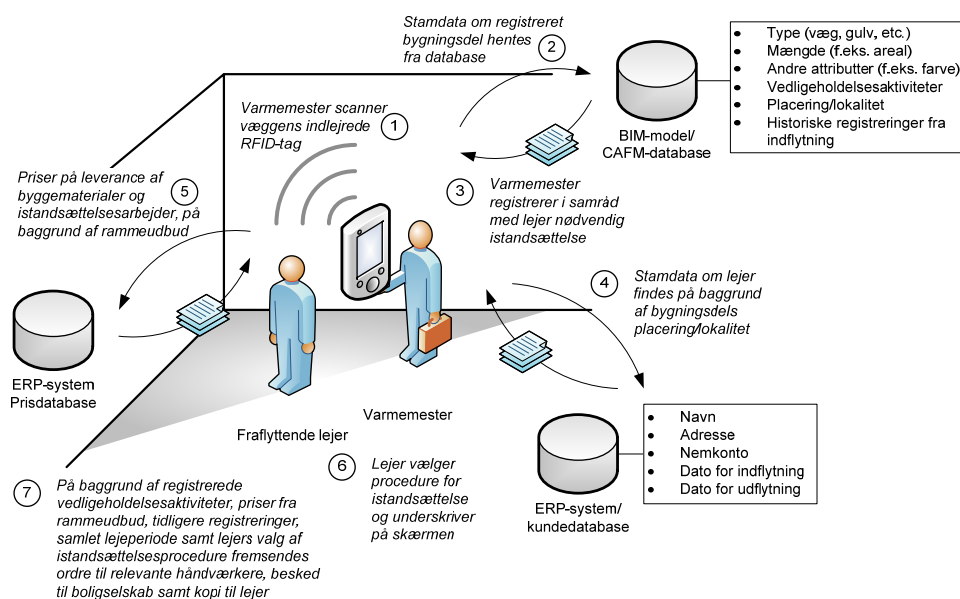
Familien Olsen har besluttet sig for at flytte på landet og har derfor opsagt deres lejebolig i Boligselskabet Udlejning. Familien Olsen har boet i lejligheden i fire år. Lejligheden skal istandsættes til den kommende lejer, og fru Olsen har aftalt tid for et fraflytningssyn, hvor det skal afgøres, hvilke bygningsdele der skal vedligeholdes.

Varmemester Meyer møder op i den nu tomte lejlighed, hvor fru Olsen venter som aftalt. Meyer har medbragt sin mobiltelefon med indbygget RFID-læser, og sammen gennemgår de lejligheden rum for rum. I entréen skal to af væggene males, i den ene skal der ydermere lappes huller og endelig skal gulvet lakeres. Meyer scanner bygningsdelenes indlejrede RFID-tag en for en med sin mobiltelefon, og for hver scanning får han mulighed for at vælge de relevante vedligeholdelsesopgaver. Disse er bestemt ud fra en central database over boligens bygningselementer med dertilhørende vedligeholdelsesopgaver. Han markerer, at den ene væg skal males, at den anden skal have lappet huller og dernæst males, samt at trægulvet skal slibes og lakeres. På tilsvarende vis tilføjer Meyer bygningsdele, der skal vedligeholdes, i de øvrige rum. For nogle bygningsdele tilføjer Meyer desuden et foto samt en kort beskrivelse som dokumentation for den observerede tilstand. Da de har gennemgået alle rum kan Meyer præsentere fru Olsen for en oversigt over de vedligeholdelsesarbejder, som skal udføres inden en ny lejer kan flytte ind.

Boligselskabet Udlejning har indgået en rammeaftale for malerarbejde med Malermester Johansen og gulvslibning med Storby Gulvservice, og fru Olsen kan derfor straks få en pris på istandsættelsen såfremt Boligselskabet Udlejning skal stå for det. Boligselskabet Udlejning betaler 1 % af istandsættelsesomkostningerne for hver måned lejer har boet i lejligheden – familien Olsen er derfor berettiget til 48 % i tilskud fra boligselskabet, dette fratrækkes automatisk i den pris, som fru Olsen præsenteres for. Boligselskabet Udlejning har også lavet en aftale med Byggemarkedet Gør Det Selv, og fru Olsen kan

derfor også vælge at få de nødvendige materialer leveret derfra. Endelig kan hun i overensstemmelse med lovgivningen vælge selv at forestå hele arbejdet inkl. materialebestilling. I forbindelse med familiens indflytning for fire år siden blev det registreret, at gulvet i entréen var medtaget af ridser, hvorfor dette vedligeholdelsesarbejde også fratrækkes i prisen.

Fru Olsen vælger at Boligselskabet Udlejning skal varetage istandsættelsen, og underskriver denne aftale direkte på vicevært Meyers mobiltelefon. Herefter går der besked til Boligselskabet Udlejning om at tilbageføre familien Olsens depositum fratrukket deres andel af istandsættelsesomkostningerne. Der sendes også en ordre direkte til Malermester Johansen og Storby Gulvservice med mængdeangivelser på baggrund af registreringerne, ligesom familien Olsen får tilsendt en kopi af opgørelserne via e-mail.



Figur 5-1 Fremtidige arbejdsprocesser forbundet med fraflytningssyn.

5.2 Brugermiljø

Det er valgt at udvikle prototypeløsningen til en mobiltelefon, da dette værktøj er familiært for varmemesteren – samtidig var det muligt at få en mobiltelefon med RFID-læser stillet til rådighed. Det vurderes hensigtsmæssigt at basere sig på et værktøj, som allerede anvendes i brugernes daglige arbejde.

Brugermiljøet opbygges, så det naturligt støtter arbejdsprocesserne beskrevet i afsnit 5.1 og skitseret på figur 5-1.

Udviklingen af brugermiljøet gennemføres med udgangspunkt i Contextual Designs model for brugermiljømodellering (Beyer & Holtzblatt 1998). Hvert

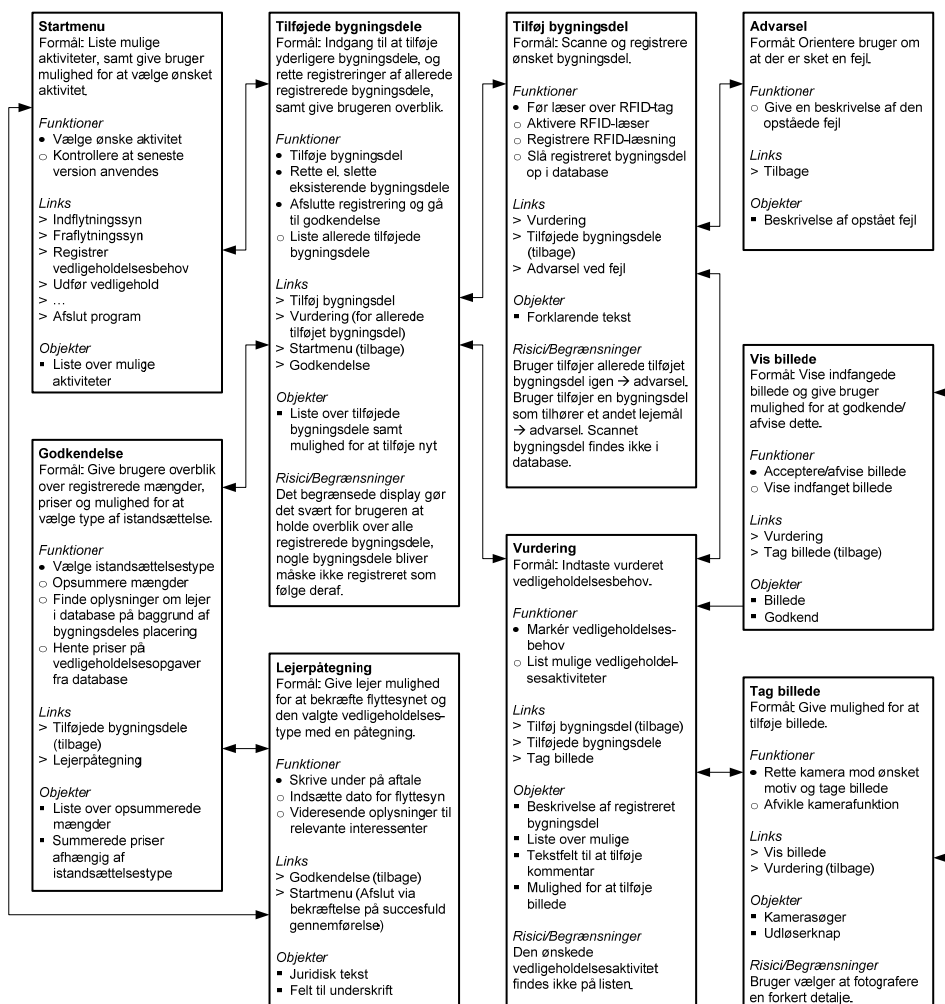
fokusområde i systemet repræsenteres ved en kasse, hvori der angives et navn, en kort formålsbeskrivelse, indeholdte funktioner, links til de øvrige fokusområder, objekter præsenteret for brugeren samt risici/begrænsninger. Et forklarende eksempel er vist på figur 5-2.

Navn på side/menu Formål: Kort beskrivelse af formålet. <i>Funktioner</i> • Funktioner tilgængelig for brugeren ○ Funktioner tilgængelig for systemet <i>Links</i> > Sider hvortil objektet kan navigere <i>Objekter</i> ▪ Objekter vist for brugeren <i>Risici/Begrænsninger</i> Konkrete risici/begrænsninger forbundet med utilsigtet brugeradfærd.
--

Figur 5-2 Element til design af brugermiljø med forklarende symboler (Beyer & Holtzblatt 1998).

Et brugermiljø til afvikling af flyttesyn på en mobiltelefon er optegnet på figur 5-3. Det er forsøgt at udarbejde et brugermiljø, som naturligt støtter de tilknyttede arbejdsprocesser, således anvendelsen bliver naturlig og implementeringen lettere. Således dækker fokusområderne over en løbende overvejelser, som varmemesteren bør gøre i samråd med lejereren, i løbet af flyttesynet. Proceduren for registrering af bygningsdel, vurdering af tilstand samt evt. tilføjelse af foto skal gentages ind til alle vedligeholdelsesberørte bygningsdele er tilføjet. Afslutningsvist præsenteres lejer for et samlet overblik over registreringerne samt en række priser afhængig af procedure for istandsættelse. Dette bevirker, at lejer hurtigt kan få vished om det økonomiske mellemværende med udlejer, som derfor straks kan returnere overskydende depositum eller fremsende ekstraregning i alles bedste interesse. Entreprenører og byggemarkeder vil have interesse i at deltage i et rammeudbud af istandsættelsesopgaverne, da det vil resultere i en fast kunde, og arbejdsmængden kan overslagsmæssigt skønnes af udlejer på baggrund af tidligere års erfaring for lejerskifte.

De bagvedliggende data kan i stort omfang udtrækkes af en BIM-model og/eller CAFM-database. De mulige vedligeholdelsesaktiviteter tilknyttet de enkelte bygningsdelstyper må tilføjes og rammepriser på de respektive arbejder indhentes. Mulige vedligeholdelsesaktiviteter og tilhørende rammepriser kan med fordel gemmes i CAFM-databasen, alternativt må der oprettes en selvstændig database til dette formål.



Figur 5-3 Model for brugermiljø til afvikling af flyttesyn på en mobiltelefon støttet af RFID-teknologi.

Modellen for brugermiljøet danner udgangspunkt for at modellere et decideret brugerinterface op i Java Micro Edition (Java ME), således det kan afvikles på en mobiltelefon. Denne teknologi er valgt, da Java ME kan afvikles på de fleste nyere mobiltelefoner, herunder også nogle modeller med indbygget RFID-læser. Mobiltelefonen stiller dog nogle begrænsninger i form af det lille display og de hardwarebegrænsede navigationsmuligheder. De nuværende arbejdsprocesser for flyttesyn er baseret på simple gennemslagsblanketter med afkrydsningsmuligheder, disse procedurer kan med fordel afvikles på en mobiltelefon i et Java ME baseret brugerinterface.

Til modelleringen af Java ME brugerinterfacet er der anvendt et såkaldt Integrated Development Environment (IDE) – mere konkret NetBeans IDE fra

```

    graph TD
        startMenu[Start Menu] --> godkendelse[Godkendelse]
        startMenu --> succes[Succes]
        startMenu --> tlfjMero[TlfjMero]
        startMenu --> tlfjBygningede[TlfjBygningede]
        startMenu --> vurdering[Vurdering]
        startMenu --> funktionalitetMangler[Funktionalitet Mangler]

        godkendelse --> lejerpategning[Lejerpategning]
        godkendelse --> viaBillede[Via Billede]
        godkendelse --> tagBillede[Tag Billede]

        succes --> godkendelse
        succes --> tlfjMero
        succes --> tlfjBygningede
        succes --> vurdering
        succes --> funktionalitetMangler

        lejerpategning --> godkendelse
        lejerpategning --> succes
        lejerpategning --> tlfjMero
        lejerpategning --> tlfjBygningede
        lejerpategning --> vurdering
        lejerpategning --> funktionalitetMangler

        tlfjMero --> godkendelse
        tlfjMero --> succes
        tlfjMero --> tlfjBygningede
        tlfjMero --> vurdering
        tlfjMero --> funktionalitetMangler

        tlfjBygningede --> godkendelse
        tlfjBygningede --> succes
        tlfjBygningede --> tlfjMero
        tlfjBygningede --> vurdering
        tlfjBygningede --> funktionalitetMangler

        vurdering --> godkendelse
        vurdering --> succes
        vurdering --> tlfjMero
        vurdering --> tlfjBygningede
        vurdering --> funktionalitetMangler

        funktionalitetMangler --> godkendelse
        funktionalitetMangler --> succes
        funktionalitetMangler --> tlfjMero
        funktionalitetMangler --> tlfjBygningede
        funktionalitetMangler --> vurdering
    
```

The diagram illustrates the flow of a mobile application. It starts with a 'Start Menu' (Startmenu) which leads to several commands: 'Godkendelse', 'Succes', 'Lejerpategning', 'TlfjMero', 'TlfjBygningede', 'Vurdering', and 'Funktionalitet Mangler'. Each of these commands has its own set of sub-commands and conditions. For example, 'Godkendelse' leads to 'Lejerpategning', 'Via Billede', and 'Tag Billede'. 'Succes' leads to 'Godkendelse', 'TlfjMero', 'TlfjBygningede', 'Vurdering', and 'Funktionalitet Mangler'. 'Lejerpategning' leads to 'Godkendelse', 'Succes', 'TlfjMero', 'TlfjBygningede', 'Vurdering', and 'Funktionalitet Mangler'. 'TlfjMero' leads to 'Godkendelse', 'Succes', 'TlfjBygningede', 'Vurdering', and 'Funktionalitet Mangler'. 'TlfjBygningede' leads to 'Godkendelse', 'Succes', 'TlfjMero', 'Vurdering', and 'Funktionalitet Mangler'. 'Vurdering' leads to 'Godkendelse', 'Succes', 'TlfjMero', 'TlfjBygningede', and 'Funktionalitet Mangler'. 'Funktionalitet Mangler' leads to 'Godkendelse', 'Succes', 'TlfjMero', 'TlfjBygningede', and 'Vurdering'. The diagram also includes a 'Mobile Device' (Mobil) component with 'Started' and 'Resumed' states, and a 'Funktionalitet Mangler' (Functionalities Missing) component with a 'Via' state.

Det modellerede brugerinterface kan bruges til demonstration med brugerne, og på baggrund af feedback kan systemet efterfølgende tilrettes og forbedres, inden den endelige funktionalitet programmeres.

Brugerne har bidraget med input til prototypeudviklingen, dels via de indledende interviews og opstillede arbejdsmodeller og efterfølgende sparring om ønsket funktionalitet. Det har i indeværende projekt ikke været muligt at finde tid til at afprøve den endelige prototype med brugerne.

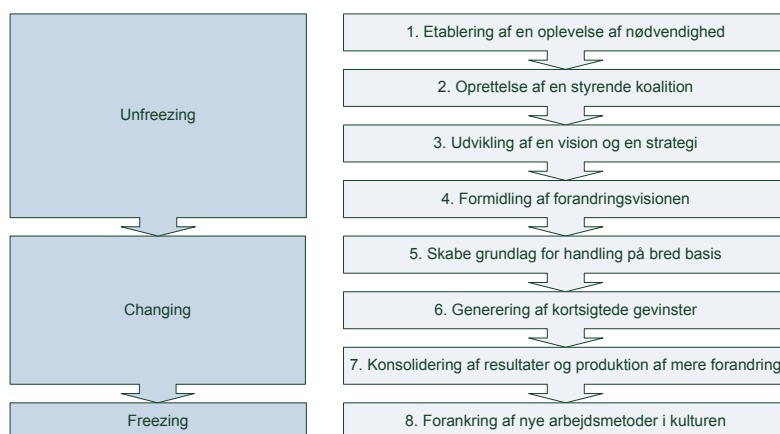


Figur 5-5 Skærbilleder af Java ME brugermiljø afviklet på Nokia 6131 NFC Software Developer Kit (SDK).

6. Implementering

Det sidste men absolut mest relevante skridt i effektivisering og forbedring af arbejdsprocesserne for flyttesyn er implementering og ibrugtagning, af det udviklede system.

Implementering af nye arbejdsprocesser og støtteværktøjer kræver ofte en aktiv ledelsesindsats for forandring. Mange har i gennem tiden opstillet modeller for forandring og forandringsledelse – grundlæggende handler de alle om, at en statisk situation skal blødes op, forandres og på ny stabiliseres. Kurt Lewin udtrykte dette i sin trefase model (Lewin 1951). Andre har siden uddybet de tre faser – en af de mest anerkendte er John P. Kotters ottetrinsproces (Kotter 1999). De to modeller er vist overfor hinanden på figur 6-1.



Figur 6-1 Modeller for forandring, (tv.) Lewins trefase model (Lewin 1951) (th.) Kotters ottetrinsproces (Kotter 1999).

Fremgangsmåden i Contextual Design (Beyer & Holtzblatt 1998) støtter op om filosofierne for forandring. Således benyttes arbejdsmodeller til i dialog med brugerne at tydeliggøre behovet for forandring, den tætte brugerinvolvering hjælper til at skabe en styrende koalition, vision og strategi for forandring udvikles i iterativt samspil med brugerne således de involverede brugere kan være ambassadører for at udbrede visionen til resten af organisationen. Grundlaget for handling og konsolidering af forandringerne opnås via formidling af fremtidsscenarier og afprøvning af prototyper med brugerne. Herved opnås også ejerskab for de nye arbejdsprocesser og støtteværktøjer, således der sikres en forankring i organisationen.

Ved at bruge Contextual Design som framework for systemudvikling, opleves implementeringen som en naturlig følge, da den løbende interaktion med brugerne forbereder organisationen på den følgende omstillingsproces.

6.1 Afprøve løsning med brugere

Et væsentligt skridt på vejen til succesfuld implementering er afprøvning af de foreløbige prototyper med brugerne. Det anbefales derfor at gennemføre flere brugertest sideløbende med den afsluttende programmering, for iterativt at opnå det bedste resultat. I disse brugertest bør bygningsbrugere, og dermed potentielle fraflytter, også inddrages. Til formålet må der opbygges en repræsentativ testdatabase, og udvalgte bygningsdele i et lejemål kan påklæbes RFID-tag.

6.2 Forudsætninger

Som nævnt i afsnit 4.4.4, forudsætter en digitalisering af flyttesyn, at der skabes et overblik over bygningsporteføljen med tilhørende bygningsdele og detaljløsninger. Et sådan overblik eksisterer ikke p.t. i de inddragede organisationer, hvorfor første skridt er en registrering heraf. Dette kan til eksempel ske ved indførelse af et CAFM-system, med mulighed for at importere data fra en BIM-model, som skitseret i afsnit 4.4.1.

7. Konklusion

Rapporten har i den initierende problemstilling i afsnit 1.1 sat sig for at afdække potentialet for effektivisering og forbedring af arbejdet med bygningsdrift og -vedligehold, gennem øget digitalisering og anvendelse af IKT.

Der er gennem afsnit 3, State of the Art, sat fokus på den seneste udvikling inden for området. Det er vist, at der eksisterer flere bud på teknologi, som kan bidrage til at effektivisere arbejdet med D&V af bygninger. Bygningsinformationsmodellering har fundet indpas i byggeriets projekterings- og udførelsesfase båret af arkitekter, rådgivende ingeniører og til dels store entreprenører. Der savnes dog fortsat reel anvendelse i den efterfølgende driftsfase, hvilket primært må tilskrives mangel på en international standard for udveksling af digitale driftsdata.

IFC formatet synes at have banen vejen for udveksling af modeller mellem projekterings- og opførelsesfasens aktører, og buildingSMARTs øgede fokus på FM, må forventes at afføde tilsvarende succes ved overgangen mellem opførelse og drift samt løbende i driftsfasen. De foreløbige resultater fra en række mindre projekter – Ifc-mBomb, FM-10 og COBie – har tydeliggjort aktørernes informationsbehov og foreslået forskellige metoder for udveksling. Dette arbejde bør inddrages i buildingSMARTs videre arbejde med FM-projektet – hvilket også synes at være tilfældet. Desuden er det væsentligt at få entreprenørerne inddraget, da de fremadrettet skal levere informationer om detallosninger, materialevalg mv. til en as-built-model.

RFID-teknologi har stort potentiale, til at fremme kobling mellem de virtuelle BIM-modeller og de fysiske bygningsdele. Det fulde potentiale og investeringsafkast opnås dog først, når teknologien benyttes i alle led i leverancekedden for byggeriets livscyklus. Også her savnes en fælles industristandard, som kan anvendes på tværs af aktører – den valgte teknologi må have en robusthed, som kan modstå det udsatte miljø i opførelsesfasen, og en levetid, der som minimum følger bygværkets.

Gennem casestudierne, er det blevet klart, at de undersøgte D&V-organisationer ikke drager fordel af de eksisterende værktøjer på markedet. Desuden har undersøgelsen afsløret flere u hensigtsmæssigheder i de eksisterende arbejdsgange. I afsnit 4.3.1 er dette opsummeret til fire konkrete problemstillinger: 1) Begrænset overblik over bygningsmassens tilstand og ringe systematik i de tilhørende D&V-opgaver, 2) Begrænset interoperabilitet på tværs af aktørernes CAD-, BIM- og CAFM-systemer, 3) Ineffektiv indberetning og udbedring af fejl og driftsforstyrrelser fra bygningsbrugerne til D&V-organisa-

tionen, og 4) Lang ventetid for økonomisk afklaring ved lejerskifte og manglende validitet af dokumentationen heraf.

Med udgangspunkt i den eksisterende teknologi beskrevet i afsnit 3, er der i afsnit 4.4 foreslået en umiddelbar løsning til de fire problemstillinger, ligesom der er udviklet en detaljeret løsning til digital flyttesyn ved lejerskifte.

Der er i afsnit 5 opstillet en model for et brugermiljø, og efterfølgende udviklet en foreløbig prototype på en Java ME applikation til digital flyttesyn. Foruden systemudviklingen er anbefalinger for efterfølgende implementering gennemgået i afsnit 6.

Det har vist sig muligt at udvikle en brugbar Java ME applikation til digital flyttesyn, og den afsluttende systemudvikling og endelige funktionalitetsprogrammering bør gennemføres i videre dialog med de fremtidige brugere.

Øget digitalisering og fælles standarder for klassifikation har mange gode intentioner, der er dog endnu et stykke vej inden dette forankres i branchen og giver afkast til byg- og driftsherre. Potentialet for en både umiddelbar og langsigtet gevinst er stor i driftsfasen, men samtidig afhængig af at der ikke er svage led i leverancekæden. Aflevering af en opdateret as-built-model er forudsætningen for driftsfasens udbytte af en digitaliseret byggeproces, ligesom det er nødvendigt, at D&V-organisationen vedligeholder data, så en as-maintained-model kan videregives ved bygningsoverdragelse, -forandringer eller nedtagning.

8. Perspektivering

Den tilgængelige mobil-hardware – mobiltelefoner, PDAer og smartphones – er ofte begrænset af et lille display, som ikke egner sig til visning af større diagrammer og tekniske tegninger. Udstyr med større display – tabletpc'er og laptops – er omvendt ofte skrøbeligt, og derfor uegnet til brug i byggebranchens barske miljø.

Der er altså reelt behov for noget udstyr, som er modstandsdygtigt overfor små slag, støv, regn o.lign., kan bidrage med et fornødent overblik ved visning af tekniske tegninger, uden at udstyret bliver for stort og uhåndterligt at medbringe.

En mulig løsning for at efterkomme "One Laptop per Workman" er de robuste men prisbillige One Laptop per Child (OLPC) computere (One Laptop per Child 2010) udviklet til børn i ulande (Sørensen, Christiansson & Svidt 2009b). En mere sofistikeret løsning kunne være en hårdfør tabletpc, som vist på figur 8-1, denne er udviklet af Motion Computing og har, foruden et slidstærkt ydre med en robust skærm, interessante funktioner så som indbygget RFID-læser, strekkodescanner, Wi-Fi, Bluetooth, mobilt bredbånd og kamera (Motion Computing Inc 2010).



Figur 8-1 Den hårdføre Motion F5 tabletpc fra Motion Computing, delvist målrettet byggebranchen (Motion Computing Inc 2010).

Et andet fremtidigt indsatsområde til støtte af D&V-aktiviteter, er indlejrede sensorer, der kan afsløre begyndende svigt/fejl. Dette kan begrænse skadernes omfang og f.eks. forhindre en begyndende fugtskade i at udvikle sig til et skimmelsvamp angreb. Der findes sensorer til overvågning af alverdens parametre, og mulighederne udnyttes også i en hvis grad, f.eks. ved CTS-styring. Omkostningerne forbundet med opsætning og drift af sensorer er dog stadig betydelig, hvorfor hvert enkelt tilfælde må gøres op mod værdien af den øgede indsigt i bygningens tilstand.

Litteraturliste

- Akademiska Hus AB 2005, *Undervisningslokaler Universitetslokaler : Felanmälan*. Tilgængelig fra: <http://www.akademiskahus.se/?id=476> [februar, 2010].
- ARCHIBUS Inc 2010, *ARCHIBUS - Application Overview*. Tilgængelig fra: <http://www.archibus.com/products/applications/> [februar, 2010].
- Bennike, J., Brandt, S. & Lykke-Kjeldsen, N. 2003, *Storytelling i kontekst*, Aalborg Universitet, Aalborg.
- Berger, P.L. & Luckmann, T. 1967, *The social construction of reality A treatise in the sociology of knowledge*, Anchor Books, New York.
- Beyer, H. & Holtzblatt, K. 1998, *Contextual design defining customer-centered systems*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, Calif.
- bips 2006, *DBK 2006 vejledning: Begrebsmodel, klassifikations- og referencesystem*, Ballerup.
- buildingSMART 2009, *Announcing the buildingSMART FM project — buildingSMART*. Tilgængelig fra: http://www.e-buhumc.org/buildingSMART/projects/FM/COBIE2_MVD [februar, 2010].
- buildingSMART 2008a, *FM-10 Commissioning data for facility management from IFC model — IAI Tech International*. Tilgængelig fra: http://www.iaitech.org/projects/ifc_extension_projects/current/fm10 [februar, 2010].
- buildingSMART 2008b, *Information Delivery Manual - IDM*. Tilgængelig fra: <http://idm.buildingsmart.no/confluence/display/IDM/Home> [januar, 2010].
- Centerkontrakt for byggeklassifikation 2003, *Byggeklassifikation - rapport om et centerkontraktsamarbejde*, Teknologisk Institut.
- Civilstyrelsen 2010, *retsinformation.dk - forside*. Tilgængelig fra: <http://www.retsinformation.dk/> [januar, 2010].
- Construction Project Information Committee 2010, *Uniclass*. Tilgængelig fra: <http://www.cpic.org.uk/en/current-projects/uniclass/index.cfm> [januar, 2010].
- Dan Ejendomme 2009, *Dan-Ejendomme Netservice*. Tilgængelig fra: <http://www.dan-ejendomme.dk/> [december, 2009].

- Danmarks Statistik 2010, *Statistikbanken*. Tilgængelig fra: <http://www.statistikbanken.dk/> [januar, 2010].
- Dansk Facilities Management netværk 2010, *Skemaoversigt for købere af IT Systemer til FM*. Tilgængelig fra: http://www.dfm-net.dk/index.asp?page_id=282 [februar, 2010].
- Dansk Facilities Management netværk 2009, *Velkommen til DFM-NET*. Tilgængelig fra: <http://dfm-net.dk/> [januar, 2010].
- Dewey, J. 1938, *Logic : The theory of inquiry*, Henry Holt and Company, New York.
- Digital Konvergens 2008, *Afprøvning af Dansk Bygge Klassifikation (DBK)*.
- DS/CEN 2008, *DS/EN 15221-1: Facility Management - Del 1: Terminologi og definitioner*, Dansk Standard/European Committee for Standardization, Charlottenlund.
- East, E.W. 2010, *Construction Operations Building Information Exchange (COBie) | Whole Building Design Guide*. Tilgængelig fra: <http://www.wbdg.org/resources/cobie.php> [februar, 2010].
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2008, *BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Elmualim, A. & Pelumi-Johnson, A. 2009, "Application of computer-aided facilities management (CAFM) for intelligent buildings operation", *Facilities*, årg. 27, nr. 11/12, ss. 421-428.
- ERAbuild 2006, *RFID in Construction; Review of the current state of Radio Frequency Identification (RFID) Technology, its use and potential future use in Construction*, ERAbuild.
- Evans, R., Haryott, R., Haste, N. & Jones, A. 1998, *The Long Term Costs of Owning and Using Buildings*, The Royal Academy of Engineering, London.
- Flyvbjerg, B. 1988, *Case studiet som forskningsmetode*, Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Aalborg Universitetscenter, Aalborg.
- Gallagher, M.P., O'Connor, A.C., Dettbarn, J.L., Jr. & Gilday, L.T. 2004, *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, Maryland.

- Glaser, B.G. & Strauss, A.L. 1967, *The discovery of grounded theory strategies for qualitative research*, Aldine Publishing Co., New York.
- Ifc-mBomb Project 2005, *Ifc-mBomb Ifc2x IAI IFC*. Tilgængelig fra: http://cig.bre.co.uk/iai_uk/iai_projects/ifc-mbomb/ [februar, 2010].
- Implementeringsnetværket for Det Digitale Byggeri 2010, *Det Digitale Byggeri*. Tilgængelig fra: <http://detdigitalebyggeri.dk/> [januar, 2010].
- International Facilities Management Association 2010, *IFMA: International Facility Management Association*. Tilgængelig fra: <http://www.ifma.org/> [januar, 2010].
- Jaselskis, E.J., Anderson, M.R., Jähren, C.T., Rodriguez, Y. & Njos, S. 1995, "Radio-Frequency Identification Applications in Construction Industry", *Journal of Construction Engineering & Management*, årg. 121, nr. 2, ss. 189.
- Jensen, C.R. & Lemming, J. 2009, *Innovation i byggeriet - barrierer for innovation*, Aalborg University.
- Jensen, P.A. 2006, *Håndbog i facilities management*, 2. udg., Dansk Facilities Management - Netværk, Taastrup.
- Jensen, P.A., Nielsen, K. & Balslev Nielsen, S. 2008, *Facilities Management Best Practice i Norden - 36 cases*, 1. udg., Center for Facilities Management, Danmarks Tekniske Universitet, Kgs. Lyngby.
- Jørgensen, K.A. & Skauge, J. 2008, *Building Models and Building Modelling*.
- Kotter, J.P. 1999, *I spidsen for forandringer*, Peter Asschenfeldts Nye Forlag, Kbh.
- Kuben Ejendomsadministration 2010, *Ejendomsadministration: Sikker og tryk ejendomsadministration*. Tilgængelig fra: <http://www.kuben.dk/ejendomsadministration> [januar, 2010].
- Kvale, S. 1997, *InterView en introduktion til det kvalitative forskningsinterview*, Hans Reitzel, Kbh.
- Lavy, S. 2008, "Facility management practices in higher education buildings: A case study", *Journal of Facilities Management*, årg. 6, nr. 4, ss. 303-315.
- Legner, C. & Thiesse, F. 2006, "RFID-based maintenance at Frankfurt airport", *Pervasive Computing, IEEE*, årg. 5; 5, nr. 1, ss. 34-39.
- Lewin, K. 1951, *Field theory in social science*, Harper and Row, New York.

- Maaløe, E. 2002, *Casestudier af og om mennesker i organisationer forberedelse, feltarbejde, generering, tolkning og sammendrag af data for eksplorativ integration, test og udvikling af teori*, 2 udg., Akademisk Forlag, Kbh.
- Motamedi, A. & Hammad, A. 2009, "Lifecycle management of facilities components using radio frequency identification and building information model", *Journal of Information Technology in Construction*, årg. 14, nr. Særudgave: Next Generation Construction IT: Technology Foresight, Future Studies, Roadmapping, and Scenario Planning, ss. 238-262.
- Motion Computing Inc 2010, *F5 Mobile Field Tool - Rugged Tablet PC*. Tilgængelig fra: http://www.motioncomputing.com/products/tablet_pc_f5.asp [februar, 2010].
- National Research Council Staff 1998, *Stewardship of Federal Facilities : A Proactive Strategy for Managing the Nation's Public Assets*, National Academies Press, Washington, D.C.
- OCCS Development Committee 2010, *OmniClass: A Strategy for Classifying the Built Environment*. Tilgængelig fra: <http://www.omniclass.org/> [januar, 2010].
- One Laptop per Child 2010, *One Laptop per Child (OLPC): Laptop*. Tilgængelig fra: <http://laptop.org/en/laptop/index.shtml> [februar, 2010].
- Onuma Inc 2010, *Onuma - Onuma System*. Tilgængelig fra: <http://onuma.com/products/OnumaPlanningSystem.php> [februar, 2010].
- Østergaard, P.H. 2009, *Nu skal DBK gøres færdigt*, bips, Ballerup.
- Robert Stephen Consulting 2009, *MicroView*. Tilgængelig fra: <http://www.microviewfm.com/home/index.html> [februar, 2010].
- Sabroe, H., Johansen, J., Fage, N., Christensen, L., Buchardt, L., Emborg, J., Christiansson, P., Carlsen, H. & Jensen, P.A. 2006, *Bygherrekrav - Digital Aflevering. Kravspecifikation - revision 2*, Det Digitale Byggeri. Erhvervs- og byggestyrelsen.
- Senate Properties 2010, *Senaatti-kiinteistö - Senate Properties' BIM requirements 2007*. Tilgængelig fra: <http://www.senaatti.com/document.asp?siteID=2&docID=517> [januar, 2010].

- Sørensen, K.B., Christiansson, P. & Svidt, K. 2009a, "Ontologies to Support RFID-Based Link between Virtual Models and Construction Components", *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, , nr. Early view.
- Sørensen, K.B., Christiansson, P. & Svidt, K. 2009b, "Prototype development of an ICT system to support construction management based on virtual models and RFID", *Journal of Information Technology in Construction*, årg. 14, nr. Særudgave: Next Generation Construction IT: Technology Foresight, Future Studies, Roadmapping, and Scenario Planning, ss. 263-288.
- Sørensen, K.B., Christiansson, P., Svidt, K., Jacobsen, K. & Simoni, T. 2008, "Radio Frequency Identification in Construction Operation and Maintenance : Contextual Analysis of User Needs", *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering : International Conference on Information Technology in Construction* Beijing, Kina.
- Stephens, J., Leonard, D., Groome, C. & Nisbet, N. 2005, *IFC Model Based Operation and Maintenance of Buildings - Assessment Study*, IFC mBomb Project.
- Strauss, A. & Corbin, J. 1990, *Basics of qualitative research : grounded theory procedures and techniques*, Sage, Newbury Park, Calif.
- Teknisk Forvaltning AAU 2009, *Teknisk Forvaltning - Aalborg Universitet*. Tilgængelig fra: <http://adm.aau.dk/teknforv/index.htm> [december, 2009].
- U.S. General Service Administration 2010, *GSA - 3D-4D Building Information Modeling*. Tilgængelig fra: www.gsa.gov/bim [januar, 2010].
- vintoCON 2009, *VINTOCON :: ArchiFM*. Tilgængelig fra: <http://archifm.com/english/vinto-main.php?cmd=111> [februar, 2010].

