

Aalborg Universitet



Digitalisering af det eksisterende byggeri

Sørensen, Nils Lykke; Øien, Turid Borgestrand

Publication date:
2010

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Sørensen, N. L., & Øien, T. B., (2010). *Digitalisering af det eksisterende byggeri*, Nr. 721-141, 76 s., jul. 09, 2010.

General rights

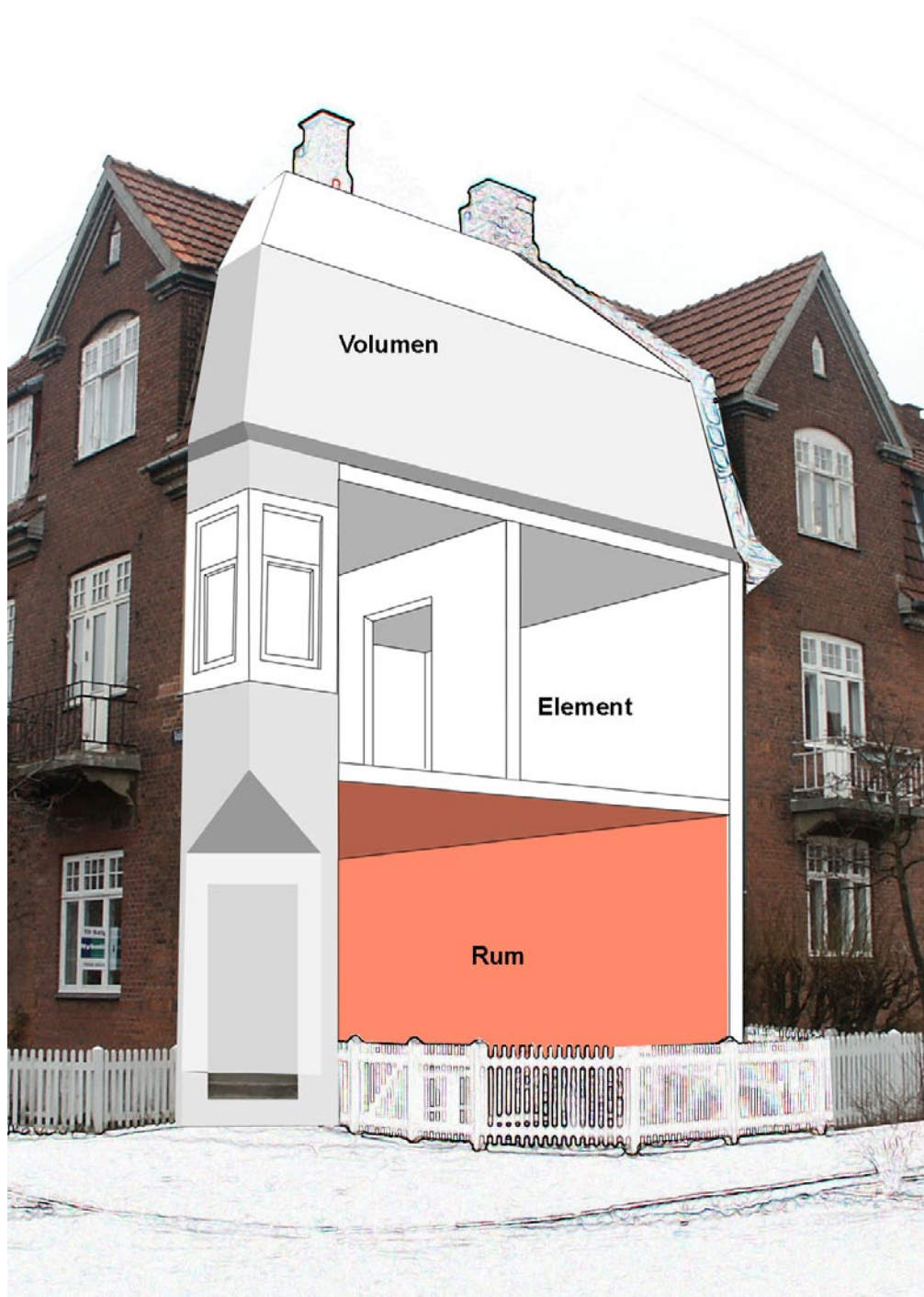
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Digitalisering af det eksisterende byggeri



Digitalisering af det eksisterende byggeri

Nils Lykke Sørensen
Turid Borgestrand Øien

Titel	Digitalisering af det eksisterende byggeri
Serietitel	SBi 2010:57
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2010
Forfattere	Nils Lykke Sørensen, Turid Borgestrand Øien
Sprog	Dansk
Sidetæl	75
Litteratur-henvisninger	Side 47
Emneord	Det digitale byggeri, eksisterende byggeri, 3D model, brugerbehov, BIM
ISBN	978-87-563-1501-2
Tegninger	Nils Lykke Sørensen og Turid Borgestrand Øien
Omslag	Turid Borgestrand Øien
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Dr. Neergaards Vej 15, DK-2970 Hørsholm E-post sbi@sbi.dk www.sbi.dk

Der skal gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

Forord

Erhvervs og Byggestyrelsen har iværksat en analyse af strategier for digitalisering af det eksisterende byggeri. I forbindelse hermed har nærværende rapport sat fokus på tre områder, der belyser fordele og udfordringer ved at digitalisere de danske bygninger. Hvorfor skal vi digitalisere, hvordan kan det gøres, og hvad er omkostningerne, er spørgsmål, der søges belyst gennem analyserne.

Arbejdet har taget udgangspunkt i rapporten *'Digital forvaltning af bygninger fra vugge til grav'* (COWI, 2009).

Det har været i arbejdets ånd at betragte byggeriets digitalisering som mere end en optimering af allerede kendte opgavetyper, og hvor digitale data af eksisterende byggeri måske kunne byde på mere end fx digital projekteringsdata til kommende renoveringsopgaver.

Under arbejdets gennemførelse er der trukket på en række parter, som med stor velvillighed har givet viden og erfaring videre; blandt andre

- Jacob Højbjerg, Peter Birk Hansen og Klaus Kofoed Hansen, Universitets- og Byggestyrelsen
- Marianne Vejen Hansen, Campusbyggechef, Københavns Universitet Amager
- Carl Helge Petersen, Landmåler, Landmålergården
- Søren Buch, Produktions- & Udviklingschef, Blominfo
- Poul Ottosen, LogFM
- Carsten Pietras og Poul Henrik Due, COWI
- Torben Dalgaard og Bent Dalgaard Larsen, DALUX

En stor tak for denne hjælpsomhed.

Rapporten er udarbejdet af seniorforsker Nils Lykke Sørensen og arkitekt Turid Borgestrand Øien.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Byggeri og sundhed
December 2010

Nils-Jørgen Aagaard
Forskningschef

Indhold

Forord	3
Indhold	4
1 Indledning	5
2 Resume	7
3 Grundlag	9
Digital forvaltning	9
Informationsniveauer	10
Teknologi.....	12
4 Anvendelse af digitale data	15
Renovering og tilbygning	16
By- og områdeplanlægning.....	17
Forvaltning af bygningskomplekser	18
Vejvisning.....	19
Komponentidentifikation.....	20
Areal disponering	22
Driftsorganisering	23
Simulering for professionelle.....	24
Simulering for ikke-professionelle	25
Referencebyggeri.....	28
5 Digitaliseringens omfang	33
Omfang af det eksisterende byggeri.....	33
Beregningsmetode for digitaliseringsomkostninger	35
Statslige bygherrers behov	38
6 Diskussion	40
7 Konklusion	44
8 Litteratur.....	47
Bilag A. Interviews	49
Bilag B. Brugerbehov og informationsniveauer	50
Bilag C. Teknologier og metode	63
Bilag D. Incitamenter og barrierer.....	71

1 Indledning

Baggrund

Digitalisering af det eksisterende byggeri er en vanskelig og uendelig opgave. Det giver kun mening at digitalisere eksisterende byggeri, når man har et konkret behov, og da kun at indhente og lagre de informationer, som man strategisk eller konkret har behov for. Denne rapport vil undersøge problemerne og potentialerne ved at digitalisere den eksisterende bygningsmasse, både hvad angår hvilke dele heraf der er relevant at digitalisere, til hvilket niveau, samt de tekniske løsninger dette fordrer. Relevansen ses i forhold til de brugerbehov, der allerede nu kan identificeres, men søger også at inddrage de brugerbehov, der måtte opstå, såfremt der allerede forelå en digital informationsmodel over et eksisterende byggeri.

Forståelsesramme

Digitalisering er ikke bare at overføre alt eksisterende analogt data til digital form, og herefter afvikle en forretningsgang som vanligt. Denne tilgang vil i bedste fald medføre, at arbejdsgangene kan gennemføres hurtigere.

Digitalisering kræver også, at data struktureres anderledes. For byggeriet handler det primært om at byggeriets to grundlæggende datatyper, det tegnede og det beskrivende, bliver to sider af samme sag. Strukturering af data indebærer derved en ændring af de processer, der frembringer data.

Hvor vi i den analoge verden har tegnet byggeri efter givne regelsæt, der på bedst mulig grafisk vis repræsenterede byggeriet, passer disse regelsæt dårligt i en digital fremstillingsproces. Her vil den rummelige digitale, og gerne objektorienterede, bygningsmodel være bedre egnet, fordi data her vil udvide informationsadgangen betragtelig, fx vil mængderne være en integreret del af modellen. Tekst der beskriver byggeriet er ikke digitalt ved alene at foreligge som bits og bytes. Et digitalt billede af en tekstsider er godt nok digitalt, men er analogt i sin natur, og vi kan ikke søge i det dokument på særlige ord og vendinger.

Byggeriet har desuden den særlige udfordring, at dets to datatyper skal bringes i samspil. Det er således ikke tilstrækkeligt fx at kunne søge på bestemte ord og vendinger i de beskrivende dokumenter, vi skal også kunne tilgå disse beskrivelser gennem søgninger i bygningsmodellen.

Med denne tilgang vil byggeriet kunne mere end at optimere fx tidsforbruget, idet netop datafiltrering og udtræk vil gøre data tilgængelig på en ny og unik måde, og ultimativt bringe denne tilgængelighed i anvendelse inden for nye forretningsområder.

Perspektiver

COWI har i sin rapport (COWI, 2009), belyst digitaliseringen af byggeriet i forhold til byggeproces og livscyklus med fokus på, at den digitale forvaltning skal følge byggeriet fra vugge til grav. I den foreliggende rapport bygger digi-

taliseren af det eksisterende byggeri i hovedtræk på tre tilgange; brugerbehov, informationsniveau og teknologi og metode.

Rapportens grundlæggende konklusion ligger i forståelsen af, at digitalisering af eksisterende byggeri er en stor opgave, der kun giver mening, hvis data tilvirkes og anvendes i henhold til dets kompleksitet, samt at virksomhederne og organisationerne bag dataanvendelserne løbende søger nye forretnings- og anvendelsesområder for data.

2 Resume

Det Digitale Byggeri blev igangsat ud fra tesen om, at digitaliseringen ville være et godt forretningsgrundlag for byggeriets parter. Som det blev udtrykt i starten af det nye årtusinde; "vi skal nu skovle guld op". Dette udgangspunkt bør anvendes med omtanke i opgaven med at digitalisere det eksisterende byggeri, idet byggeriets stadig ikke har nået det forventede produktivitetsløft som følge af Det Digitale Byggeri. Nye teknologier vil ikke automatisk generere et produktivitetsløft, og sjældent på den forventede måde.

At skabe en 3D model er ikke et teknisk problem, at fylde relevant ejendomsdata på modellens enkelte dele er muligt, og begge dele er økonomisk overkommeligt. Udfordringen ved digitalisering af den danske bygningsstand handler derfor mere om at 'se' hvad al denne data kan og skal anvendes til, og at udrede om en eksisterende forretningsgang skal optimeres, eller om kombineret data kan give ny information, der kan resultere i nye produkter.

Digitalisering af det eksisterende byggeri introducerer nye brugere og derigennem nye brugerbehov og nye forretningsgange. På baggrund af det enkelte digitaliseringsprojekts brugerbehov formes forretningsgang og valg af teknologi og metode, hvor det er væsentligt, at brugerbehov og den digitale models ydeevne er i overensstemmelse.

Nye brugere og nye brugerbehov

Det Digitale Byggeri har indtil i dag fokuseret på byggeproces og projektering, og henvender sig hovedsaglig til dem der bygger. Bygningernes livscyklus omfatter de seks faser fra vugge til grav: idéfasen, projekteringsfasen, byggesagsbehandlingen, anlægsfasen, driftsfasen og demonteringsfasen. En digitalisering af det eksisterende byggeri handler ikke kun om tilgængelighed af data, når samme byggeri skal ombygges og renoveres, men også om bygningernes brug, herunder både en administrativ tilgang og den daglige drift og anvendelse. Derved indbefatter gruppen af brugere for de digitale modeller såvel driftsherrer, bygningens ejere og dens lejere, de projekterende og håndværkeren samt bygningens daglige brugere som fx et universitetsstuderende.

Som med alle nye metoder og teknologier er hverken nyhedsværdien eller selve løsningen gangbar, hvis den ikke adapteres af brugerne. Brugere kræver, at det nye er synligt, forståeligt og et bedre alternativ end den gamle løsning. Digitaliseringen af byggeriet har i det sidste 10 år været sat højt på dagsordenen, men har også været præget af en stadig stigende teknisk kompleksitet. At det tidligere let forståelige verdensbillede af at byggeriets tegningsmateriale fremover skulle erstattes af en 3D digital model holder ikke mere. BIM er ikke bare en rummelig grafik, men en datamodel med meget høj kompleksitet, der kræver andre opfattelser, end en repræsentation af det fysiske bygværk.

Det handler kort sagt om, at alle potentielle brugere af digitale modeller let kan navigere mellem egne organisationer og komplekse data i en digital bygningsmodel, og bringe disse to størrelser i samspi, med såvel optimere som nye forretningsområder som resultat.

Informationsniveauer

I det eksisterende byggeri vil brugerbehovet og den teknologiske anvendelse variere i den enkelte sag. Ved at fastsætte informationsbehovet for den aktuelle løsning, vil der spares tid og ressourcer ved både digitalisering og implementering. Kategorisering af brugerne og niveauerne af deres informationsbehov tydeliggør, hvilke behov man har, og hvilke udtræk der ønskes af digitaliseringen. Informationsniveauerne omfatter den digitale models indhold og præcision i både den rene geometri og de tilhørende objektinformationer (fx egenskaber der beskriver pågældende objekt). I rapporten anvendes tre informationsniveauer: volumenmodel, bygningsdelsmodel (rum og elementer) og komponentmodel.

Teknologi

Når byggeriets parter står foran en opgave med at digitalisere et eksisterende byggeri, skal de vælge de bedst mulige løsningsmetoder. Det er her af afgørende betydning at have kendskab til, hvad teknologien og dets metoder egentlig kan levere. Alternativet er, at man går glip af mere effektive løsninger.

Det er i dag tale om to måder at fange data over det byggede: ved overfladescanning eller ved manuel modellering. Overfladescanninger er den almindeligste og mest udbredte metode for bygningsmodellering i stor skala. Disse modeller giver ingen informationer om bygningsdele og er som sådan alene visuelle modeller, hvor objektinformationerne manuelt bliver tilføjet. Fra denne model til den mere detaljerede bygningsmodel, er der altså et godt stykke vej. Datafangstmetoden for den første modeltype er utilstrækkelig for den anden, hvorfor det er essentielt, at inden metoden vælges sammenstemmes modellens detaljeringsniveau med dens anvendelse. Først efter metodevalget kan udredningen af omkostningerne igangsættes.

Incitamenter og barrierer

En stor barriere for at introducere noget nyt er manglende kendskab og modstand mod dette nye. Herefter følger usikkerhed for de økonomiske og tekniske udfordringer; kan det betale sig, har vi kompetencerne mv., samt manglende kendskab til teknologien og dens potentialer blandt slutbrugerne. Det er en barriere ikke rigtig at kunne se, hvilke nye produkter en ny teknologi kan medføre, men samtidig er netop disse produkter et incitament, omend vi ikke helt kan se dem endnu. Barriere og incitament hænger sammen, hvilket er søgt argumenteret i konklusionskapitlet.

3 Grundlag

Digital forvaltning

I Rapporten '*Digital forvaltning af bygninger fra vugge til grav*', har (COWI, 2009) kvantificeret en række potentielle gevinster for en fremtid, hvor alle bygningsinformationer foreligger i intelligente og digitale formater. Informationerne strækker sig fra regelsæt og love, over miljø og forsyningskilder til lokalplaner og matrikelkort.

Ved at have adgang til denne informationsverden er de potentielle gevinster, i henhold til rapporten, fordelt på en række behandlede områder, der samlet set giver den offentlige sektor en årlig gevinst på lidt over 1,4 mia. kr. pr. år, og den private sektor en gevinst på lidt under 16 mia. Samlet set peges på en gevinst i omegnen af 17 mia. kr. pr. år; se tabel nedenfor:

Potentielle økonomiske gevinster	Offentlig sektor mio. kr./år	Erhverv mio. kr./år	Samlet mio. kr./år
Digitalisering af informationer i byggeprocessen (erhvervsbyggeri)		50	50
Anvendelse af BIM-modeller i byggeprocessen	110	2.590	2.700
Sparet arbejdstid til byggesagsbehandling	150		150
Sparet ventetid hos bygherren	10	160	170
Anvendelse af digitale styklister		400	400
Sammenlægning af diverse tilsyn og ordninger	5	40	45
Bortfald af energimærkeordning ved ejendomshandel	10	240	250
Bedre arealudnyttelse	500	5.700	6.200
Effektivisering af vedligehold	575	6.300	6.875
Digitalisering og opmåling i vedligeholdelsesprocessen	30	310	340
Total	1.390	15.790	17.180

Tabel 1 Potentielle økonomiske gevinster, som angivet i (COWI,2009).

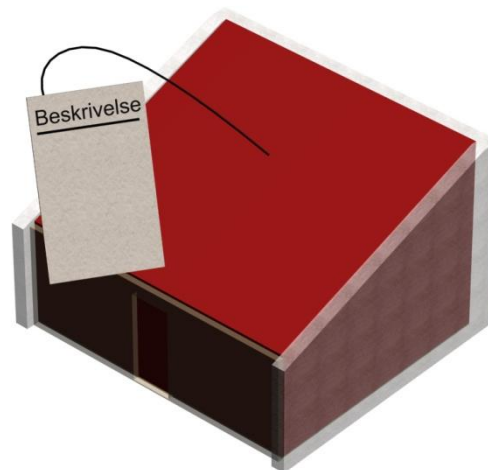
Gevinsterne er udtryk for de fordele bygningssejer og branchens aktører kan opnå og forudsætter optimeringer af gældende praksis. Der henvises desuden til, men regnes ikke på, at implementering af hele systemet vil medføre ændrede organisationsforhold og forretningsgange.

Der er i det efterfølgende fokuseret på udfordringerne ved at fange data i specielt bygningsfysikken, hvilket indbefatter omkostninger i relation hertil.

Informationsniveauer

Modellers informationsniveau er plastiske størrelser, idet behovet for informationer afgør modellernes informationsindhold. Da behov varierer, selv undervejs i et projekt, vil modellerne ofte bestå af objekter med forskelligt informationsniveau.

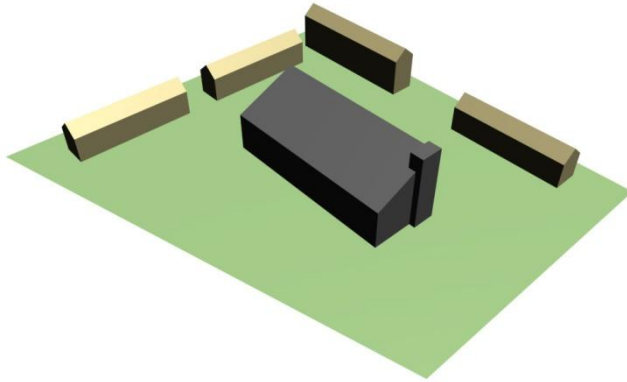
Inden man går gang med at producere en digital bygningsmodel, er det vigtigt, at man vurderer, hvor denne i sidste ende skal anvendes, og hvem der er brugerne. De aktuelle brugerbehov fordrer modeller af varierende detaljeringsgrad og ydeevne, der kan være afgørende for modelleringens omfang og størrelse; hvis den digitale bygningsmodel fx skal bruges til at strukturere en arealdisponering, vil det være spild af tid og ressourcer at digitalisere til højeste niveau og detaljeringsgrad. I et eksisterende byggeri kender man bygningsfysikken, og den digitale bygningsmodel er en repræsentation af det allerede byggede. Denne digitale repræsentation af byggeriet kan variere i abstraktionsniveau og detaljeringsgrad, hvorfor informationsniveauer bliver brugt til, inden digitaliseringen går i gang, at definere, hvor konkret specificeret de geometriske byggeobjekter skal være, og hvilke objektinformationer der skal indgå i modellen.



Figur 1 Den digitale model indeholder både geometri og yderligere objektinformationer om denne geometri

For at lette de tidlige beslutningsprocesser og videre igangsætning af digitaliseringen er det her valgt at operere med tre informationsniveauer; volumen, rum og komponenter. De tre niveauer er en forenkling og sammenfatning af de informationsniveauer anvendt i projekteringsmodeller og kan i hvert niveau underbygges i flere bestanddele (se Bilag B. Brugerbehov og informationsniveauer).

Niveau 1: Volumen



Figur 2 Volumenmodel.

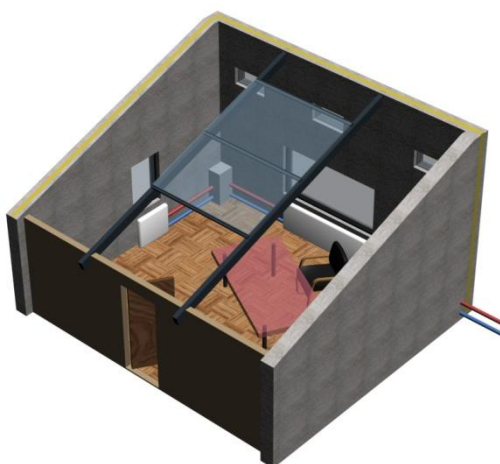
Volumenmodellen er den simpleste bygningsmodel og geometrien repræsenterer det samlede bygningsvolumen. Objektinformationerne, der anvendes i volumenmodellen, vil være informationer, der gælder hele bygningsvolumenet, fx adresse, parceller, opførelses år, bebygget areal og antal etager bestanddele (se Bilag B. Brugerbehov og informationsniveauer).

Niveau 2: Bygningsdele



Figur 3 Bygningsdelsmodel.

Bygningsdelsmodellen består hovedsagelig af Rum og Elementer, hvor elementerne repræsenterer hovedbygningdele, som vægge, gulv og trapper på et generelt plan, og samtidig de rum disse elementer danner. Objektinformationer der knyttes til bygningsdelsmodellen vil være beskrivende for bygningsdele (væg, gulv, trappe etc.) eller rummets funktion (køkken, badeværelse etc.).



Figur 4 Komponentmodel.

Komponentmodellen er detaljeret og specificeret, så bygningsdelene repræsenterer de konkrete bygningsdele, der er anvendt i byggeriet. Sammensatte bygningsdele er defineret i detalje og beskriver dens opbygning; en væg er specificeret i konstruktion, føringsveje, isolering, membran og beklædning. Objektinformationer i komponentmodellen vil være egenskabsdata på komponentniveau eller beskrivende aktivitetsbeskrivelser for rumfunktionerne.

Teknologi

Når et eksisterende byggeri skal omsættes til en digital model, kan dette ske ved to grundlæggende fremgangsmåder. Enten modelleres byggeriet by-hand, eller der benyttes en fotogrammetrisk metode. Begge metoder kan gennemføres med forskellige teknikker, og der findes en lang række blandingsmetoder (se yderligere Bilag C Teknologier og metode).

Inden fremgangsmåden bestemmes, er det afgørende vigtigt, at resultatets anvendelse er klarlagt. Informationsniveauerne er i denne forbindelse et værktøj, der ud over at hjælpe til at vælge/bestemme et valg af teknisk metode, også kan benyttes som guide i afklaringen af nytteværdien. Der er ikke entydighed mellem en models informationsniveau eller detaljeringsniveau og valget af metode for dets frembringelse, men det kan hjælpe til at indkredse valget af teknologisk løsningsmodel.

De to teknologiske fremgangsmetoder understøtter begge øvelsen i at frembringe en geometrisk form. Enten modelleres byggeriet direkte i et CAD program ud fra fx eksisterende tegninger, eller også skabes modellen vha. fx en laserscanner. I begge tilfælde er slutproduktet et geometrisk objekt. Det frembragte geometriske objekt har, uagtet metode, ikke nogle informationer tilknyttet, eksempelvis objekternes bygningsdeles tilhørsforhold. Denne type af information skal stadig knyttes til det/de geometriske objekt(er) på anden vis.

En mulighed for automatisk at fange andre informationer end den geometriske form er vha. indlejret teknologi. Det vil dog kræve, at de enkelte objekter har indbygget en chip, der indeholder informationer om objektet. Dette er en teknologi, der er tilstrækkelig udviklet til at bringes i anvendelse, men når vi taler om digitalisering af eksisterende byggeri, taler vi hovedsageligt om en verden uden chips.

Det er teoretisk muligt at udvikle metoder, hvormed fx mønstergenkendelse kan danne grundlag for opslag i materialeproducenternes databaser og derigennem få adgang til informationer, der er knyttet til det objekt, der er genkendt. Udover at denne teknologi ikke står lige foran en implementering, er der desuden den store udfordring, at skal byggeriet understøttes af en teknologi af denne art, er informationsstruktur stadig ikke tilstrækkelig udviklet.

Den første og umiddelbare forestående opgave er at fange de geometriske data og sikre, at disse lægges i en struktur og et format, der er sikret i henhold til byggeriets parterers behov, brugernes anvendelse samt er fremtidssikret vedr. den overskuelige tekniske udviklings horisont. Denne opgave er mildest sagt kolossal, idet Danmark har ca. 2.5 mio. bygninger (se kapitel 5 *Digitaliseringens omfang*).

I en grov inddeling kan de tre bygningsmodelniveauer sættes op med de teknologier, hvormed data fanges. I praksis vil der ofte kunne forekomme sammenblandinger og overlapninger af typerne.

Volumenmodeller

Volumenmodellen af en bygnings ydre skal, er alt andet lige den mest simple model, da den optimalt set kun består af ét objekt. I henhold til de forskellige fremgangsmåder kan volumenmodellen genereres ved enten en fotogrammetrisk metode, hvoraf laserskanning er 'cutting edge'-teknologi, eller ved at bygningsskallen modelleres i fx et CAD-program.

Laserskanninger kan gennemføres på store områder og mange bygninger i én operation. Dette kan fx gøres ved en overflyvning. Resultatet heraf er en såkaldt punktsky, der imidlertid skal efterbehandles. Der findes software, der understøtter efterbehandlingen, fx ved at binde punkterne sammen til overflader, og på anden måde rydde op i punktskyen. Skanninger gennemføres med en til formålet bestemt detaljeringsgrad, og jo mere fintmasket skanningen gennemføres, jo bedre bliver resultatet, men tilsvarende er der flere punkter at rydde op i. Skanninger, der gennemføres vha. overflyvninger, vil have problemer med at fange data, der er skjult, fx forårsaget af tagudhæng.

Volumenmodellen, der oparbejdes alene i fx et CAD-program, er afhængig af tegningsmateriale, der skal være opdateret. Eksisterende byggeri foreligger sjældent med helt opdaterede tegninger, hvorfor det kan være nødvendigt at tage ud til det faktiske byggeri og få verificeret materialet.

Volumenmodellens påhæftede informationer vil typisk være BBR-oplysninger, eje/lejerforhold mv.

Bygningsdelsmodeller

Bygningsdelsmodellen er en nedbrydning af volumenmodellen. Hvor volumenmodellen bestod af ét objekt, vil bygningsdelsmodellen bestå af en serie objekter, der er rubriceret i henhold til byggeriets faktiske bygningsdele.

Afhængig af anvendelsesbehovet vil antallet af bygningsdele variere. På øverste niveau tales om hovedbygningsdele, der separerer bygningshoveddele. Det vil typisk være facader, skillevægge, vinduer, døre mv. Til hovedbygningsdele hører tillige rummene, der igen adskilles i fx kontor, gang, trapper, toilet og lig. Typisk vil antallet af hovedbygningsdele for et normalt byggeri ligge et sted under 100 poster.

Ved en skanning, der skal resultere i en bygningsdelsmodel, skal skanningen af bygningen gennemføres såvel indvendig som udvendig. Resultatet skal gennem en større efterbehandling end volumenmodellen, idet hvert en-

kelt skannet objekt skal identificeres og rubriceres i henhold til bygningsdelsskemaet.

Samme rubricering er nødvendig, såfremt modellen gennemføres direkte i et CAD-program. Dette sker imidlertid ikke i efterbehandlingen, men samtidig med skabelsen af modellen. Også her kræves et godt og opdateret tegningsmateriale, der evt. skal verificeres.

Komponentmodeller

Komponentmodellen kan betragtes som en udbygget bygningsdelsmodel, hvor hvert objekt i bygningen er at finde i bygningsmodellen. Den væsentligste forskel mellem bygningsdels- og komponentmodel ligger mere i mængden af information, knyttet til det enkelte objekt end i antallet af objekter.

Ultimativt vil komponentmodellen være lige så kompleks som det virkelige byggeri, hvorfor det også her vil være nødvendigt at finde et abstraktionsniveau, der bringes i overensstemmelse mellem anvendelsen og omkostningerne til modellens frembringelse. En typisk forskel mellem de to modeltyper kan illustreres ved et vindue. Hvor bygningsdelsmodellen kan have et vindue modelleret som en rektangulær kasse, vil komponentmodellen, i sin mest ekstreme form, have modelleret sprosser, fugebånd, lister mv. Da denne opgave nærmer sig det umulige, vil komponentmodellen typisk kunne læses ved at lade den rektangulære kasse pege ned i en database, fx materialeproducentens. Alle vinduer af samme type i bygningen, vil derfor pege ned til ét objekt.

Udfordringen for komponentmodellen er derfor ikke så meget, hvordan den geometriske form skabes, men mere hvordan informationsstrukturen, og ansvaret herfor, er defineret. Som udgangspunkt er problemstillingen med datafangsten grundlæggende den samme som i bygningsdelsmodellen.

4 Anvendelse af digitale data

Digitalisering af eksisterende byggeri kan initieres gennem lovkrav i forbindelse med renovering, ombygning/tilbygning eller ved køb og salg af bygninger, men ofte vil der umiddelbart være et incitament blandt byggeriets parter til at skabe digitale data om det eksisterende byggeri i forbindelse med en byggesag. Det kan desuden tænkes, at en digitale models eksistens kan give anledning til nye anvendelser af byggeriets data. Såfremt disse anvendelser kan kapitaliseres, vil det alene blive et incitament for digitaliseringen.

Spørgsmålet der bør stilles er derfor, hvor det vil være hensigtsmæssigt at digitalisere, hvem der umiddelbart vil have glæde af en digital bygningsmodel og til hvilket niveau.

Aktivitet:	Ide / program	Projektering	Udførelse	Teknisk drift	Almen drift	Vedligehold
Volumen	Byplanlægning				Navigering i komplekser	
Volumen / rum					Almen drift	
					Nøgletal anvendelse	
Rum					Vejvisning	
					Arealdisponering	
Rum / element	Simulering ikke-prof.			Nøgletal anlæg	Vejvisning i byggeri	Alment vedligehold
	Reference-byggeri					
Element						
Element / komponent	Simulering prof.	Renovering / tilbygning	Komponent identifikation			
Komponent / rum				Komponent identifikation	Komponent identifikation	Teknisk vedligehold

Figur 5 Anvendelsesområder, modelniveauer og deres placering i byggeriets faser. Almen drift indbefatter brug.

De følgende eksempler dækker en række områder med forskellige brugerbehov, hvor løsningerne er identificeret i de forskellige niveauer, samt hvilke krav den aktuelle løsning stiller til teknologi. Videre skitseres løsningens mulige incitamenter og barrierer og et bud på omkostninger og fordele. Omkostningsdelen er baseret på omkostningsberegningerne i kapitel 5: 'Digitaliseringens omfang' i forhold til teknisk løsninger. Fordelene er nødvendigvis mere vanskelig at beregne, idet der er tale om økonomiske fordele ved fremtidige produkter.

Blandt de følgende eksempler repræsenteres både igangværende initiativer og fremtidsscenarier. Nogle af initiativerne anvender både eksisterende teknologier og eksisterende objektinformationer og ligger derfor lige for, mens

andre kræver udvikling af et eget computerprogram eller en tilpasset brugergrænseflade.

I nedenstående redegør afsnittene 'Ansvar' for, hvem der kan have primær gavn af en modeldigitalisering inden for feltet, og den primære gavn forstås i snæver sammenhæng med dataejerskabet. I en situation med vidensdeling kan dataejerskab let blive et gråzoneområde. Det foreslås derfor, at ethvert tiltag tager højde herfor og klart redegør for det juridiske ejerskab ved at definere, hvem der kan 'låse' data, hvem der kan manipulere data, og hvem der læser data. I sidste ende er det den faktiske dataejer, der tager initiativ til enhver ændring af forretningsmodellen. Disse forhold er søgt adskilt ved at angive ansvaret for hvem, der initierer en evt. indsats (disse har naturligvis også et brugsejerskab) og hvem der som 'Interessent', har det primære brugsejerskab. I eksemplerne udtrykker punktet 'Egenskabsdata' de data, der specifikt ikke kan tegnes eller modelleres, og som er vitale for eksemplet.

De to sidste anvendelseseksempler er hentet fra SBI's projektdatabase og beskrevet noget mere udførende end de foregående eksempler. Dette er delvis igangværende projekter, der tegner et billede af mulige nye forretningsmodeller, der ligger i kølvandet af digitaliseringen.

Renovering og tilbygning

Hvor et eksisterende byggeri skal renoveres eller udvides med en tilbygning, vil det være en fordel for de projekterende, at byggeriet foreligger i en digital form, der lægges direkte til grund for arbejdets udførelse. Da den eksisterende bygningsmasse ikke vil foreligge på komponentniveau, vil dette skulle etableres. Byggeriet kan eventuelt foreligge som en digital elementmodel, hvorfor denne kan udbygges ved at etablere komponentdata på de for renoverings- eller tilbygningsopgaven nødvendige områder. Det kan fx handle om nøjagtige komponentbeskrivelser for de bygningsdele, der skal nedrives eller på anden måde bearbejdes.

Niveau:

Komponentmodel (inkluderer fx skjulte rørføringer) og elementmodel.

Egenskabsdata:

De for sagen nødvendige bygningsdele tilføjes data, der præcist beskriver egenskaberne. Det vil typisk være materialeegenskaber, som fx bæreevne.

Teknologi:

Komponentmodellen kan etableres på baggrund af skanningen med høj opløsning, fx parret med manuel modellering af elementmodellen.

Incitamenter og barrierer:

Incitamentet er det betydeligt bedre registreringsmateriale. Det mere præcise grundlag vil medføre færre projekteringsfejl. Barrieren er at få etableret en rutine, hvormed en registrering kan gennemføres. Såfremt registrering gennemføres vha. eksisterende tegnings- og beskrivelsesmateriale, må det påtænkes, at data skal kvalitetssikres direkte på stedet. Derved indbefatter rutinerne mere og andet end en stillingtagen til, hvordan data fastholdes og/eller overføres til rådgivers centralbeliggende system.

Ansvar:

Rådgiver.

Interessant:

Bygherre.

Omkostninger:

Skal hele bygningsmodellen etableres som komponentmodel vil det indebære meget store omkostninger. Disse kan holdes nede ved kun at etablere komponentdata på de områder, der er nødvendige for den givne opgave, kombineret med rum eller elementer i lavere detaljeringsniveau. De faktiske udgifter er videre afhængige af, hvad opgaven kræver af registrering: gennemføres registreringen efter metoder der fører data direkte over i digital form, vil etableringen af egenskabsdata på komponentmodel ikke være en merudgift, men alene ligge på niveau med en normal registrering. I udarbejdelsen af registreringsmetoder vil det dog være sandsynligt, at omkostningerne hertil vil kunne sænkes. Derfor anslås omkostningerne for situationen til at ligge nær omkostninger for etablering af en elementmodel.

Fordele:

Rådgiver vil kunne gennemføre projekteringen mere præcist, hvilket vil medføre færre projekteringsfejl.

By- og områdeplanlægning

Når nye byområder udvikles, kan det være en stor hjælp for beslutningstagere og rådgivere at have adgang til en 3D model over de eksisterende bygningsvolumener. Bygningsvolumener har eksempelvis været anvendt i beslutningsprocessen i New Yorks bystyre siden starten af 1980'erne, hvor bl.a. bygningshøjder indgår i lokalplanarbejdet. Informationer fra BBR's ejendomsniveau og bygningsniveau kan ligeledes indgå i lokalplansarbejdet. Brugerbehovet fordrer en overskuelig visning af de informationer, der er afgørende for planlægningen. Oplysninger om adresser, bygningstyper, årstal, lovgivning mv. er typiske data, der indgår heri.

Niveau:

Volumenmodel.

Egenskabsdata:

Byggeriets stamdata, fx ejerskab, servitutter og lign.

Teknologi:

Modellen kan etableres på baggrund af scanning eller manuel modellering på baggrund af kort- og tegningsmaterialer.

Incitamenter og barrierer:

Frygten for at modeller af større områder medfører store komplekse systemer er historisk velbegrunderet. Initiativet til arbejdet bør derfor ikke gennemføres fordi vi *kan* gøre det, men fordi vi har brug for det. Hvilket igen må være baseret på kontrol af økonomi, begrænsede mål, vidensdeling fx gennem overordnede organisationer som KL, Statsbygherrerne og lign. Incitamentet må derfor alene bygge på, at anvendelsen er 'bevist' og er synlig inden for mindre og kontrollerede områder.

Ansvar:

Politiske beslutningstagere, developere, bygherrer, mv.

Interessant:

Borger, embedsstand, decentrale ledere i berørte områder.

Omkostninger:

Med udgangspunkt i en laserscanning ligger prisen for den geometriske udførelse af en volumenmodel på omkring 2.500 kr. af bygning på en gennemsnitlig størrelse. Hertil kommer udgifter for manuelt at indarbejde objektinformationer samt drift og vedligehold af systemerne. Regner vi med en faktor 2, vil prisen for digitaliseringen ligge på 5.000 kr. pr. bygningsvolumen (se afsnittet Beregningsmetode for digitaliserings-omkostninger under kapitel 5 Digitaliseringens omfang).

Fordele:

Den digitale model kan fungere som skitseringsværktøj for rådgivere og kan anvendes som beslutningsværktøj for lokalpolitiske strategiske beslutninger. Dette ses bl.a. i anvendelse af bymodeller, der bringes helt ind på borgmesterkontoret. Efterhånden som bymodellerne vil få påhæftet andre informationer end de geometriske, vil omfanget af deres anvendelse samt betydning vokse.

Forvaltning af bygningskomplekser

Byg- eller driftsherrer med ansvar for mange bygninger med få veldefinerede funktioner (fx kontorbyggeri), kan optimere styringen gennem en 'optimal' model (se yderligere under 'Referencebyggerier'), hvor det enkelte byggeri stilles i relation hertil. Byggerier kan hermed sammenlignes uden hensyn til geografisk spredning. En forudsætning er, at det målte (fx driftsomkostninger pr. given enhed) får indbygget en faktor, der udtrykker bundede regionale forskelle. Desuden er det en forudsætning, at alle systemets byggerier organiseres efter samme metode og system.

Niveau:

Rummodel (evt. elementmodel).

Egenskabsdata:

Rumbetegnelser og funktionsbeskrivelse. Desuden skal der foreligge en driftsomkostningstabel.

Teknologi:

Modellerne etableres som beskrevet for rummodeller.

Incitamenter og barrierer:

Styring af bl.a. geografisk spredte byggerier. Modellen skal kunne trække på andet end den geometriske data, ved fx at anlægge en kendt kvadratmeterpris på de i modellerne benyttede rumtyper. Derved åbnes der for transparens af fx driftspriser på tværs af regioner, arealudnyttelser i henhold til bygningstyper mv.

Lokal- eller personalhistoriske metoder og systemer, fx rum nummerering og benævnelser, skal omlægges, hvilket erfaringsmæssigt er mere end en teknisk begrundet anmodning.

Ansvar:

Bygningsejer.

Interessant:

Centrale byg- eller driftsherreorganisationer.

Omkostninger:

Prisen for at manuelt generere en simpel rummodel af et eksisterende byggeri, inklusive forarbejde og overhead, bliver beregnet til 2,0 kr. pr. m² (se afsnittet Beregningsmetode for digitaliseringsomkostninger under kapitel 5 Digitaliseringens omfang).

Fordele:

Gevinsterne vil bestå af effektiviseret og strategisk arealudnyttelse, driftsstyring samt et generelt overblik over det samlede byggeris funktionalitet.

Vejvisning

I offentlige sammenhænge kan en digitaliseret repræsentation af en bygning fungere som informationskilde og formidlingsværktøj for brugerne af bygningen. Dette kan f. eks. være i forbindelse med at finde vej frem til et givent lokale, eller for at lokalisere et produkt eller en person. Brugerbehovet fordrer en guidning gennem bygningen via en lettilgængelig brugeroverflade uden for mange informationer (en mini GPS). En forenklet model med angivelser af rum og rumforløb samt informationer om den pågældende person og/eller lokale.

Niveau:

Rummodel, evt. udvidet med særlige elementobjekt.

Egenskabsdata:

Rumbetegnelser og funktionsbeskrivelse. Bygningens brugere knyttes til de enkelte rum. Til brugerne kan knyttes de nødvendige stamdata, fx kan et lokalt telefonnummer følge enten personen eller rummet.

Teknologi:

Modellen kan etableres på baggrund af tegningsmateriale, hvor højderne ses. Krav til oplysninger om minimum indre mål og dimensioner, samt forløb og anvendelse (ydeevne på rumniveau).

Incitamenter og barrierer:

Vejvisermodellen vil i betragtelig grad øge supportfunktionen i forholdet mellem bygningens brugere og bygningen selv. Denne support vil stige eksponentielt med bygningens kompleksitet. Initiativet til en sådan model har lederen (se 'Ansvar' herunder), og bør ses i sammenhæng med et forretningsmæssigt ønske om at tilbyde byggeriets brugere (eksterne eller interne) denne facilitet.

Hvis beslutning om en vejvisermodel alene tages af byggeriets driftsafdeling, vil dette kunne være en barriere (se i ovenstående vedr. incitament). Hvis byggeriets funktion fx understøttes af en personbemandet desk-funktion, der typisk er en driftsansvarlig funktion, vil driftsafdelingen kunne initiere modstridende hensyn, der ikke tager udspring i et forretningskoncept.

På den tekniske front, vil det være nødvendigt at udvikle et (mindre) stykke software, hvor en driftsmedarbejder løbende kan opdatere funktionsændringer. Da disse ændringer sandsynligvis vil have en langt større hyppighed end bygningsfysiske ændringer, skal dette software kunne betjenes af en person uden specielle it-kompetencer.

Ansvar:

Den ansvarlige leder for virksomheden eller organisationen, beliggende i det pågældende byggeri.

Interessent:

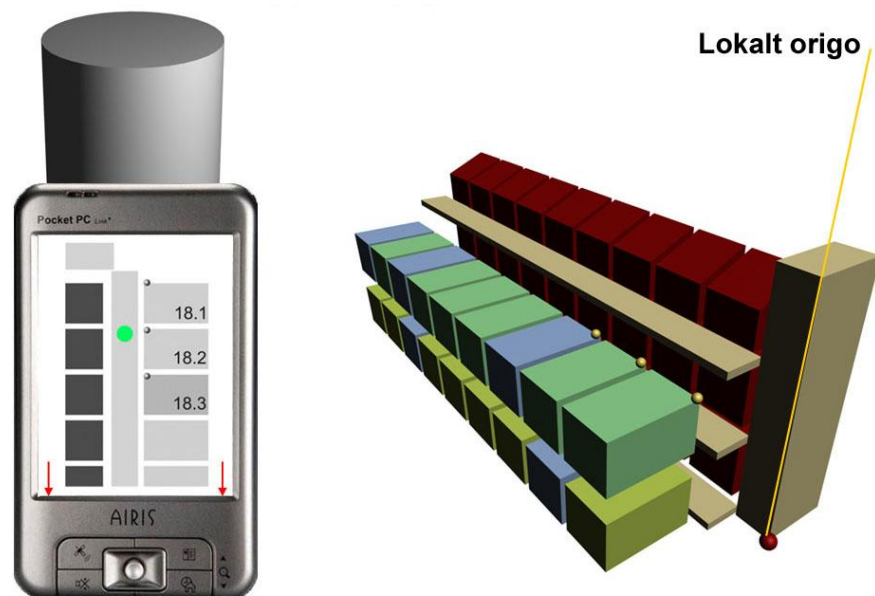
Bygningens brugere; eksterne som interne.

Omkostninger:

Prisen for at generere en rummodel bliver beregnet til 2,0 kr. pr. m² (se afsnittet Beregningsmetode for digitaliseringsomkostninger under kapitel 50 Digitaliseringens omfang). Afhængig af hvor detaljeret angivet eventuelle elementer, fx placering af bøgerne, skal være, vil omkostningerne stige. Her til kommer udgifter for at indarbejde objektinformationer og udvikling af interfacerelateret software.

Fordele:

Systemet vil være af gavn for både ansatte og besøgende da det udgør en optimering af eksisterende digitale katalogsystemer.



Figur 6. Hvor den fysiske bygning er lokaliseret globalt, er fx bygningens rum lokalt lokaliseret. Den lokale origo er samstemmende med BIM-modellen og kan derfor guide brugeren rundt, fx vha. en PDA.

Komponentidentifikation

En udvidet version af vejvisermodellen er identifikationen af komponenter i bygningsmodellen. Denne identifikation indebærer såvel dets placering som dets egenskaber.

Eksempelvis bibliotek, hvor bygningsmodellen udbygges med de benyttede rubriceringer, hvormed bibliotekets indhold (her bøgerne) er organiseret. Hvor grupper af bøger i en given kategori fysisk er placeret, vil her være en del af bygningsmodellen, idet bogen, eller mere sandsynligt grupper af bøger, er modelleret som selvstændige objekter.

På driftsområdet ville bygningsmodellen typiske kunne indeholde vitale tekniske installationer, fx pumper. I dette tilfælde ville bygningsmodellen bestå af en blanding af informationsniveauer, idet rummodellen vil sikre placeringsaspektet og de relevante objekter, her pumperne, ville være modelleret på komponentniveau.

På lidt længere sigt vil fx de tekniske komponenters egenskaber være dynamiske objekter i den digitale bygningsmodel. Fx ved at BIM-modellen løbende opsamler alle pumpes ydeevne, energiforbrug, el. lign. Der vil her være tale om, at den enkelte pumpe, vha. indlejret teknologi, opsamler data og sender disse til BIM-modellen, der ud over at kunne lokalisere den enkelte pumpe også er bærer af dynamiske data. Denne dynamik kan underordnes et interface, således at pumper, der fx er over eller under angivne grænseværdier, afgiver signal om behov for eftersyn.

Niveau:

Rummodel og komponentmodel

Egenskabsdata:

De tekniske installationers relevante egenskabsdata.

Teknologi:

Rummodellen ville etableres som beskrevet under rummodeller.

Afhængig af komponentens natur, ville modelobjektet typisk kunne hentes hos producenten. For tekniske komponenter vil producentens egenskaber typisk følge med objektet, men skal evt. tilpasses anvendelsen.

Incitamenter og barrierer:

Incitamentet for den tekniske

Ansvar:

For de tekniske komponenter vil opgaven for implementeringen være den tekniske driftsansvarlige. For ikke-tekniske komponenter vil ansvaret påhvile den person eller organisation, der har ansvar for den eller de funktioner, anvendelsen understøtter.

Interessent:

For tekniske komponenter vil interessenten umiddelbart være den direkte driftsansvarlige. Driftsorganisationen vil være interessant i den forstand, at medarbejderne har bedre overblik og gives en effektivt lokaliseringsredskab.

For ikke-tekniske komponenter vil interessenten typiske være komponentens bruger. For eksemplet med bøger vil det således både være låneren og bibliotekaren.

Omkostninger:

En simpel rummodel af et eksisterende byggeri, inklusive forarbejde og overhead, bliver beregnet til 2,0 kr. pr. m² (se afsnittet Beregningsmetode for digitaliseringsomkostninger under kapitel 5 Digitaliseringens omfang).

For komponenterne vil der være stor forskel på, om hvorvidt den enkelte komponent, inkl. dets egenskaber, vil kunne hentes fra producenten, eller om de skal modelleres selvstændig samt tilskrives egne egenskaber. Såfremt komponenten kan hentes fra producenten, vil der ikke foreligge behov for egen modellering, men alene blive tale om en placering af komponenterne i modellen. Hvilket imidlertid kræver, at model og komponent er i formatmæssig overensstemmelse. Såfremt modellen primært skal anvendes til at understøtte en håndtering af tekniske komponenter, og at disse kan leveres digitalt fra producenten, vil det derfor være en fordel at tilrettelægge rummodellen herefter.

Fordele:

Den direkte lokalisering af tekniske installationer, evt. i forbindelse med en statisk vedligeholdelsesplan, vil medføre, at driftsorganisationen kan planlægge arbejdet mere hensigtsmæssigt. På længere sigt vil introduktionen af

indlejret teknologi forøge fordelene, idet den statiske planlægning kan ændres til dynamisk vedligehold, når det er nødvendigt.

For ikke-tekniske komponenter vil fordelene ligge i udbud af nye anvendelsesområder.

Arealdisponering

Arealdisponering omhandler det at benytte rummodeller af eksisterende byggeri, og bringe disse modeller i anvendelse for fx bygningens brugere. Eksempelvis når elever og undervisere inden semesterstart bliver fordelt ud på universiteternes og skolernes arealer. Denne arealdisponering foregår med få undtagelser stadig analogt, fx i Excel eller lignende programmer. Samme type af disponeringer findes i andre miljøer, hvor jævnlige rokeringer er et tilbagevendende fænomen.

Behovet fordrer en simpel model, hvor rum og arealer er tilgængelige og kan samkøres med personale og studielisterne, ledere og ansatte og lign. Det er videre behov for, at et sådant system kan opdateres løbende, og at der føres historik.

Niveau:

Rummodel.

Egenskabsdata:

Rumbetegnelser og funktionsbeskrivelse.

Teknologi:

Modellen kan etableres på baggrund af tegningsmateriale. Krav til oplysninger om minimum indre mål og dimensioner. Systemet skal kunne gemme historikken.

Incitamenter og barrierer:

Forbedring af arbejde inden for disponeringer der med udgangspunkt i byggeriets fysiske begrænsninger kræver en tilbagevendende indsats.

Fordelen i systemet er, at bygningsmodellen altid vil være opdateret, og derfor vise de faktisk forhold. Dette vil imidlertid ikke nødvendigvis ændre metoden, hvormed den med ansvar for arealdisponeringen gennemfører arbejdet. Den optimale situation vil derfor være, at bygningsmodellen gives en brugergrænseflade, således at arealdisponentens arbejde lettes betydeligt. Derved ville 'systemet' blive drevet frem af brugeren, frem for at være pålagt af en for brugeren ikke umiddelbart synlige årsager.

Et nyt system vil fx automatisk redegøre for arealforbrug i realtid samt kunne autodisponere visse områder, vise tidligere løsninger mv.

Ansvar:

Bygningsfunktionens øverste ansvarlige.

Interessent:

Personalechef, studiechef (og lign), bygningsbruger.

Omkostninger:

Prisen for at generere en rummodel bliver beregnet til 2,0 kr. pr. m² (se afsnittet Beregningsmetode for digitaliseringsomkostninger under kapitel 5 Digitaliseringens omfang). Hertil kommer udgifter for at indarbejde objektfør-

mationer, der ligger ud over, hvad den geometriske rubricering redegør for, eksempelvis en systematiseret samkøring af model og personale- og studielister.

Fordele:

Gevinsterne viser sig som effektivisering af eksisterende arbejdsgang og bedre udnyttelse af arealerne.

Driftsorganisering

I større byggeri kan der være behov for at samkøre områder, der ellers er organiseret adskilt. Ved et sygehus kan driften fx være organiseret pr. etage (horisontalt). Dette kan give problemer for drift og vedligehold af bl.a. tekniske installationer, der strækker sig på tværs af flere etager.

Brugerbehovet fordrer en samlet model for alle etagerne, så den vertikale samkøring og organisering sikres. Modellen er overordnet organiseret efter rum og rumforløb, men med de tekniske installationer sat i position. Systemet bør have en lettilgængelig brugeroverflade, hvor driftsherren kan opdatere syn og vedligehold direkte.

Niveau:

Rummodel eller elementmodel (+ komponentmodel).

Egenskabsdata:

Rumbetegnelser og funktionsbeskrivelse samt den for driften nødvendige tekniske egenskabsdata, knyttet til specifikke objekter.

Teknologi:

Rummodellen kan etableres på baggrund af tegningsmateriale, hvor højderne rejses manuelt. Krav til oplysninger om minimum indre mål og anvendelse (ydeevne på rumniveau). Installationerne i komponentniveau kræver en højere detaljering og specifikke oplysninger om placering samt historik for syn/vedligehold.

Incitamenter og barrierer:

Større bygningskomplekser, som fx et hospital, kræver stor koordinering på højt niveau, og derfor angives også komponentmodellen under Niveau. På specielt kritiske bygningsdele er det vitalt, at netop data der repræsenterer disse kan tilgås uden risiko for redundans. Med nuværende teknologi er dette kun muligt med BIM.

Høj systemkompleksitet fordrer stor kompetence. Den nuværende typiske dataopsamling, som fx et vedligeholdseftersyn af en pumpe, inddateres først digitalt i andet eller tredje led, og ikke sjældent i systemer der alene er tiltænkt en specialist. Skal redundans til livs, kræver det derfor, at hele systemet revurderes, og at den der udfører arbejdet også inddaterer resultatet heraf. Dette stiller igen krav til både kompetencen for den daglige medarbejder og til de systemer (brugergrænseflader) hvormed inddateringen foretages. Opgavens størrelse er i sig selv en barriere.

Ansvar:

Den centrale drifts- og vedligeholdsorganisation.

Interessant:

Bygningens bruger.

Omkostninger:

Prisen for at generere en model der kombinerer rum og elementniveau vil variere fra 2,0 kr. til 8,0 kr. pr. m² (se afsnittet Beregningsmetode for digitaliseringsomkostninger under kapitel 5 Digitaliseringens omfang). Anvendes komponentniveauet for særlige komponenter, vil kvadratmeterprisen stige efter disses detaljerings- og præcisionsniveau.

Fordele:

Gevinsterne vil være en effektivisering af de eksisterende arbejdsgange gennem disponering af driftsopgavernes sammenhæng med modellens håndtering af lokalisering og objektinformationsniveau.

Simulering for professionelle

Ved energirenovering af et byggeri kan det være aktuelt at lave en energiberegning for at finde den bedste løsning. Her vil den digitale model fungere som et simuleringsværktøj for rådgiveren. Brugerbehovet fordrer en ret detaljeret og præcis model med de enkelte bygningsdele og med informationer om materialeegenskaberne.

Der vil findes, alt efter det aktuelle fokusområde, en lang række andre simuleringsmuligheder, der grundlæggende set vil være at sammenligne med ovennævnte energieksempel.

Niveau:

Elementmodel, komponentmodel.

Egenskabsdata:

Materialeegenskabsdata.

Teknologi:

Rummodel, elementmodel eller komponentmodel etableres manuelt på baggrund af eksisterende tegningsmateriale. Element- og komponentmodeller rubriceres efter et max antal bygningsdele. Givent simuleringsværktøj (med tilhørende oplysninger om aktuelle forhold der skal simuleres) bliver programmeret.

Incitamenter og barrierer:

Mulighed for at gennemføre komplekse og omkostningstunge beregninger, i en simuleret tilstand, hvilket sænker omkostningerne.

En simulering er netop ikke et 1:1 forsøg. Simuleringsværktøjer skal derfor udvikles, så der er overensstemmelse mellem behovet for præcision og udgiften for præcision. Da det oftest er meget videnstunge specialister, der udvikler værktøjerne, er der en tendens til, at selve muligheden for høj præcision får indflydelse på værktøjernes kompleksitet. En kompleksitet der ikke på forhånd er afvejet med, hvor i processen simuleringen gennemføres. I sidste ende kan dette betyde, at simuleringerne bliver mere omkostningstunge end nødvendigt. Sagt kort kan det være en barriere, hvis værktøjerne er for gode i forhold til, hvor i processen de anvendes, hvilket kan betyde at simuleringsmulighederne ikke benyttes.

Ansvar:

Bygningsherre, bygningsejer.

Alle interessenter kan på eget initiativ iværksætte en simulering, og kan derfor blive ansvarlige. Hvor bygherrerne eller bygningsejer i princippet kan

gennemføre enhver tænkelig simulering, kan interessenterne kun gennemføre simuleringer på den af bygherre/ejer frigivne data.

Interessent:

Rådgiver, entreprenør, økonomiansvarlig, embedsstand.

Omkostninger:

Omkostningerne forbundet med at udarbejde en komponentmodel kan være store, da det kræver præcise og detaljerede oplysninger om byggeriet eller for dele heraf. I forbindelse med simulering af fx energiberegninger kræves informationer om komponenters sammensætning, materialernes ydeevne og fysiske egenskaber som varmetab, eventuelle kuldebroer mv. Desuden kræves oplysninger om de aktuelle lokaliteters anvendelse.

Fordele:

Gevinsterne ligger i at kunne give præcise beregninger for den aktuelle simulering. En 'driver' for denne type af digitalisering, kunne være det faktum, at der allerede i dag skal foretages energiberegninger ift. Bygningsreglementet. 'Projekterings-BIM' kunne danne udgangspunkt for 'energi-BIM'. Der ville herved også kunne energioptimeres tidligere i byggeprocessen, hvilket har større effekt.

Simulering for ikke-professionelle

Hvis den danske bestand af ca. 1,1 mio. parcelhuse (se tabel 2) skulle modelleres på et højere niveau end de volumenmodeller, der fx anvendes i Google Earth, vil det kræve, at brugerne, her parcelhusejerne, har et incitament for arbejdets gennemførelse. Incitamentet kan eksempelvis være, at den digitale bygningsmodel fungerer som et simuleringsværktøj for at vise potentialet i en energirenovering af et givent byggeri.

Sitet www.energikoncept.dk, er eksempel på et digitalt beregningsværktøj udviklet for at initiere energirenoveringer. Brugeren modellerer selv sin bygning: I en lettilgængelig brugergrænseflade kombineres indtastninger og valg af bygningsdele i programmets bibliotek. Modellen ligger til grund for overslagsberegninger for bygningens tilstand, hvor der bliver udarbejdet en rapport med råd og vejledning til mulige renoveringstiltag og energioptimering samt overslagsberegninger på energirenovering, u-værdi og e-mærkning.

Brugerbehovet fordrer en mindre detaljeret model end for en gennemført professionel simulering, idet modellen alene skal kunne give brugeren et fingerpeg om, hvorvidt det kan betale sig, ca. hvor længe omkostninger er om at blive hentet hjem og lign. For netop denne gruppe vil det videre være hensigtsmæssigt at lade tilgængelige registre støtte modeludførelsen.

Niveau:

Hvor volumenmodellen kan tilknyttes ejendomsdata, ejerforhold mv., har parcelhusejeren i energiberegningen behov for en mere detaljeret model, hvorfor elementmodellen vil være mere egnet. Som minimum vil det typisk kræve at den geometriske model skal indeholde:

- Fundament
- Ydervægge
- Vinduer
- Døre
- Tag
- Installationskerne
- Volumen

Egenskabsdata:

Den simple simulering går ikke i dybden med energidata og dets tilknytning til geometrien, idet tilknytningen af datatyper alene er specificeret af et endnu ikke udviklet software. Andre egenskabsdata, hentet fra andre registre (offentlige eller virksomheds- eller institutionsspecifikke), vil på tilsvarende vis kunne knyttes til den geometriske model.

Teknologi:

En BIM-model kan automatisk genereres ud fra registeroplysninger, såfremt registeroplysningerne er tilstrækkelige informative. Der kan dog kompenseres for disse mangler ved fx at bede en bruger om at udfylde de manglende oplysninger. Udviklingsprojekter inden for dette område er mangfoldige og vidt udbredte, men stadig ikke gængs praksis. SBI har alene de sidste fem år gennemført tre projekter inden for området, Basismodellen (2006), Be06 energiberegning med 3D modeller (Aggerholm og Grau, 2008) og Automatisk energiramme beregning (pågående projekt)

Med informationer om bygningen fra BBR-registeret rejses en digital bygningsmodel, hvor bygningsejeren gennem en lettilgængeligt brugergrænseflade kan justere modellen til visuelt at ligne sit eget hus, via fx et online spørgeskema som erstatning for manglende komponenter. BBR-registeroplysninger alene kan være mangelfulde, da fx gennemførte renoveringstiltag ikke bliver registreret i BBR (kun arealforandringer og tilbygninger).

Incitamenter/Barrierer:

Området vil kræve, at professionelle softwareudviklere varetager brugernes interesser gennem udvikling af gode og let anvendelige løsninger. Dette kan medføre, at byggeriets professionelle parter skal omstille forståelsen til, hvad et simuleringsinterface er, og hvordan det bruges.

Der skal udvikles et simpelt og let tilgængeligt simuleringsredskab, der kan anvendes af hovedparten af boligejerne. Dette kan synes som et modtræk i forhold til byggeriets nuværende udvikling af simuleringsrutiner, der peger på stadig større præcision og derved større kompleksitet, men man skal være bevidst om, at denne type simulering også henvender sig til en anden brugergruppe end for de professionelle simuleringer.

Denne type af autogenererede modeldata kan have en yderligere interesse, hvis der er tale om mange byggerier, fx landets samlede bestand af parcelhuse, som ønskes skabt som input til fx energiberegninger. Ud over selve geometrien kræver dette naturligvis beskrivelsesdata for de objekter, der indgår i en energiberegningsmetode.

Der findes en lang række andre simuleringsmuligheder, der grundlæggende set vil være at sammenligne med nævnte eksempel. Andre typer af data, hentet fra offentlige, virksomheds- eller institutionsspecifikke registre, fx Energimærkevurderinger, vil på tilsvarende vis kunne knyttes en bred vifte af anvendelser, hvor samspillet mellem model og de til modellen tilknyttede data er et afgørende element.

Ansvar:

Bygningsejere, herunder Grundejerforeninger, andelsboligforeninger mv.

Interessant:

Energiselskaber, bank, forsikringsselskaber, forskning mv. - i det omfang bygningsejer frigiver data.

Omkostninger:

Denne form for digitalisering, hvor brugeren selv generer den digitale bygningsmodel, repræsenterer en anden type forretningsmodel end de øvrige eksempler.

Omkostningerne vil ligge i udvikling og drift af brugergrænseflade og system, og gevinsterne i annonceindtægter og nye forretningsmuligheder. Godtager bygningsejeren at modellen indgår i et fælles modelregister, er selve digitaliseringen mere eller mindre gratis.

Fordele:

Den enkelte bygningsejer, vil direkte kunne aflæse eventuelle fordele (inkl. de økonomiske) ved at gennemføre en given aktivitet - fx behov for at energioverevare. En gratis service i form af råd og vejledning i tillæg til beregningerne af energi og eventuel renovering. Udbyderen, fx energiselskabet eller forsikringsselskabet, kan udbyde målrettede tilbud tilpasset de aktuelle forhold.

Modelgenerering fra registerdata

Projektet 'Automatisk energiramme beregning' er et udviklingsprojekt hvor en simpel energiberegning søges udført med baggrund i bl.a. informationer fra BBR-registeret. Den eksisterende energiberegning udbygges med en digital bygningsmodel: når man indtaster sin adresse, hentes de aktuelle BBR-oplysninger og suppleret med brugerens indtastede oplysninger, modelleres huset online.

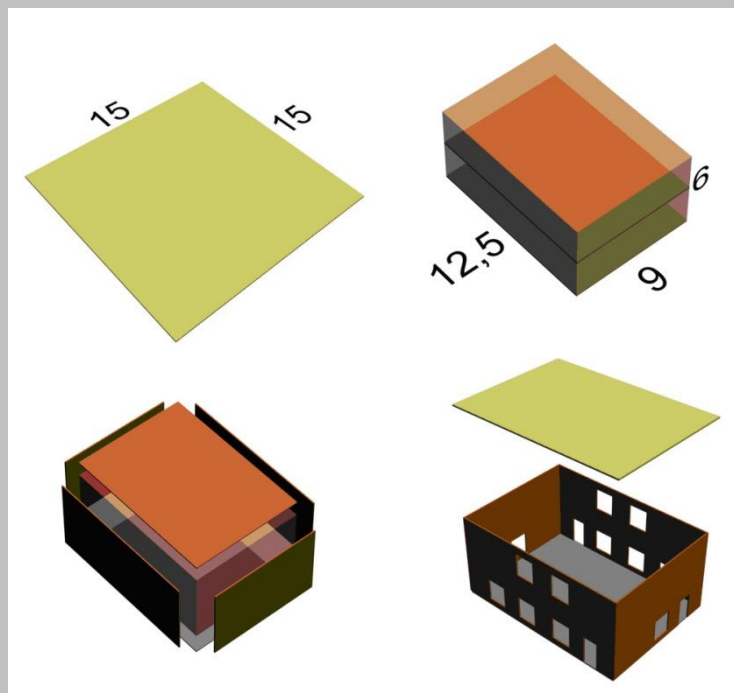
På baggrund af følgende tilgængelige BBR-data, kan der genereres en grov bygningsmodel:

- Brugsareal
- Bruttoetageareal
- Etager
- Byggeår
- Bygningstype

Hvis intet andet kendes, vil den efterfølgende proces være at udbygge tilgængelige data på en let og forståelig måde for husejeren.

De oplysninger, der her er hentet ved registeropslag, skal tilføjes følgende data for at gennemføre en 'næsten' automatisk modellering.

1. Bredden på huset
2. Etagehøjden
3. At to eller flere etager har ligelig fordeling af det samlede areal
4. Tagformen
5. Åbningers forhold til bruttoetagearealet
6. Åbningernes størrelse (er i sammenhæng med 5 og 7)
7. Antallet af åbninger
8. Placering af åbninger



Figur 7. Fra BBR til model, kan gennemføres ved parcelhusejerens medvirken.

At give et brugsareal den rette geometrisk form hænger til en vis grad sammen med bygningstypen. I eksemplet, Figur 9, er det tale om et parcelhus, hvorfor den ene side typisk vil være smallere end 9 meter. Desuden skal etagefordelingen fastsættes, her to etager. Tagformer, antal vinduer mv. er ligeledes variabler, der ligger til grund for modellens udformning.

Tagformerne - sadel (med vinkelvalg), valmet (hel og halv), fladt (med hældning), mansard eller pyramide tag – vælges fra et formbibliotek.

Disse valg er afgørende for bygningskroppen og dens udseende, men de er også afgørende for det modellen her skal benyttes til; danne grundlag for en senere simpel energiberegning, idet ændringer i én geometrisk parameter kan skabe varians i bygningsvolumen med heraf følgende udsving i senere beregningsanvendelser.

Nogle af de manglende oplysninger vil kunne hentes fra en fotogrammetrisk overflyvning. Typisk vil pkt. 1, 2 og 4 være tilgængelige herfra, og derfor virke som inputdata tidligt i processen. Andre oplysninger kan genereres via viden baseret på historisk byggeteknik, adgang til et formbibliotek for tagformer eller ved en simpel brugerindtastning.

Referencebyggeri

En digital bygningsmodel kan gøres til en referencemodel ved, at en eller flere egenskaber udredes og tilknyttes modellen, således at de beskriver og udtrykker et eller flere ønskede nøgletal. Andre bygningsmodeller, planlagte eller repræsenterende faktiske byggerier, kan herefter sammenholdes med referencemodellen på de nøgletal, referencemodellen har anlagt.

Danmarks Farmaceutiske Universitets laboratorium er et eksempel på en eksisterende bygning der fungerer som referencemodel (se projektet beskrevet under 'DFU- laboratoriet som referencemodel' senere i kapitlet).

Niveau:

Modellen skal modelleres på bygningsdelsniveau.

Egenskabsdata:

Afhængig af referencetypen skal modellens enkelte objekter tilknyttes referencerelevante egenskaber. For DFU-laboratoriet handlede det om anlægsudgifterne.

Teknologi;

Modelteknologi: Modellen etableres delvist manuelt. Ved DFU-laboratoriet blev 2D CAD-tegninger, der forelå i DXF-format, først rettet for digitale tegningsfejl, de geometriske objekter valideret for deres placering i sfb-datastrukturen og endelig blev 2D-objekterne ekstruderet (løftet) og positioneret, således at objekter blev tredimensionelle og korrekt beliggende i rummet. Såvel byggeriets fysiske objekter som dets rum blev modelleret efter ovenstående forskrift.

For at kunne håndtere objekterne og dets egenskaber i et åbent format, blev hele datamodellen, dvs. såvel objekternes geometri som deres egenskaber, konverteret til SBI's XML-baserede Basismodelformat.

Egenskabsteknologi: De udredte, vægtede og omposterede anlægsudgifter, knyttes til de i den digitale models fysiske objekter.

Incitamenter/Barrierer:

Incitamentet ved referencebyggerier er den større nøjagtighed, hvormed byggeri kan planlægges med basis i transparente erfaringer. Hvilket i eksempelet sker ved, at bygherren får et byggregnskab, der er lig med eget kontoplanssystem.

Rådgivers og entreprenørs systemer skal understøtte det at bygge. Bygherres og driftsherres systemer skal understøtte det at planlægge, finansiere og drive byggeri. Forestillingen om at disse to systemer skal samordnes i ét system er i sig selv en barriere, idet forskellige typer af opgaver som reglen kræver forskellige systemer.

Udviklingen af ét fælles system har den fare indbygget, at det kan blive så overordnet, at det bliver sværere både at bygge, planlægge og drive med. Udviklingen af parallelle systemer, der bygges på samme fundament, kan have den barriere, at ansvaret for udvekslingen mellem systemerne ikke er forankret hos én part.

Ansvar:

Den centrale bygherreorganisation samt driftsorganisationen.

Interessent:

Bygningsherrer, driftsherrer og bygningsejere.

Omkostninger:

Referencemodellen for DFU-laboratoriet blev gennemført for under. 250.000 kr.

For nybyggeri ville referencemodellen, såfremt der forelå et automatisk mappingsystem inden for den givne bygningskategori, være et resultat af afleveringsforretningen.

For eksisterende byggeri vil en referencemodel kunne opbygges for samme omkostninger som en almindelig modellering på bygningsdelsniveau, hvilket svarer til ca. 8 kr. pr. m². For pågældende bygning på ca. 5.000 m², ville den rene modellering således kunne gennemføres for 40.000 kr. (se afsnittet Beregningsmetode for digitaliseringsomkostninger under kapitel 5 Digitaliseringsomfang).

Udviklingsomkostningerne til mappingmetoden er her ikke medregnet. Udviklingen af en mappingmetode for en given bygningstype er afhængig af, hvordan DBK udvikles. Hvis DBK kan omslutte alle parter, vil der ikke være behov for en mappingmetode, idet bygherrens kontoplan allerede vil være DBK-organiseret.

Fordele:

Gevinsten ved referencebyggeri er, at beslutningsprocessen for planlægning og drift af byggeri funderes på en viden om den bedst mulige løsning. I ovenstående eksempel handler det om at beslutte hvilke bygningsdele, der er mest økonomisk rentabel, på et givent tidspunkt og inden for en bestemt bygningskategori.

Jo flere eksisterende byggerier der således foreligger som reference modeller, jo mere præcist bliver beslutningsgrundlaget.

DFU's laboratoriebygning som referencemodel

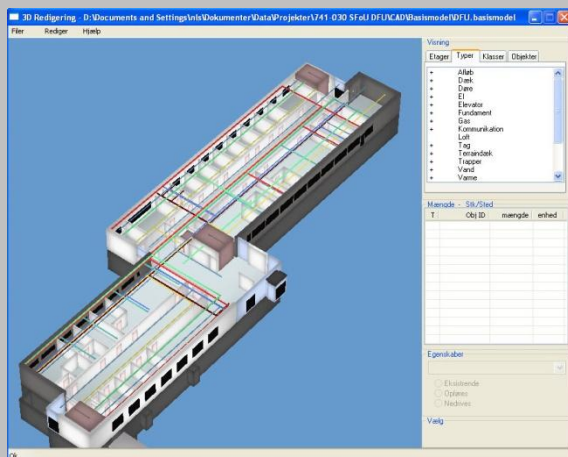
I 2008 afsluttede UBST og SBI et pilotprojekt, hvor en referencemodel blev udviklet. Målet var at konvertere et eksisterende byggeri til en digital referencemodel med det tematiske område 'byggeriets prisindeksudvikling'.



Figur 8. DFU den eksisterende laboratoriebygning.

Referencemodellen skulle gøre det muligt at følge prisudviklingen for de anvendte bygningsdele, og dermed bl.a. hjælpe bygherren til at forstå de økonomiske konsekvenser ved valg af lignende bygningsdele for kommende byggerier. Metoden gør det muligt at betragte en given bygningsdel i henholdsvis dets materiale-, dets løn- eller materielomkostninger og forstå hvad netop denne bygningsdel vil koste at anlægge i dag, og at forstå om eventuelle prisudsving er forankret i fx materialerne, i lønudgifterne eller i materiellet.

Referencemodellen kan naturligvis kun anvendes på sammenlignelige bygningsdele, og skal metoden anvendes på et bredt spektrum af bygningsdele, kræves flere modeller inden for samme bygningskategori, således at de tilsammen kan udgøre én ideal-referencemodel.



Figur 9. Visning af udvalgte typer i Referencemodellen for DFU.

Den til stadighed kørende referencemodel, der hvert kvartal opdateres med Danmarks Statistiks repræsentationsvarer kan findes på:

<http://www.scheutz.dk/ubst/indeksmodel/oversigt.html>

Udfordringerne

Projektet stod over for følgende udfordringer:

- Modellens konvertering til kontopiansposter
- Samkøring med Danmarks Statistiks nøgletal for repræsentationsvarer
- Udvikling af tekniske beregningsmetoder for omkostningsfordeling

Konverteringen

Den digitale model blev frembragt på baggrund af rådgivers og entreprenørs rubriceringsmetode, hvilket vil sige, at bygningsdelene i såvel tegninger som i byggeregnskab fulgte det for påførelsestidspunktet anvendte sfb system. Dette var ikke i overensstemmelse med bygherrens kontopianssystem, hvorfor der blev udviklet en mappingkode mellem de to systemer.

En mapping betyder, at ét systems indhold omfordes efter en metode, således at indholdet distribueres til det andet system. Det er afgørende, at intet indhold udelades eller efterlades, og at alt bliver overført. Den i pilotprojektet udviklede mapping kan kun med sikkerhed siges at passe til det bearbejdede byggeri, men vil med stor sandsynlighed kunne anvendes på bygninger inden for samme bygningstype. Andre bygningstyper vil kræve andre mappingmetoder.

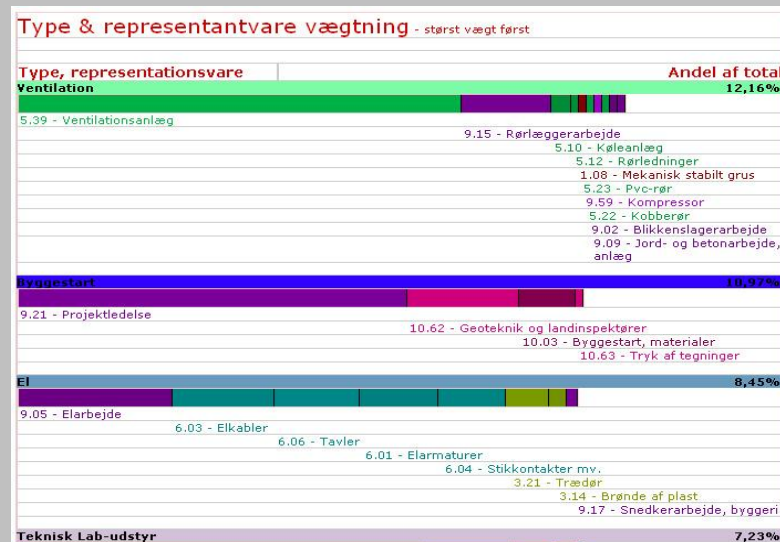
Prisudvikling for typer - 01-JAN-2003 til 30-SEP-2007

	01-JAN- 2003	01-APR- 2003	01-JUL- 2003	01-OKT- 2003	01-JAN- 2004	01-APR- 2004	01-JUL- 2004	01-OKT- 2004	01-JAN- 2005	01-APR- 2005
	31-MAR- 2003	30-JUN- 2003	30-SEP- 2003	31-DEC- 2003	31-MAR- 2004	30-JUN- 2004	30-SEP- 2004	31-DEC- 2004	31-MAR- 2005	30-JUN- 2005
Afb	1.132.884	1.141.534	1.157.288	1.161.014	1.188.508	1.230.694	1.273.490	1.313.833	1.355.685	1.351.223
Afb-arsund	1.338.660	1.359.822	1.359.679	1.357.902	1.359.505	1.372.403	1.392.251	1.413.985	1.434.133	1.451.653
Altan	56.700	56.540	56.102	56.033	56.435	56.437	56.840	57.495	57.446	57.189
Isolering	445.500	443.583	444.678	448.185	450.130	453.394	454.513	453.759	463.970	464.909
Borde	200.000	201.561	201.567	187.752	189.336	190.211	192.412	192.864	196.773	198.806
Byggeteget	4.804.000	4.657.576	4.664.541	4.711.117	4.723.953	4.880.618	4.977.301	5.172.627	5.133.694	5.333.039
Dæk	6.471.399	6.569.064	6.545.245	6.560.644	6.391.195	6.411.617	6.526.073	6.908.787	6.801.170	6.994.183
Dør	3.000.798	3.068.498	3.061.076	3.026.843	2.910.172	2.876.733	2.878.296	2.888.775	2.891.278	2.835.762
EI	8.258.437	8.339.782	8.373.669	8.368.460	8.369.492	8.456.445	8.495.472	8.538.721	8.453.000	8.408.074
Elevator	710.000	711.312	701.633	701.607	708.085	709.177	710.355	710.767	711.062	711.786
Fundament	2.782.992	2.844.691	2.847.236	2.865.297	2.921.993	3.132.963	3.195.017	3.241.269	3.172.885	3.169.315
Gulv	605.673	606.021	601.488	598.811	623.997	632.915	639.880	648.038	646.962	668.241
Kommunikation	3.245.313	3.245.936	3.262.003	3.259.511	3.257.350	3.278.596	3.258.021	3.239.898	3.193.139	3.191.859
Køkken	60.000	60.767	60.769	60.834	60.603	60.866	60.832	56.640	58.533	58.061
Løft	2.194.456	2.247.102	2.251.674	2.254.405	2.262.769	2.332.920	2.386.890	2.394.680	2.391.484	2.420.738
Lys	360.360	362.691	363.907	363.866	363.730	366.023	366.231	364.911	363.736	363.736
Skab	3.272.588	3.352.202	3.341.482	3.297.934	3.164.951	3.124.852	3.126.543	3.130.708	3.141.123	3.083.717
Stole	125.000	125.975	125.979	117.345	118.335	118.882	120.258	120.540	122.983	124.254
Tag	1.036.876	1.056.682	1.042.350	1.040.968	1.066.671	1.096.884	1.133.710	1.165.673	1.161.105	1.163.179
Teknisk Lab-udstyr	7.073.066	7.080.273	7.094.434	7.091.954	7.093.183	7.110.156	7.112.288	7.038.966	7.189.412	7.187.486
Terræn	2.104.710	2.085.609	2.093.432	2.109.612	2.115.501	2.144.256	2.160.468	2.160.819	2.194.419	2.213.518
Terrændæk	698.404	710.849	711.080	699.394	704.985	723.294	725.373	725.932	723.694	730.764
Tilbygning	230.000	232.474	233.871	234.911	236.342	236.082	235.258	236.945	233.626	234.501
Told	50.026	49.687	50.243	50.188	50.961	51.038	50.618	50.520	51.096	51.363
Trapper	1.164.163	1.154.447	1.163.025	1.168.419	1.079.369	1.051.272	1.086.244	1.211.841	1.150.965	1.224.366
Vand	963.785	972.667	1.002.771	1.008.564	1.042.662	1.116.136	1.157.400	1.198.852	1.234.193	1.234.714
Varme	2.022.848	2.033.177	2.069.067	2.070.401	2.086.678	2.136.298	2.185.361	2.229.142	2.273.434	2.325.414
Vask	117.875	118.769	119.960	119.802	120.039	121.744	123.516	126.027	127.236	127.812
Vind og st	2.832.630	2.819.779	2.832.934	2.854.751	2.877.636	2.955.577	2.997.567	3.021.542	3.045.369	3.073.235
Vinduet	11.874.778	11.848.595	11.901.312	11.808.007	11.482.647	11.509.681	11.497.201	11.580.285	11.643.516	11.671.308
Vinduet	2.746.088	2.826.472	2.826.936	2.831.768	2.832.254	3.160.213	3.273.023	3.284.619	3.280.231	3.513.864
Vinduet	4.099.059	4.154.231	4.143.656	4.157.865	4.104.038	4.155.959	4.223.383	4.315.381	4.279.489	4.304.051
Vinduet	2.795.687	2.844.630	2.849.910	2.863.242	2.838.533	2.892.698	2.950.502	3.013.405	2.973.796	3.063.253
Vinduet	621.379	629.479	624.340	624.724	635.123	662.532	683.991	706.333	698.888	699.539
Vinduet	701.640	722.179	722.297	722.532	723.456	807.451	836.275	839.237	838.116	897.813
Vinduet	5.053.410	5.158.965	5.172.241	5.136.464	5.192.383	5.396.937	5.443.327	5.526.448	5.467.934	5.516.184
Total	85.249.684	85.914.621	86.073.896	85.792.236	85.482.746	87.021.641	87.966.938	89.284.234	89.177.150	90.199.336
Pris per Bruttoarealvadratmeter	14.580	14.693	14.728	14.672	14.686	14.883	15.044	15.269	15.251	15.426

Figur 10. Den faktiske prisudvikling på tabelform.

Samkøringen

De nye poster blev herefter knyttet til Danmarks Statistik, således at hver enkelt bygningsdel kunne prisindeksreguleres. Hver post var delt i materiale, løn- og materieludgifter.



Figur 11. Grafisk visning af fordeling af omkostningerne til 'Ventilation', 'Byggestart' og 'El', som udgør de tre største poster i DFU-byggeriet. Under 'Ventilation' udgør selve anlægget (varegruppe 5.39) den største post.

Beregningsmetoder

Hvor bygherrens forståelse af bygningsdele er grundet i at planlægge og drive byggeri, er rådgiver og entreprenørs forståelse af bygningsdele grundet i at bygge. Byggeregnskab og tegnings- eller modelmateriale er derfor ikke direkte foreneligt med bygherrens kontoplan-system. Overførelse af data fra det ene til det andet system kræver en vægtning af de poster, der er mest afvigende i deres forståelse af bygningsdele. Eksempelvis kan det være vanskeligt i binde byggepladsens forbrug af grus sammen med en bestemt bygningsdel.



Figur 12. Princippet for hvordan indholdet i kontoplanpost omregnes til en indeks-sum.

Fremtidige udfordringer

Pilotprojektet gennemførte beregningerne for de fysiske bygningsdele. En interessant udvikling ville være at kunne mappe omkostninger ved de fysiske objekter til rum, her forstået som funktioner, således at omkostninger i såvel de tidlige faser som i drift kan udtrykkes i henhold til rum eller funktionsbegreber.

5 Digitaliseringens omfang

Omfang af det eksisterende byggeri

Antal bygninger og deres mio. m² i Danmark pr. 2009, fordelt efter anvendelse

	<i>Antal</i>	<i>m² (mio.)</i>	<i>Undertyper</i>	<i>Antal</i>	<i>m² (mio.)</i>
Beboelse	1.528.600	356,6	Parcelhuse	1.076.400	182,9
			Rækkehuse og lign.	230.200	38,3
			Etageboliger	88.900	100,7
			Øvrig beboelse	133.100	34,7
Erhverv	682.900	284,2	Avls- og drifts- bygninger i landbrug	472.200	136,9
			Fabrikker og værksteder	69.300	55,7
			Kontor, handel og lign.	75.200	68,8
			Øvrigt erhverv	66.200	22,8
Øvrige	305.000	68,6	Institutioner og kulturbyggerier	36.200	42,9
			Sommerhuse	214.800	16
			Andre øvrige	54.000	9,7
I alt	2.516.500	709,4			

Tabel 2 Bygningsopgørelse 1. januar 2009. Statistiske efterretninger 29. juni 2009. Uddrag af Oversigts-
tabel 1 og 2, Danmarks Statistik (Bygningsopgørelse, 2009).

Ovenstående tabel viser opgavens størrelse i henholdsvis antal bygninger og arealer. Ved beregning af modellering af eksisterende byggeri vil antal bygninger benyttes for modeller på volumenmodelniveau og arealangivelserne for modeller på rum- og elementniveau.

Tabellen udleder intet om ejerforholdet for byggerierne, men vi kan dog udlede, at bygninger til beboelse primært vil være i privat regi, mens undertypen 'Institutioner og kulturformål' primært vil være i offentlig regi; stat eller kommune. De forskellige undertyper vil variere vedr. metoder for datafangst. Ligeledes vil undertyperne have forskellige formål for anvendelsen af en digital repræsentation, og derfor vil digitaliseringen indebære væsentlige forskelle i såvel incitament og barrierer, hvilket igen vil udmøntes i forskellige strategier for igangsættelse af en digitalisering for området.

Fokuseres alene på offentlige bygninger, skelnes der mellem byggeri i kommunalt og i anden offentlig regi, herunder statslig.

Det samlede offentlige bygningsareal i Danmark 2009 fordelt efter ejerforhold og bygningens anvendelse

<i>1.000 m²</i>	<i>Kommuner</i>	<i>Anden offentlig myndighed</i>	<i>Sum</i>
Beboelse	5.127	1.437	6.564
Produktion	2.492	900	3.392
Administration og handel	4.046	2.688	6.734
Kulturelle formål	16.989	10.776	27.765
Fritidsformål	2.860	146	3.006
Øvrige	14.045	2.421	16.466
Bygningsareal i alt	45.559	18.368	63.927

Tabel 3 Bygningsopgørelse 1. januar 2009. Statistiske efterretninger 29. juni 2009. Uddrag af tabel 3. Danmarks Statistik.(Bygningsopgørelse, 2009).

Udtrækkes de væsentlige større poster i arealopgørelsen, ses fordelingen i tabel 4 i en række af undertyper. Regionerne udgør en væsentlig andel af undertypen 'Hospitaller og sygehjem' på 3.797.000 m² og er således en af delmængderne under 'Anden offentlig myndighed'.

Større poster under arealopgørelsen for det offentlige bygningsareal i Danmark 2009 (tabel 3), fordelt efter ejerforhold og bygningens anvendelse

<i>1.000 m²</i>	<i>Undertype</i>	<i>Kommuner</i>	<i>Stat</i>	<i>Sum</i>
Beboelse	Etageboliger	1.529	398	1.927
	Døgninstitutioner	2.357	406	2.763
	Øvrige	1.241	633	1.874
Produktion	El, gas, vand og varmekilder	926	208	1.134
	Øvrige	1.566	692	2.258
Administration og handel	Kontor, herunder off. adm	3.168	1.948	5.116
	Øvrige	878	740	1.618
Kulturelle formål	Biblioteker, kirker, museer, teatre	1.200	825	2.025
	Undervisning og forskning	12.253	3.576	15.829
	Hospitaller og sygehjem	326	3.797	4.123
	Daginstitutioner	2.647	53	2.700
	Øvrige	564	2.525	3.089
Fritidsformål	Idrætshaller	2.368	72	2.440
	Øvrige	492	74	566
Øvrige		14.045	2.421	16.466
Poster i alt		45.559	18.368	63.927

Tabel 4 Bygningsopgørelse 1. januar 2009. Statistiske efterretninger 29. juni 2009. Uddrag af tabel 3. Danmarks Statistik.

Uden hensyn til forskellen mellem opgørelsen i henholdsvis netto- og bruttoareal, udgør de tre statslige bygherres totalareal 7.900.000 m² (tabel 5). Det for digitalisering af eksisterende byggeri relevante tal må være mindre, da fx de 20 slotte og 13 slotshaver ikke drives som 'normalt' byggeri, og derfor udgår.

Arealfordeling mellem de tre statslige bygherrer

Statsbygherre	Opgørelse	1.000 m ²
SES*	etageareal	2.000
UBST - universiteter	brutto	2.600
UBST	brutto	400
FB		2.900
Total		7.900

Tabel 5 Arealopgørelse indhentet fra bygherren. */ Indeholder 323 bygninger, 20 slotte, 13 større haver.

Differensen mellem det samlede statslige arealforbrug på 18.368.000 m² (tabel 3) og summen af de tre statslige bygherrer samt 'Hospitaller og Sygehjem' under regionerne (11.697.000 m²), er således **6.671.000 m²**. Dette tal repræsenterer de arealer, der er under ministerier og styrelser uden for regi af de statslige bygherrer, og omfatter bl.a. de enkelte ministeriers styrelsesbygninger. Denne kategori indeholder desuden det kontorbyggeri, der benyttes af regionerne, og vil derfor kunne tillægges hospitals-arealforbruget for at finde det endelige regionsforbrug.

Arealer til digitalisering kan fordeles efter ejerskab, og en reorganisering af tabel 4 kan tydeliggøre dette:

Ejerskab og ansvarsplacering for arealer af offentligt byggeri

	areal i m ²
Direkte under statslige bygherrer	7.900.000
Under ministerier og styrelser udenfor regi af ovenstående	6.671.000
Regioner (Hospitaller og Sygehjem)	3.797.000
Kommuner (Poster ialt tabel 4)	45.559.000
Total	63.927.000

Tabel 6 Beregnet mængde af arealer i offentlige bygninger til digitalisering.

Beregningsmetode for digitaliseringsomkostninger

Prisen for at digitalisere gælder ikke kun, hvad det koster at modellere selve den digitale bygningsmodel. For at kunne producere denne model, er det en forudsætning, at man har det nødvendige materiale tilgængeligt og i bearbejdet form inden modelleringen starter, og at man har den nødvendige software, samt at man kan formå at bruge denne.

Omkostningerne afhænger også i høj grad af til hvilket niveau, den digitale bygningsmodel skal etableres, hvorfor det er relevant at gøre rede for disse niveauer og deres beregningsgrundlag.

Bygningsmodellens niveauer

Med henvisning til afsnittet om 'Teknologier og metoder' og 'Informationsniveauer' kan følgende beregninger opsættes for de forskellige niveauer:

Volumenmodel

Denne modeltype stiller egentlig ingen krav til eksisterende tegningsmateriale, idet en laseropmåling er en nem og hurtig metode til datafangst.

En volumenmodel, hvor bygningen er af gennemsnitlig størrelse, vurderes at kunne skannes for ca. 2.500 kr/m (priser indhentet gennem interviews).

Bygningsdelsmodel

Denne modeltype stiller, i modsætning til volumenmodellen, større krav til det eksisterende dokumentationsmateriale, såfremt prisen for modelfremstillingen skal holdes nede. Det afgørende spring i modelfremstilling på dette niveau er de eksisterende tegningers kvalitet. Om tegningen er analog eller digital er faktisk mindre betydningsfuld, idet tidsforbruget med at kvalitetssikre den ældre digitale tegning ikke adskiller sig væsentlig fra digital tegning fra grunden.

Hvis denne modeltype vælges som grundlag for et eller flere byggerier, er det ikke nødvendigt at gennemføre en senere skanning til volumenmodel, idet volumenmodellen kan være et afkast af elementmodellen.

Rummodel

Forudsat tegningerne er umiddelbart tilgængelige, og kvaliteten er i orden, vil der kunne produceres ca. 2-3.000 m² rummodel i timen.

Forudsat at der alene regnes på selve digitaliseringen på rumniveau, betyder det, at fx statens daginstitutioner (se tabel 4), på 53.000 m², beregningsmæssigt vil kunne være digitaliseret på mellem 17 og 26,5 timer. Hvilket i praksis vil sige; på én arbejdsuge (37 timer).

Med en timerate for en teknisk assistent på 700,kr. vil dette betyde, at alle statens daginstitutioner (se tabel 4) kan modelleres for ca. 26.000,kr., altså ca. 50 øre pr. m².

Som forudsætning bør der foreligge et færdigdefineret rumskema, som modelarbejdet foretages ud fra. Rum af samme type gives samme benævnelse på tværs af flere rummodeller. Her er skemaet vigtigt, fordi det sætter bygherre, driftsherre eller anden dataejer i stand til at 'regne' på tværs af mange modeller.

Elementmodel

For en elementmodel der kan indeholde hovedbygningsdele som ydermur, skillevægge, dæk, døre, vinduer, tag samt de forskellige rumtyper, er arbejdet noget større. Men erfaringsmæssigt er det realistisk at regne med ca. 2 kr. pr. m². Altså 4 gange højere pris end rummodellen. Denne pris er stærkt afhængig af kompleksiteten i modellen og dækker nok et større byggeri med en simpel geometri samt stor gentagelse. Et mere komplekst byggeri, med mindre gentagelseseffekt vil hæve kvadratmeterprisen..

En test gennemført af forfatterne på et mindre byggeri, uden større gentagelseseffekt, men med adgang til god analog dokumentationsmateriale, viser, at et parcelhus på 200 m² kan modelleres på 2 timer, hvilket svarer til priseksemplet på 2 kr. pr. m².

Komponentmodel

Den rene komponentmodel, hvor de enkelte elementers opbygning er repræsenteret, svarer i høj grad til selve det byggede. Dette niveau finder hovedsaglig anvendelse i om- og tilbygninger, der kræver præcision og nøjagtighed, og forløbet svarer til faserne i nybyggeriet. Dette informationsniveau vil i stor udstrækning være det samme som ved projektering af nybyggeri, hvorfor dette niveau ikke bliver beregnet i denne rapport.

Tre beregningsposter

Udredningen af prisen for digitaliseringen baseres på tre poster:

1. Indhentning og bearbejdning af rådata
2. Etablering af digital bygningsmodel
3. Omkostninger for arbejdets gennemførelse

Beregningspost 1: Indhentning og bearbejdning af rådata

Vedr. indhentning af rådata er beregningen usikker, idet dokumenteret data på et givent byggeri kan falde i kategorien mellem intet til fuld digitaliseret. Hvis rådata allerede ligger i kvalitetssikret digital form, vil dette ikke slå ud i henhold til ovenstående skema. Eksempelvis indbefatter ovenstående beregning for elementmodellen netop, at rådata er umiddelbart tilgængeligt og parat til konverteringen. Dette vil med stor sandsynlighed sjældent være tilfældet, hvorfor det vil være nødvendigt at bearbejde rådata.

Indhentning og bearbejdning af rådata kan falde i tre grundlæggende kategorier.

- Ingen tilgængelig data
- Analoge data
- Digitale data i ikke direkte konverterbart form

Det er ikke muligt at beregne omkostninger generelt for disse arbejdsopgaver, da afkodning af analoge data, datatilgængelighed og efterbehandling af eksisterende data kan variere voldsomt. Hvis det derfor forudsættes, at digitale data i ikke direkte konverterbar form vil kræve en indsats, som det at konvertere data til en digital model og tilsvarende er gældende for omkostningerne for at bringe analoge data til digital form, så vil omkostningerne for hovedpost 1 'Indhentning og konvertering af rådata' kunne sammenfattes som i nedenstående skema. Det skal bemærkes, at beregninger for rum- og elementmodel ikke indbefatter laserscanninger, da det kun i særlige tilfælde vil være hensigtsmæssigt at foretage indvendige scanninger.

De i tabel 7, 8 og 9 valgte værdier for kvadratmeterstørrelser (200, 2.000 og 20.000), modsvarer ca. et parcelhus, et enkeltstående kontorbyggeri og et større kompleks.

Indhentning og bearbejdning af rådata foreliggende i analog form

	Parcelhus 200 m²	Kontorbyggeri 5.000 m²	Større kompleks 20.000 m²
Volumenmodel	0 kr.	0 kr.	0 kr.
Rummodel	100 kr	2.500 kr	10.000 kr
Elementmodel	400 kr	10.000 kr	40.000 kr

Tabel 7 Bemærk at volumenmodellen ikke kræver rådata.

Beregningspost 2: Etablering af digital bygningsmodel

Etableringen af den digitale bygningsmodel omhandler selve modelleringen af geometri og tilhørende objektinformationer udført ved skanning af volumenmodellen eller manuel modellering ved rum- og elementmodellerne. Prisen herfor kan ses over en spredning på kvadratmeter i nedenstående tabel 8. Da der i de tre bygningseksempler er tale om et enkelt bygningsvolumen, er volumenmodellens kvadratmeter og omkostning ikke sammenfaldende i de forskellige typer. Det er det enkelte volumens skanning, der giver denne pris og vil derfor afhænge af antal scanninger.

Etablering af digitale bygningsmodeller

	Parcelhus 200 m²	Kontorbyggeri 5.000 m²	Større kompleks 20.000 m²
Volumenmodel	2.500 kr.	2.500 kr.	>2.500 kr.
Rummodel	100 kr.	2.500 kr.	10.000 kr.
Elementmodel	400 kr.	10.000 kr.	40.000 kr.

Tabel 8 Omkostninger i kroner, ved modelleringen inden for de tre informationskategorier. Prisen for volumenmodellen på 20.000 m² vil variere i forhold byggeriets fysiske udstrækning.

Beregningspost 3: Omkostninger for arbejdets gennemførelse

Da prisen for fx laseropmåling bl.a. forudsætter, at alt materiale er tilgængeligt og umiddelbart klart til at blive digitaliseret, vil en prisberegning baseret herpå næppe holde. Det må derfor betragtes som realistisk at arbejde med en faktor, der baseres på parathed af materialet. Som udgangspunkt benyttes her en faktor 2, og nedenstående priseksempler angiver priser, der dækker fra faktor 1 til faktor 2.

Denne post indbefatter serverplads, datavedligeholdssystemer, viewere, lokaler m.m. og beregnes her som en overhead på 100 %, hvorfor det endelige oversigtsskema vil se ud som følger:

Samlet pris for modelgenerering

	Parcelhus 200 m²	Kontorbyggeri 5.000 m²	Større kompleks 20.000 m²
Volumenmodel	5.000 kr.	5.000 kr.	>5.000 kr.
Rummodel	400 kr.	10.000 kr.	40.000 kr.
Elementmodel	1.600 kr.	40.000 kr.	160.000 kr.

Tabel 9 Tallene er inklusive overheadet.

Statslige bygherrers behov

Omfanget af arealer til digitalisering (tabel 6), kan ikke umiddelbart lægges til grund for en beregning af, hvad det koster at opnå et givet digitaliseringsniveau. Årsagen dertil er flerstrengt.

Dokumentationen for de eksisterende arealer er uklar, idet fx posterne regioner og kommuner i tabel 6 ikke har kunnet underopdeles. Desuden er der ingen viden om, hvor stor en andel af dokumentationen der foreligger digitale, og hvor stor en andel der er analogt. Dokumentationens kvalitet er afgørende for præcisionen i prissætningen for etableringen af digitale modeller, hvorfor beregningerne herfor vil være behæftet med nogen usikkerhed.

Med de forskellige niveauer anvendelse

Volumenmodel

En kommune som Gentofte med ansvar for ca. 320 bygninger vil kunne få alle bygninger skannet og digitaliseret som volumenmodeller for ca. 1,6 mio. kr.

Et helt funktionsområde som 'Kontor og Handel' (se tabel 2) vil uagtet ejerskab, såfremt den enkelte bygning ikke overstiger de 5000 m², kunne skannes for ca. 188 mio. kr. Med efterfølgende etablering af de digitale bygningsmodeller på volumenniveau vil den samlede pris ligge på ca. 376 mio. kr. (faktor 2, se Beregningspost 3). Hermed ville hele landet så også være dækket.

Hvis denne beregning blev gentaget med antagelsen af, at volumenmodellen var et spin-off af elementmodellen, ville regnestykket være overraskende, idet en elementmodellering af alle bygninger inden for typen 'Kontor og Handel' ville kunne gennemføres for ca. 550 mio. kr. Det skal her påregnes, at elementmodellen ville være betydelig mere informationstung end volumenmodellen, og at elementmodellen vil kunne understøtte samme funktion som volumenmodellen, netop fordi den geometriske entitet er et spin-off.

Elementmodel

I henhold til de statslige bygherrers arealportefølje vil prisberegningerne optimalt set betyde, at alle bygninger ville kunne etableres som elementmodeller for 31,6 mio. kr. Det skal dog understreges, at dette alene omfatter tidsforbrug for konvertering og ikke omfatter indhentning af rådata, indkøb og drift af IT-systemer for arbejdet; fx serverplads, datavedligeholdssystemer, viewere m.m. Desuden forudsætter denne pris, at al dokumentation er tilgængelig og af god kvalitet, hvilket betyder, at prisen for et aktivt system vil blive betragtelig større. Indarbejdes omkostningerne for dette før- og efterarbejdet vil prisen ligge på ca. 63 mio. kr.

Rum- og elementmodel

En driftsorganisation vil normalt kunne 'nøjes' med en rummodel, der repræsenterer arealerne. Imidlertid regner disse organisationer visse elementer som dele af rummet, hvorfor deres modeller faktisk er en blanding af rum- og elementmodel. Gentages ovenstående regnestykke for de tre statslige bygherrer, betyder dette derfor, at såvel rum- som elementmodellen skal indregnes i omkostningerne for digitaliseringen, hvorfor de samlede omkostninger i runde tal vil ligge på ca. 20 mio. kr. plus omkostningerne ved et aktivt system.

Det vil være hensigtsmæssigt, hvis flere modelbestillere, fx i form af flere kommuner, samarbejder omkring kravene for modelskabelsen, hvilket både letter selve digitaliseringen som benyttelsen af enslydende kategorier, objekttyper (både byggeriets som systemets), detaljeniveau, modelpræcisionen mv.

6 Diskussion

Ændrede sammenhænge og forretningsgange vil kunne skabe den anledning, der får den digitale vision til at slå igennem med den forventede effekt, idet disse ændringer, ud over optimeringer, skaber grundlag for en fremkomst af nye produkter. Mest sandsynligt som nye typer af serviceydelser.

En række spørgsmål trænger sig herved på i diskussionen om digitalisering af eksisterende byggeri. Hvilke eksisterende bygninger skal digitaliseres, hvilke modeltyper skal benyttes, og hvor meget information skal modellerne egentlig indeholde? For at komme nærmere på at kunne besvare disse spørgsmål vil det være gavnligt at se lidt nærmere på nogle af problemområdets begreber.

Volumenmodellen

Vedrørende modeltyper er det værd at se nærmere på, hvad beløbsangivelserne for specielt volumenmodeller i tabel 8 (Etablering af digitale bygningsmodeller) dækker over.

En volumenmodel er en model, der alene beskriver et byggeris overflade. Med en stereogrammetrisk metode kan denne overflade indfanges og digitaliseres relativ nemt. Der er imidlertid nogle forhold ved metoden, der begrænser anvendelsesmulighederne og dermed påvirker prisen.

I modsætning til øvrige modeltyper indeholder en volumenmodel ikke det nødvendige geometriske data til at kunne udtrække fx bruttoareal for byggeriet. Teknisk set er den type af informationer alene et tal, der er hæftet på modellen. Volumenmodellen er derfor en modeltype, der bærer informationer, og ikke en modeltype der kan generere informationer.

Da datafangstmetoden kun fanger den synlige overflade, må volumenmodellen påregnes noget efterarbejde, idet det usete, fx fundamentet, skal etableres på anden vis. Desuden skal overgangen mellem jord og bygning udredes for at sikre volumenmodellen som et selvstændigt og afgrænset objekt.

Størrelsen af et byggeri har ikke nogen nævneværdig betydning for prisen for en skanning til en volumenmodel. De variabler der har effekt på prisen er derimod graden af præcision samt bygningens kompleksitet. Hvor præcisionen sættes ved tætheden af det grid, hvormed bygningen skannes, er kompleksiteten afhængig af udhæng, tilbygninger, karnapper og lign.

En volumenmodel med høj præcision indeholder derfor mange punkter pr. m^2 og gør derfor en evt. efterbehandling relativ større end en volumenmodel med lav præcision. Et bygningskompleks kan bestå af mange bygninger, der skal skannes separat og derfor reelt vil bestå af mange volumener. Bygningskomplekser vil som reglen derfor kræve mange skanninger.

Man kan skabe en rummodel vha. volumenmodeller, hvor hvert volumen er resultatet af en skanning af det enkelte rum. Et parcelhus med fx 10 rum vil således kunne modelleres via ved 10 uafhængige skanninger og resultere i 10 selvstændige objekter. Denne fremgangsmåde er omkostningstung, men kan i rette tilfælde være værd at anvende, idet den er meget præcis.

En rummodel, der er opnået med ovenstående metode, kan i øvrigt anvendes til at skabe en elementmodel. En boolsk operation er en geometrisk metode hvormed objekter bl.a. kan trækkes fra hinanden. En volumenmodel, der fratrækkes alle sine rum, vil således være byggeriets fysiske elementer, altså en elementmodel. Imidlertid vil denne model kræve en stor bearbejdning, idet alle de fysiske elementer vil hænge sammen som et meget komplekst objekt. Dette objekt skal nedbrydes i separate dele som fx vægge, lofter, gulve, vinduer mv. for at blive operationel.

Bygningsmodellernes informationsniveauer

Det har været en udbredt forestilling, at en høj detaljering er den bedste detaljering, hvilket ikke kun hænger sammen med de projekterendes behov for præcision. Den udbredte anvendelse af computerskabt fotorealisme, ikke mindst i film og computerspil, har sandsynligvis været medvirkende til at skabe forestillingen om, hvordan computermodellerne i al almindelighed bør fremtræde. Hvis dette billede først har brændt sig fast, kan forventninger til hvad denne nye virkelighed kan effektuere blive tilsvarende stor. Men der ligger andre muligheder i at se den digitale bygningsmodel som en størrelse, hvor potentialet og informationsniveauet er sammenhængende.

Bygningsmodeller skal sjældent modelleres meget detaljeret, idet der skal være overensstemmelse mellem de ressourcer, der indgår i modelarbejdet og selve modellens anvendelse. Hvis bygningsmodellen skal anvendes til projektering, vil den skulle modelleres tilstrækkelig detaljeret til netop at kunne projektere på, men det vil være betænkeligt at skabe en projekteringsklar model i høj detaljering, hvis behovet herfor ikke er umiddelbart forestående. Det er derfor vigtigt at definere forskellige detaljeringsgrader og informationsniveauer for både modellens geometri og de tilknyttede informationer samt at lade definitionerne hvile på anvendelsespotentialet frem for forestillingen om fremtræden. Dette vil skabe modeller, der sandsynligvis afviger fra forventningerne om en grafisk realisme.

At skabe modeller der er målrettet bestemt anvendelse vil sjældent være modeller, der kan anvendes i mange andre sammenhænge. Modellerne vil være billigere at fremstille, idet kun det for opgaven nødvendige vil være modelleret, end modeller der kan håndtere mange anvendelser. Dette åbner for en diskussion om, hvorvidt forestillingen om én totalmodel, uden redundans, kan opretholdes, og om mange modeller med indbyrdes redundans er et praktisk alternativ. I byggeriet er de to modeltyper bedre kendt som Fællesmodellen og fagspecifikke modeller.

Hvor informationsniveauer, brugt i projekteringsmodeller har taget udgangspunkt i byggeriets syv faser (se Bilag B. Brugerbehov og informationsniveauer), fordrer de digitale repræsentationer af det eksisterende byggeri knapt så mange niveauer. Derfor ses de tre informationsniveauer; volumen, bygningsdele (rum og elementer) samt komponenter som operationelle størrelser, idet de giver hurtigere overblik for en vifte af brugere, herunder ikke mindst beslutningstageren.

Modellers informationsniveau er imidlertid plastiske størrelser, der næppe lader sig definere som endegyldige størrelse. Behovet for informationer må være afgørende for fastsættelse af modellernes informationsniveau. Og da behov er en stærkt varierende størrelse, vil den praktiske konsekvens være, at de enkelte modeller vil bestå af en sammenblanding af objekter fra forskellige modeltyper. Den bedst egnede model til en given opgave kan således fx være en blanding af en volumenmodel og dele af bygningselementer og alle dets rum.

Hvilke bygninger skal digitaliseres?

Uagtet hvor god en digitaliseret bygningsmodel er, spiller det ingen rolle, hvis den ikke anvendes. Bestemmelsen af hvilke bygninger der skal digitaliseres må hænge nøje sammen med spørgsmålet om, hvad denne model skal anvendes til. Anvendelsen hænger igen samme med behovet.

Det er derfor ikke muligt på forhånd at udpege bestemte typer eller kategorier af bygninger som særlig velegnet. Anvendelsen og behovet vil være et bedre udgangspunkt i valget af hvilke bygninger, der skal digitaliseres.

Et oplagt behov er naturligvis, hvis et eksisterende byggeri skal renoveres, eller hvis der skal foretages en tilbygning. I begge tilfælde vil behovet være dokumenteret projekteringsmateriale, der skal anvendes af de projekterende, og som sådan er denne type ikke specielt udpeget, idet digitaliseringen vil være en naturlig følge af arbejdets behov.

Den store gruppe af byggerier, altså dem der ikke står foran ombygninger, er en mere interessant gruppe, idet de behov der bundet op til dem vil kunne give et fingerpeg om, hvor digitaliseringen skal begynde. Energioptimering kan være en typisk driver.

De bygninger, for hvem ejerne og brugerne kan få størst mulig værdi af en digitaliseret model, kan derfor være en start for bestemmelsen af hvilke bygninger og bygningskomplekser, der skal digitaliseres. Som følge heraf bør de bygningsbrugere med bedst muligt formulerede ønsker til bygningsmodeller være oplagte at tage udgangspunkt i.

Statsbygherrerne er allerede underlagt krav om digitalisering. Om end dette er inden for nybyggeri, har det givet anledning til at reflektere over anvendelser, metoder m.m. Statsbygherrerne er allerede i gang med at digitalisere dele af ejendomsporteføljen med de generelle mål at skabe overblik samt optimere driften. Hvor overblikket er ved at være etableret, er optimeringsøvelserne stadig under udvikling. En vej frem er at lade statsbygherrerne fortsætte denne udvikling og løbende bringe data i anvendelse, der både optimerer samt giver ny indsigt.

Nogle kommuner er mere på omgangshøjde med den digitale udvikling end andre og er allerede i gang med digitaliseringen. Disse kunne med held bringes til at udvide kredsen af digitaliseringskommuner.

Startes en digitalisering af byggeriet fra flere samtidige epicentre, er det essentielt, at disse modeller følger en række standarder, der sikrer en potentiel anvendelighed større end den enkeltes behov. Det kunne eksempelvis være så banalt, som at en udredning af det samlede antal af vådrum i alle landets offentlige byggerier naturligvis kræver at standardiseret anvendelse af rumbetegnelser.

Egenskaber

Digitalisering af eksisterende byggeri handler om mere end digitalisering af de geometriske forhold. Alt hvad der ikke kan tegnes eller modelleres er også vitalt data. Tal, der fx udtrykker et modelleret objekts vægt eller pris, er beskrivelser af objekter, der kan være lige så vigtige som det modellerede. Disse data kaldes objektets egenskaber, og ret beset er de geometriske data også en egenskab, altså et datasæt der er knyttet til objektet, og beskriver dets geometriske afgrænsning.

Byggeriet har traditionelt skelnet mellem tegningen og beskrivelsen. Dette forhold har haft en afsmittende effekt på opfattelsen af, hvad digitale egen-

skaber er. Udgangspunktet har været, at det digitale objekt er det modellerede objekt, og egenskaberne er de data, der knyttes hertil. Ofte vil denne opfattelse dog ikke have en praktisk betydning. Imidlertid vil en mere bred betragtning åbne for nye muligheder, fx hvis BIM-modellen betragtes som en økonomisk model, en energitabsmodel mv. Den geometriske model er i denne forståelse kun én af flere betragtninger af BIM-modellen.

I praksis vil de ikke-modellerede egenskaber blive den side af BIM-modellen, der erstatter byggeriets beskrivelsesside. Der er imidlertid stadig et stykke vej hertil, idet der mangler software, der på en let måde håndterer denne side af sagen. Desuden mangler egenskabs- eller beskrivelsesdata en rubriceringsform eller klassifikation, der gør arbejdet operationelt. Indtil videre må de systemer, der er tilgængelige, parres med sund fornuft samt kopiering af de analoge metoder, således at en digital tilgang til data kan gennemføres, om end med visse restriktioner for mere moderne datahåndteringsteknikker.

7 Konklusion

Digitaliseringsmetode

Metoden for digitalisering af eksisterende byggeri afhænger af byggeriets kompleksitet samt det ønskede informationsniveau. Når anvendelse af den digitale model er defineret, enten af brugeren selv eller den bagvedliggende forretningsplan, vil metodevalget ofte ligge lige for.

Nedenstående matrix med eksemplerne på anvendelsesområder i den ene akse og modelniveauet i den anden vil kunne give et fingerpeg om relevant informationsniveau.

Anvendelsesområderne og deres Modelniveau

<i>Modelniveau:</i>	<i>Volumen</i>	<i>Rum</i>	<i>Element</i>	<i>Komponent</i>
Renovering / tilbygning			x	x
Almen Drift	x	x		
Alment Vedligehold		x	x	
Teknisk Vedligehold		x		x
Nøgletal anvendelse	x	x		
Nøgletal anlæg		x	x	
Byplanlægning	x	x		
Navigering i komplekser	x			
Vejvisning i byggeri		x	x	
Komponentidentifikation		x		x
Simuleringer til prof.			x	x
Simuleringer til ikke-prof.		x	x	

Tabel 10. Modelniveauer i relation til anvendelsesområderne i eksemplerne, kapitel 4 Anvendelse af digitale data.

En komponentmodel vil ikke nødvendigvis indeholde de foregående modeltyper, forstået på den måde at en komponentmodel ikke nødvendigvis indeholder de rum, hvori komponenterne eksisterer. Det vil dog kunne hæve anvendelsen, hvis netop rum også er modelleret i sammenhæng med fx en komponentmodel, idet det derved letter identifikationen af komponenten.

De tolv eksemplificerede anvendelsesområder afspejler mulige oplagte anvendelser, og flere af områderne er således også fremkommet i de gennemførte interviews, om end i forskellige afskygninger. Som det ses i tabel 10, er spredningen af modeltyperne jævnt fordelt. Denne spredning må forventes at opretholdes ved en udvidelse af antallet af anvendelser, hvorfor de teknologier der understøtter frembringelsen af de forskellige modeltyper sandsynligvis vil fortsætte med at blive udviklet parallelt.

Incitamenter og barrierer

Incitamentet til at digitalisere et givent byggeri er, at resultatet kan afkaste en gevinst, der gør indsatsen værd at gennemføre. Dette kan enten være i form af optimering af gældende praksis og/eller udbud af nye produkter, sandsynligvis i form af nye servicefunktioner. Hvis digitaliseringen skal udbredes, skal denne gevinst være synlig og positiv.

Byggeriet har haft stor fokus på optimeringer vha. digitale modeller, men med tanke på at denne øvelse indtil nu ikke har haft en mærkbar produktivitetseffekt, vil det være hensigtsmæssigt, hvis ikke nødvendigt, at parre optimeringsøvelsen med nye anvendelsesområder for de digitale modeller.

Fremkomsten af nye anvendelsesområder kan således være et incitament for at digitalisere, såfremt det digitale produkt netop skaber en gevinst. Denne gevinst vil naturligvis blive større, hvis modellerne både optimerer og skaber nye afsætningsmarkeder. Byggeriets digitalisering har synliggjort muligheden for nye forretningsområder gennem nye produkter og har inden for snævre områder også igangsat tiltag på området. Imidlertid har byggeriet været tilbageholdende, sandsynligvis fordi der som i enhver anden forretningsudvikling er en vis risiko. Denne risiko er måske den største barriere for udviklingen.

Incitamenter og barriere er således to sider af samme sag og kan som sådan låse situationen. Hvis det imidlertid viser sig, at en optimeringsindsats, samt en tilhørende forretningside, faktisk giver den produktivetsgevinst som byggeriet netop har søgt gennem digitaliseringen, vil barrieren kunne falde.

Omkostninger og fordele

Belært af erfaringer med it-udviklingsprojekter vil det være hensigtsmæssigt at betragte informationsniveauet som den parameter, der afgør omkostningen for skabelsen af en digital bygningsmodel. Uden at ende i forsimpelfælden handler det om at forenkle modellerne, så omkostninger er bragt i balance med den fordel, modellen kan give. Forenklede modeller har den fordel, at hvis de er udført i nøje overensstemmelse med deres anvendelse, vil de bringe klarhed for brugeren og derved understøtte dennes behov. Som for incitamenter og barrierer, er omkostninger og fordele sammenhængende, og må tage udgangspunkt i en forretningside, der starter med en defineret aftager/brugergruppe.

Forenklet sagt har Det Digitale Byggeri initieret en udvikling hvor bygherren skulle være aftageren af de fordele digitaliseringen bragte med sig. Produktet var færre fejl og en slanket byggeproces. De der skulle sikre dette, var primært rådgiverne. Skal digitaliseringen bringes videre til det eksisterende byggeri, vil det være nødvendigt at synliggøre produktet meget mere end hidtil og bringe aftagerne i betydelig større kontakt til det faktiske produkt. Det er næppe nok at sælge et forventeligt produkt til repræsentanten for en brugergruppe. Brugernes behov, samt de modeltyper der indeholder et informationspotentiale til at tilfredsstille disse behov, er derfor essentielle for udviklingen.

Brugeres behov og de tilsvarende modelniveauer

<i>Modelniveau:</i>	<i>Volumen</i>	<i>Rum</i>	<i>Element</i>	<i>Komponent</i>
Bygherre	x	x	x	x
Rådgiver	x	x	x	x
Entreprenør			x	x
Materialeleverandør			x	x
Teknisk drift			x	x
Administrativ drift	x	x	x	
Bygningsejer (fx parcelhus)	x	x	x	x
Bygningens daglige bruger	x	x		
Byens bruger	x			
Forsikringsselskaber	x	x		x
Forsyningsselskaber		x		x
Forskning	x	x	x	x
Kommuner	x	x	x	
Statsadministrationen	x	x	x	

Tabel 11. Forhold mellem brugergrupperes primære behov og modeltypernes informationsniveau.

Hver bruger kan udspecificeres i en række delfunktioner, der modsvarer det enkelte modelniveaus informationsindhold. Således vil bygherre kunne have behov for bygningsoversigter ved volumenmodellen, disponeringer og nøgletal for funktioner ved rummodellen, beregning af omkostninger ved anlæg og vedligehold ved elementmodellen og fx oversigt af det enkelte byggeris komponentforbrug ved komponentmodellen. Hvert kryds i ovenstående tabel kan derfor dække over flere serviceydelser. En sådan type af serviceydelse kan desuden foreligge fra forskellige udbydere.

8 Litteratur

Aggerholm, S. og Grau, K. (2008). *Bygningers energibehov*. (SBI-anvisning 213). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Basismodel (2006). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
Lokaliseret 20100708 på
<http://www.sbi.dk/byggeprocessen/basismodel/basismodel>.

Bygningsopgørelse 1. januar 2009. (2009). *Statistiske efterretninger 29. juni 2009*. Danmarks Statistik

COWI. (2009). *Digital forvaltning af bygninger fra vugge til grav*.

Pedersen, F., Wittchen, K.B. og Bertelsen, N.H. (2007). *Energirammeberegninger på universitetsbyggeri. Afprøvning af nye energikrav på Det Farmaceutiske Fakultet*. (SBI 2007:07). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut

Yderligere litteratur

Aalborg Universitet. (2005). *Bygherrekrav 3D-modeller. Kravspecifikation, version 2*, 6. september 2005.

Det digitale byggeri. Bips. (2006). *DBK vejledning 2006. Beregningsmodel, klassifikations- og referencesystemer*.

Birch Sørensen, K. (2009). *Virtual Models Linked with Physical Components in Construction*. Aalborg Universitet.

Clausen, L. (2002). *Innovationsprocessen i byggeriet. Fra idé til implementering i praksis*. (Rapport BYG-DTU R-031). Danmarks Tekniske Universitet.

Danmarks Erhvervsråd. (2007). *Danmarks erhvervsråds handlingsplan for brugerdreven innovation*.

Danmarks Statistik. (2009). *Statistisk Årbog 2009*.

Dansk Arkitektur Center. (2006). *Brugerbehov og brugerdreven innovation i byggeriet*.

Domænebestyrelsen. (2008). *Handlingsplan 2009*.

Erhvervsministeriet. (2009). *Det Digitale Byggeri - rapport fra en arbejdsgruppe*.

Hongchao, F., Meng, L. (2009). *Automatic derivation of different levels of detail for 3D buildings modelled by CityGML*. International Graduate School of Science and Engineering Department of Cartography, Technische Universität München.

Kamp, A., Koch, C., Buhl, H., Hagedorn-Rasmussen, P. (2005). *Forandringsledelse - med koncepter som ledestjerne*. København: Nyt Teknisk Forlag.

Kiviniemi, A. et al. (2008). *Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM*. Erabuild.

Nagel, C. et al. (2009). *Conceptual Requirements for the automatic reconstruction of Building Information Models from uninterpreted 3D models*. Institute for Geodesy and Geoinformation Science, Technische Universität Berlin.

Simonsen, R. (2007). *Et ledelseskoncept i politiske arenaer – Lean Contruction i dansk byggeri*. Danmarks Tekniske Universitet.

Sørensen, N. L. (2008). *BMF i rådgiver- og entreprenøraftalen. Vejledning for projektledelse af undervisningsbyggeri*. Upubliceret.

Bilag A. Interviews

For at få et øjebliksbillede af hvordan digitaliseringen af det eksisterende byggeri bliver betragtet fra forskellige parter, er det under projektperioden gennemført en række interview. Interviewobjekterne er valgt med baggrund i deres tilknytning til digitaliseringen, deres forskellige roller og særlige interesser indenfor digitaliseringsfeltet i form af at de enten ejer, skaber eller bruger de digitaliserede data. På trods af de forskellige roller er alle interviewet med fokus på incitamenter og barrierer i forbindelse med digitaliseringen af det eksisterende byggeri.

Hovedpointerne i interviewerne er i det følgende skrevet sammen for at give en bred forståelse af situationen som den er i dag.

Der er generelt en positiv holdning til digitaliseringen, men at der er et stort arbejde med at udarbejde fælles strategier, standarder og placering af ansvar mellem parterne. Der påpeges et gennembrud for samarbejde på tværs af sektorerne om en fælles bygningsmodel. Videre kommenteres, at dette *kan* være tilfældigt, men IFC har gjort udviklingen mellem formater og parter nemmere, og de eksisterende referenceprojekter visualiserer nye potentialer og udviklingsområder for digitaliseringen.

Det er dog en klar efterspørgsel efter fælles strategier mellem parterne. Både strategier på tværs af sektorerne, men også behov for kommunikation på tværs af hierarkierne indenfor den enkelte sektor: 'Digitaliseringen bliver aldrig en succes før driftsorganisationerne accepterer og bruger systemet'.

Et andet punkt der kom op under interviewerne var at standarderne indenfor digitaliseringen bør tage højde for forskellige organisationers og virksomheders behov. Fx kan præcision udgøre en barriere; 10 cm's nøjagtighed er 100 gange dyrere end 1 meters nøjagtighed og ikke alle brugergrupper har behov for den højeste detaljering. Høj detaljering kræver præcision, samt enormt vedligehold af data. Standarderne bør kunne omfatte denne vægtning af behov og præcision.

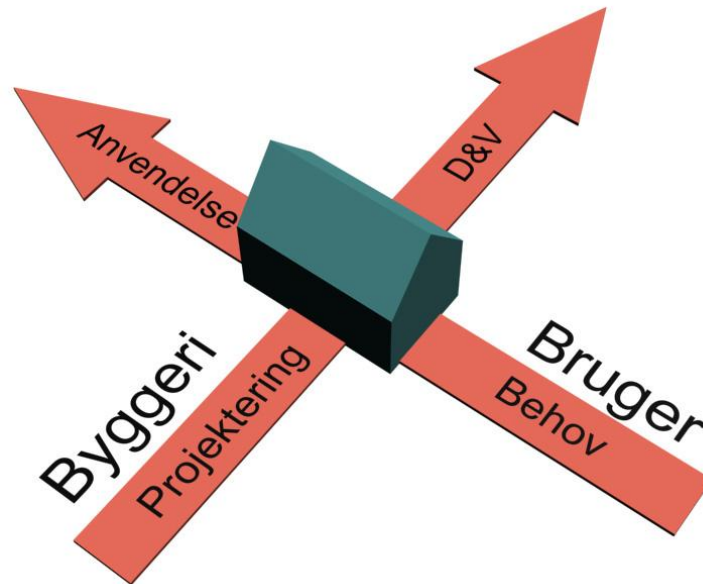
Et af udsagnene var 'at de nye produkter og forretningsgange opleves som en drivkraft for digitaliseringen af byggeriet, med fascination for de nye muligheder og teknologier, men at der også synes at være en modstand og skepsis fx ift. markedsudvikling og nye forretningsgange.

Udviklingen og anvendelsen af digitaliseringen vil kunne hjælpes i gang gennem overskuelige pilotprojekter som kommunikerer og illustrerer potentialerne for både driftspersonel og beslutningstagere. Kultur, vaner og manglende procedurer gør det svært at operationalisere og bruge systemerne fuldt ud, hvilket kræver at brugerne bliver uddannet gennem undervisning i de nye værktøjer.

Bilag B. Brugerbehov og informationsniveauer

Digitale værktøjer indeholder en række muligheder til at optimere arbejdsgange, der ville kræve store ressourcer at gennemføre analogt. Det er dog afgørende at en eventuel digitalisering vurderes i det enkelte tilfælde og at opgaven løses på det rigtige detaljeringsniveau.

Definere / identificere brugeren



Figur 1 Byggeriets og brugerens akse

Byggeriet danner et knudepunkt mellem forskellige parter, hvor byggeri og byggeriets slutbrugere er repræsenteret i hver sin akse (Figur 1). Byggeriets akse går fra projektering og opførelse af det fysiske byggeri til drift og vedligehold af det byggede. Brugerens akse omhandler de menneskelige aktiviteter og går fra brugernes behov til byggeriets anvendelse. I nærværende rapport dækker betegnelsen brugere *'brugere af den data der skabes i en digitaliserings henseende'*, og kan findes i begge de to akser.

Det vil være vanskeligt at i detaljer, at gøre rede for alle de mulige eksisterende og potentielle brugere af det digitaliserede byggeri, men betragtes de organisatoriske forhold der ligger bag digitaliseringen, er det tale om tre roller:

- De der ejer data; vedkommende der har ejerskab for tegningsmaterialet, og kan typisk være en bygningens ejer, bygherre eller driftsherre.
- De der skaber data; kan fx være rådgiveren, der på opdrag fra dataejer, foretager en opmåling af bygningen, digitaliserer eksisterende analogt materiale, tilpasser eksisterende digitalt materiale eller producerer digitalt materiale i forbindelse med ombygning / renovering.
- De der bruger data; er de der i sidste ende benytter sig af de nye informationer der produceres gennem digitaliseringen. Det kan være driftspersonellet der følger vedligeholdslister, patienter eller pårørende på sygehuset der skal finde vej eller administrationspersonale der laver arealdisponering ved semesterstart.

Aktører kan indgå i flere roller. En ejer af data, kan fx også være primær bruger af data. Men i de fleste tilfælde vil de forskellige parter have forskellige behov, og dataejereren skal stille krav til dataskaberen, der sikrer at data-brugeren får anvendelige data.

De der ejer data, vil således være koncentreret omkring egne forretningsgange, og alene stille fordringer til skabelsen af data i denne sammenhæng. Men såfremt dataejer anlægger betragtninger rettet mod 'de der bruger data', bør også dette ske i lyset af egen forretning. Om ikke andet så fordi det alene er god forretning at stille kunderne tilfreds.

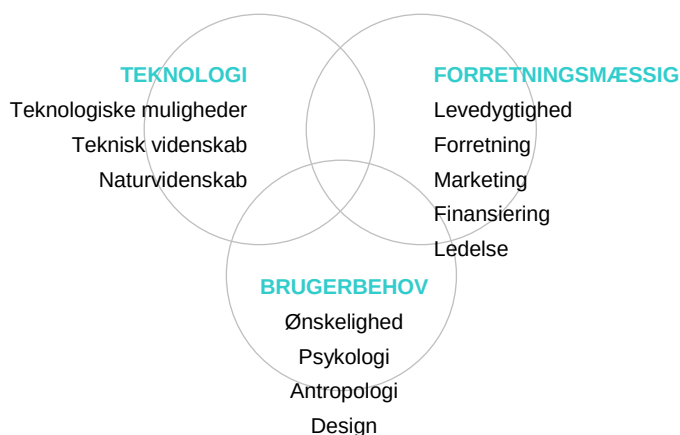
Brugerbehov

Det digitaliserede byggeris forskellige brugere, og brugsområder, har forskellige behov, og stiller ulige krav til såvel data som det software hvormed data bearbejdes. Ved at målrette digitaliseringen efter den givne bruger, inden digitaliseringen iværksættes, vil man undgå spild af tid og ressourcer på ikke-relevant information.

Brugerinddragelsen kan etablere en forståelse for det nye tiltag og en følelse af ejerskab hos brugeren, der letter ibrugtagelsen og gør det nemmere at implementere de nye værktøjer hos brugeren.

Brugerdreven innovation

Brugerdreven innovation bygger på at brugernes behov er grundlag for udvikling af idéer, produkter og services, som er tilpasset slutbrugeren.



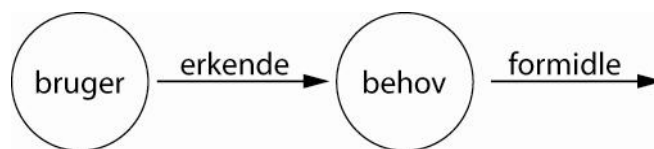
Figur 2 Brugerdreven innovation, illustrationen er hentet fra *Handlings plan for brugerdreven innovation*, Danmarks Erhvervsråd

Viden om brugerens behov vurderes i sammenhæng med teknologi og forretning (se ovenstående figur 2). De teknologiske muligheder afdækkes og deres forretningsmæssige værdi ses i relation til den aktuelle løsning. Ses dette i forhold til digitaliseringens tre parter, dataejer, dataskaber og data-bruger, vil teknologi først og fremmest indgå som en del af data-skabelsesprocessen. Det forretningsmæssige aspekt vil være i dataejerens interesse og brugerbehovet omfatter slutbrugers behov.

Metoder til at samle information om det aktuelle brugerbehov

Når den aktuelle bruger er identificeret / defineret, er næste skridt at indsamle og omsætte informationer om brugerbehovet. Det er ikke altid en let tilgængelig information, da slutbrugeren af digitale data kan bestå af enkeltstående personer eller grupper af varierende størrelse med vidt forskellige interesser.

Metoder til afdækning af brugerbehov er typisk brugerinddragelse, markedsundersøgelser og behovsanalyser. Målet for disse metoder er at give slutbrugerne redskaber til at erkende og udtrykke deres behov, samt forstå og omsætte de behov det bliver givet udtryk for.



Figur 3 Indsamling af information om brugerbehov kræver værktøjer til at erkende og formidle de aktuelle ønsker og behov

Informationsniveauer

Et givent informationsniveau i en 3D model er udtryk for modelrepræsentationens bestanddele; hvor konkret specificeret og præcist angivet de indgående geometriske byggeobjekter i modellen er, samt et udtryk for hvilke objektinformationer der indgår.

Den digitale model er en repræsentation af bygningen, og detaljeringsgraden vælges i overensstemmelse med brugerbehovet i en konkret situation.

Geometri

En bygning repræsenteres ved forskellige informationsniveauer i 3D modellen. Overordnet for en modellering af et eksisterende byggeri ligger matriklen, byggegrunden og bygningens fodaftryk – altså hvor bygningen befinder sig i verden. Matriklen rummer samtlige bygningskroppe beliggende indenfor matriklens rammer.

Den simpleste tredimensionelle form er det samlede og lukkede volumen, der beskriver bygningens højde, bredde og dybde. Denne volumen kan nedbrydes i elementer og rum, hvor rummet er selvstændige objekter/enheder som køkken, soveværelse og badeværelse, på lig linje med elementerne. Rummene adskilles af elementer, der på samme tid konstituerer rummene. Elementerne kan videre inddeles i komponenter og et rum kan specificeres på et ikke-geometrisk plan, fx ved at de menneskelige aktiviteter i det pågældende rum beskrives. De tre niveauer er således: volumen, elementer/rum og komponenter/aktiviteter.

Objektinformationer

I en bygningsmodel kan der i tillæg til det geometrisk modellerede, som repræsenterer de fysiske objekter, også være behov for at implementere øvrige informationer om objekterne. Denne type objektinformationer bliver i dag typisk udarbejdet mere eller mindre manuelt i BIM modeller, gennem byggeriets planlægnings- og opførelsesfaser. BIM er som projekteringsværktøj baseret på komponenter, der ikke altid er synlige for observation (samlinger, skjulte konstruktioner, rørføringer etc.), hvorfor disse komponenter ikke direkte kan benyttes i digitalisering af det eksisterende byggeri hvor de skjulte konstruktioner er ukendte (Nagel et al 2009).

Relevante objektinformationer skal indarbejdes i det eksisterende byggeris digitale modeller, på det niveau modellen bliver genereret. Objektinformationerne kræver en standardiseret kodning, og der er en voksende erkendelse af vigtigheden af at orientere sig mod de internationalt anerkendte standarder. I Dansk Bygge Klassifikation, DBK, (DBK vejledning 2006) er man gået i gang med det indledende arbejde for byggeobjekttyper på nationalt plan, men det primære mål imidlertid være, at man får sikret anvendeligheden gennem et system, der er operationelt i forhold til forskellige fag- og målgruppers anvendelse.

Objektinformationer vil forekomme på generelt og specifikt niveau. Informationer om opførelsesår, samlet areal, lokalplaner og lovgivning vil ligge på et

generelt niveau der gælder hele byggeriet, mens objektinformationerne om den enkelte bygningsdel eller bygningselement er på et specifikt niveau.

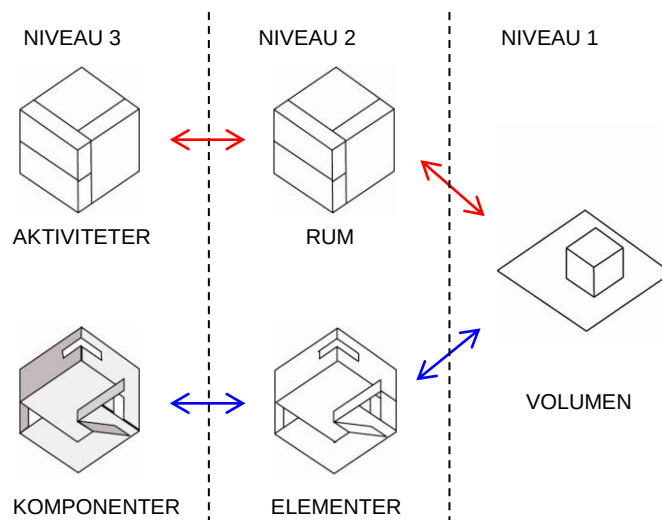
Tre informationsniveauer

Modelniveauer for det eksisterende byggeri:	Modelniveauer anvendt ved projektering:	Modelniveauer med kobling til projekteringsfaserne:
Volumenmodel – Solide grundformer	Kravmodel Terrænmodel med eventuelt omkringliggende bygninger	NIVEAU 0 Volumenmodel med grund og eksisterende byggeri
	Volumen Grov repræsentation af bygningen i massive grundformer	NIVEAU 1 Modulkomponenter og grove bygningsdele
Bygningsdelsmodel (rum / elementer) – Hovedbygningssdele og rumidentiteter i samme niveau	Rum Rummets udstrækning i form af geometriske entiteter	NIVEAU 2 Byggeobjekter med placering og geometri
	Element Hovedkonstruktioner med geometrisk afklaring og definerede åbninger	NIVEAU 3 Byggeobjektyper med konstruktiv opbygning.
	Bygningsdel Hovedkonstruktioner med geometrisk afklaring og definerede åbninger	NIVEAU 4 Modellen som grundlag for udtræk. Detaljering efter behov.
Komponentmodel – Som bygget	Konstruktion Konstruktions-elementer	NIVEAU 5 Bygningsdele med opdaterede egenskabsdata (konkrete værdier)
	Som udført Konstruktion	NIVEAU 6 Som bygget

Tabel 7 modelniveauer anvendt i den digitale bygningsmodel, for henholdsvis det eksisterende byggeri og byggeri under projektering (tabel 10 og 11).

For at operationalisere den digitale bygningsmodel for det eksisterende byggeri, er der identificeret tre informationsniveauer, gældende for 3D modellen. Niveauerne, vist i venstre kolonne i Tabel 7, er udarbejdet på baggrund af en forenkling og sammenfatning af de informationsniveauer anvendt i byggeriet og vurderet mod de primære brugerbehov:

- niveau 1: det samlede bygningsvolumen
- niveau 2: bygningens rum og elementer
- niveau 3: aktiviteter og bygningskomponenter.



Figur 4: Model repræsenteret i de tre informationsniveauer. De røde pile illustrerer drift og brugeres opfattelse af byggeriet, mens de blå pile illustrerer rådgiver og bygherres syn på byggeriet.

Forskellige faggrupper betragter byggeri forskelligt. Rådgivere og bygherrer betragter en bygning som fysiske objekter eller elementer, mens driftsfolk og bygningens brugere opfatter bygningen som en sammenstilling af rum og rumforløb. Det er i den digitale verden, som i den virkelige, to sider af samme sag. Rummet og objekterne eksisterer afhængig af hinanden, og den digitale model gør det muligt at se de to entitetstyper adskilt. Figur 4 viser de to anskuelsesformer hvor rådgiver/ bygherres tilgang typisk følger de blå pile og drift / brugers tilgang følger de røde pile.

Det enkelte informationsniveau forudsætter de foregående niveauer og detaljeringsgraden stiger med niveauerne. Hvor niveau 1 – volumenmodellen - er den mindst detaljerede, øges detaljeringsgraden for modellerne i niveau 2 og 3.

Niveau 1: Volumen

Volumenmodellen er den simpleste bygningsmodel og principielt udgangspunkt for de øvrige niveauer. Volumenniveauet er blot en geometrisk afbildning af bygningens volumen. Objekterne er solide grundformer og minder om de volumenmodeller af skum, gips eller træ, som arkitekter traditionelt benytter i skitsen. Dette niveau bliver brugt til volumenstudier eller byrumsanalyser og kan desuden benyttes i simuleringer af sol - og dagslysforhold. 3D objekterne vi kan se i Google Earth er et eksempel på en volumenmodel.



Figur 5 Volumenmodel af New York. Benyttet i 80'erne af Skitmore, Owin & Merrill.

Detaljeringsgrad og præcision kan variere indenfor de enkelte niveauer. Fx kan volumenmodellen modelleres med eller uden karnapper, korrekt taghældning og udhæng mv. I modsætning til bygningsmodellerne i de tidlige tilblivelsesfaser, er disse ting kendt i det eksisterende byggeri og man vil vurdere detaljeringsgrad efter hvad volumenmodellen skal bruges til.

Objektinformationer for niveauet gælder hele bygningsvolumenet, og kan tage udgangspunkt i BBR oplysninger der omfatter opførelses år, om - og tilbygnings år, bebygget areal, antal etager, anvendelse, samlet boligareal, samlet erhvervsareal, areal af udnyttet tagetage, areal af udestue, tagdækningsmateriale, og energiforsyning.

Der kan være behov for at inkludere informationer om selve matriklen i modellen, eller for informationer fælles for alle bygningsvolumener på samme matrikel. Findes der flere bygninger på matriklen, er de enkelte bygningsvolumener indbyrdes uafhængig.

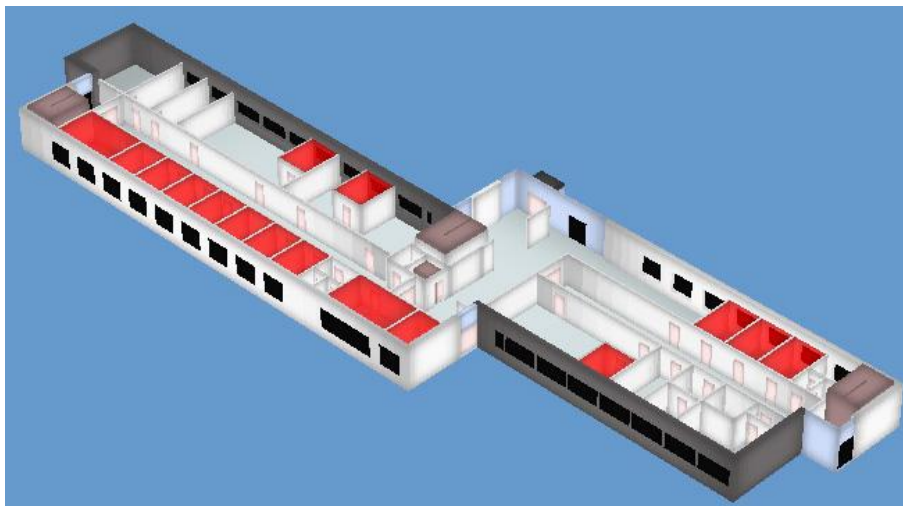
Informationer der gælder hele det samlede byggeri og omfatter adresse, navne, administrative enheder, parceller, lokalplaner, love og byggeprogrammer knyttes til matriklen.

Niveau 2: Bygningsdelsmodel - Elementer og rum

Elementer og rum udgår fra den samme bygningsdelsmodel, men da de repræsenterer to forskellige anskuelsesformer og funktionstilgange skilles de to ad.

I geometrisk forstand består volumenmodellen af en elementmodel og en rummodel; eller m.a.o.: rummodel plus elementmodel = volumenmodel.

Sammenhængen afspejler en gammel diskussion om hvordan rum defineres og forstås, men på det mere pragmatiske plan kan sammenhængen benyttes til at kvalitetssikre modellen.



Figur 6 Model af DFU, hvor nogle af rummene (røde) og elementerne (på hovedbygningdelsniveau) er vist samtidig.

Bygningsdelsmodeller med en administrativ anvendelse vil ikke kræve samme millimeter præcision som en model der skal bruges til projektering og renovering, hvorfor geometrien kan tage udgangspunkt i materiale, nogenlunde svarende til tegninger i 1:100. Modelniveauet kan anvendes til planlægning og eksekvering af drifts- og vedligeholdsgaver. Hvis modelniveauet fx benyttes til at linke til 2D analoge as-built tegninger, tekniske beskrivelser mv. kan den være indgangsnøgle til de tekniske drifts- og vedligeholdsgaver.

Elementer

Modellen repræsenterer bygningens elementer som hovedbygningssdele: dæk, vægge, gulve, trapper, vinduer, døre mv. på et generelt plan. Man får et indtryk af rumlige sammenhænge, størrelsesforhold og disponering. Modellens geometri og indbyrdes relationer er i samsvar med det eksisterende byggeri og modellen giver mulighed for simulering af lys, akustik og indeklima, termisk simulering, brandsimulering og prissimulering. Dette niveau danner grundlag for visualiseringer af rummet og vil være tilstrækkelig i ombygningsprojekter på generelt niveau hvor statiske beregninger og særlige detaljesnit ikke er nødvendig (eller løses i 2D).

Objektinformationer under elementer: Ydeevne – bygningsdele (dæk, væg, trappe). BBR oplysninger på bygningsniveau; ydervægs- og tagdækningsmaterialer, installationer, samt vand- og afløbsforhold.

Rum

I rummodellen udgør bygningens rum individuelle objekter, som nyttevolumen. Det er altså det indvendige 'tomrum' eller mellemrummet mellem gulv, loft og vægge. Niveauet lægger an til fx areal - og rumdisponeringer, og i samspil med elementmodellen til diverse simuleringer.

Objektinformationer under rum: Ydeevne for funktioner (køkken, badeværelse, soveværelse osv.). BBR oplysninger på ejendoms-, bygnings- og enhedsniveau; køkkenforhold.

Niveau 3: Komponenter og aktiviteter

Niveauet er en videre udbygning af niveau 2's bygningsdelsmodel.

Komponentmodellen er en detaljeret model, hvor geometrien bliver mere specificeret fra elementer til komponenter. Modellen repræsenterer de konkrete bygningsdele. Sammensatte bygningsdele er defineret i detalje med specificering af den enkelte bygningsdels opbygning; hvor det i elementmodellen opereres med elementer som vægge, vil det i komponentmodellen være tale om sammensætningen af væggen; konstruktion, føringsveje, isolation, membran, beklædning. Her er konstruktion og de indvendige detaljeringer på plads og modellen kan danne grundlag for renoveringsopgaver, teknisk drift og praktisk vedligehold, hvilket optimalt set kræver at alle tekniske specifikationer ligger knyttet til objekterne digitalt.

I den ideelle komponentmodel er der tale om at modellen nærmer sig det faktiske byggeri, altså en 1:1 situation. Dette tilnærmelsesforhold er modeltypens problematiske side, idet en gennemført 1:1 model, alt andet lige vil være lige så omkostningstungt som det faktiske byggeri. Komponentmodellen skal derfor planlægges og udføres i nøje sammenhæng med dets anvendelse, og kan løses i et detaljeringsniveau, der typisk modsvarer det traditionelle detaljeringsniveau i den analoge tegning med skalforhold svarende til 1:5 eller 1:10. Hvor renoveringsopgaver kræver præcision i geometrien, kræver den tekniske drift, fx af pumpeanlæg, præcision i egenskabsdata. Den praktisk udførte komponentmodel, vil kun have udvalgte objekter i niveauet. De øvrige objekter vil findes modelleret i niveau 2.

Objektinformationer under komponenter: Egenskabsdata på produktniveau.

Aktiviteter udgår fra rummodellen i niveau 2, men hvor de egenskaber og objektinformationer der er tilknyttet bliver specificeret, evt. koblet op mod et tidsforløb eller rumlig forløb og sammenhæng. Rumlige specifikationer kan være ting der foregår i det specifikke rum, men med relation til personer, egenskaber, handlinger eller ressourcer. Det kan være tale om møder, tilsyn, vedligehold eller markering af given flugtvej ved evakuering.

Her kan objektinformationer være egenskabsdata for firmaets ansatte, et givent lokales ressourcer eller måske den korteste vej fra A til B.

I det følgende beskrives de fire modelniveauer i oversigtlig form med de enkelte niveaus objektinformationer.

	NIVEAU 1	NIVEAU 2		NIVEAU 3	
GEOMETRI	Volumen	Rum		Aktiviteter	
			Elementer		Komponenter
OBJEKTINFORMATIONER	Bygnings-type	Funktioner/ yde- evne på rumni- veau	Hoved- bygnings- dele	Personers placering, dispone- ring af rummet	Egenskabs-data for produkter
	BBR oplysninger på ejendoms- og bygningsniveau	BBR oplysninger på ejendoms-, bygnings- og en- hedsniveau	BBR op- lysninger på byg- ningsni- veau		
	M ² pris				
	Lovgivning				

Tabel 8 Niveaurnes objektinformationer

Kombinationer af niveautrin

Er der i et byggeri behov for at lokalisere særlige installationer og samlingsdetaljer, ligger dette på et højt informationsniveau, men kun for de pågældende komponenter. For at kunne lokalisere den specifikke bygningsdel er det kun behov for en simpel volumenmodel eller rummodel over bygningen.

Eksempel: Det skal i et byggeri udvikles en digital model for drift og vedligehold med fokus på rør og installationer. Rørsystemet og de aktuelle installationer knyttet her til bliver udført i høj præcision, men den øvrige model kan med fordel udformes i et lavere informationsniveau. Her bliver det aktuelt at have en grundlæggende model, der omfatter volumener og rum.

Samkøring af brugerbehov og informationsniveauer

Brugerbehovet stiller ulige krav til den digitale model der bedst kan løses inden et givent niveau. Ved at samkøre 3D modellens informationsniveauer og de aktuelle brugerbehov for den samme model, er identificeret en række punkter for det enkelte informationsniveaus indhold.

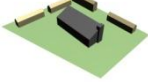
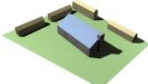
Som det ses i nedenstående tabel omfatter denne samkøring både den rene geometri, objektinformationer, muligheder for dataudtræk og simuleringer, samt krav og forudsætninger for at kunne etablere det aktuelle niveau.

	NIVEAU 1	NIVEAU 2		NIVEAU 3	
GEOMETRI	Volumen	Rum		Aktiviteter	
			Elementer		Komponenter
OBJEKTINFORMATIONER	Bygnings-type	Funktioner/ ydeevne på rumniveau	Hovedbyg- ningsdele	Personers placering, disponering af rummet	Egenskabs-data for produkter
	BBR oplys- ninger på ejendoms- og bygningsni- veau	BBR oplys- ninger på ejendoms-, bygnings- og enhedsniveau	BBR oplysnin- ger på byg- ningsniveau		
	M ² pris				
	Lovgivning				
SIMULERING	Lys og skygge (himmellys og sollys)	Simpel ener- giberegning	Simulering af lys, akustik og indeklima	Flugtveje	Simulering af sta- tik
		Etagearealer og rumdispo- sition.	Termisk simule- ring og energi- beregning Brandsimulering Prissimulering		Inventar
BRUGSOMRÅDE	Byrumsanaly- ser Volumen- studier	Omorganise- ring	Ved om- og til- bygning der <i>ik-</i> ke kræver stati- ske beregninger eller lign.	Wayfinding	Om – og tilbygning der kræver stati- ske beregninger.
	Grundlag for brugergræn- seflader i stor skala (Google Earth)	Arealdispone- ring	Grundlag for brugergrænse- flader i lille ska- la	Drift og vedlige- holdsplaner	Detalje-løsninger
KRAV	De ydre mål og dimensio- ner, oriente- ring (verdens- hjørnerne)	Indre mål og dimensioner Ydeevne på rumniveau og deres organi- sering	Elementernes dimensioner og sammenhænge.	Specificering af rummodel.	As-buildt informa- tioner.

Tabel 9 Samkøring af informationsniveauer og brugerbehov

Informationsniveauer anvendt i praksis

I det følgende beskrives tre eksempler, hvor informationsniveauer eller detaljeringsgrader er anvendt i 3D modeller. De to første eksempler er informationsniveauer svarende til de beskrevet i Det Digitale Byggeri, fra den manuelt modellerede 3D model brugt gennem byggeriets indledende og projekterende faser, og det sidste eksempel er fra CityGML, en bymodel hvor modellerne baseres på registrering (opmålinger og scanning) af det eksisterende byggeris geometri.

GEOMETRI	AREALDISPONERING	OBJEKTINFO	SIMULERING
NIVEAU 0  Volumenmodel med grund og eksisterende byggeri	Areal- og økonomiberegninger Ydeevne til brugsrum (DBK)	Love Analyser Myndighedskrav Terræn, geologi (GIS) Infrastruktur	Lys + skygge
NIVEAU 1  Modulkomponenter og grove bygningsdele	Rum og deres indbyrdes relationer beskrives Prisoverslag Etagearealer	Konstruktive principper, hovedsystemer, skitser og principper for VVS og el (fagmodeller)	-
NIVEAU 2  Byggeobjekter med placering og geometri	Rum & placering er korrekt Rumlig koordinering	Varmetabsramme, kritiske detaljer, redegørelse for terræn-arbejde, installations-omfang	Indeklima, belysning og møblering. Visualisering
NIVEAU 3  Byggeobjekttyper med konstruktiv opbygning. Døre vinduer og inventar.	Egenskabsdata (BIM)	-	Energiforbrug og akustik Visualisering
NIVEAU 4  Modellen som grundlag for udtræk. Detaljering efter behov.	Udtræk af mængder og tegninger (dog ikke detalje-tegninger)	-	Simulering af energiforbrug, akustik og statik (BR08) Visualisering af detaljer
NIVEAU 5  Bygningsdele med opdaterede egenskabsdata (konkrete værdier)		BIM specificeres efter konkrete byggevarer	-
NIVEAU 6  Som bygget		Grafisk repræsentation (svarer til brugerbehov + informations-niveau)	Modellen er grundlag for de ønskede dataudtræk

Tabel 10 Informationsniveauer som beskrevet i BMF rapport.

DDB's fagmodeller opererer med syv informationsniveauer der beskriver en stigende konkretiseringsgrad for den geometri og objektinformationer. Rapporten "BMF i rådgiver – og entreprenøraftalen – Vejledning for projektledelse af undervisningsbyggeri" (Sørensen, 2008) præsenterer informationsniveauerne i sammenhæng med byggeriets traditionelle faser i ny - og ombygning, i henhold til ydelsesbeskrivelsen (Tabel 10). Informationsniveauerne er sat for bedst muligt at ramme den grad af informationer, detaljering og

præcision det er behov for i den enkelte fase af byggeriet. Rapporten lister syv informationsniveauer fra 0-6 der bliver brugt i faserne fra idéoplæg, byggeprogram, projektforslag, forprojekt, hovedprojekt og drift. Informationsniveauerne gælder både bygningsmodel og arealdisponering, der i de første faser er to separate modeller. I det eksisterende byggeri vil de ovenstående faser, på nær drift, allerede være overstået, når man skal i gang med digitalisering og modellering. Ved at kigge på selve modellernes egenskaber, objektinformationer og detaljeringsgrad i de forskellige informationsniveauer, vil niveauerne også være operationelle for det eksisterende byggeri.

B3D konsortiet giver også en detailbeskrivelse af modelniveauer i 'Bygherrekrav 3D-modeller | Kravspecifikation, v. 2' (AAU, 2005). Modelniveauerne er vist i Tabel 11 og består af syv niveauer: kravmodel, volumenmodel, rummodel, elementmodel, bygningsdelsmodel, konstruktionsmodel og 'som udført' model. De fem niveauer fra volumenmodel til konstruktionsmodel indeholder selve bygningsmodellen, mens kravmodellen repræsenterer byggeprogram og bygherrekrav inden selve modelleringsarbejdet.

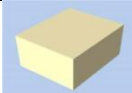
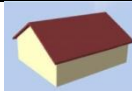
	GEOMETRI	INFORMATIONER	FASE/ FUNKTION
Kravmodel	Terrænmodel Eventuelt omkringliggende bygninger	Byggeprogram	Visualisere bygherrens krav og ønsker til byggeriet
Volumen	Grov repræsentation af bygningen Massive grundformer	Volumerne kan klassificeres efter en af bygherren anført systematik	Vurdering af eksteriør, skygge- og vindforhold
Rum	Rummets udstrækning repræsenteres i form af geometriske entiteter	Funktioner Termiske, akustiske og brandtekniske forhold Lys og møbler	Rumprogram
Element	Hovedkonstruktioner Konstruktionsprincipper Relationer til modulsystem Geometrisk afklaring Definerede åbninger	Detailinformation af elementer (SfB)	Bygningens bestanddele
Bygningsdel	Hovedkonstruktioner Konstruktionsprincipper Relationer til modulsystem Geometrisk afklaring Definerede åbninger	Detailinformation af bygningsdele (SfB)	Projektforslag
Konstruktion	Konstruktions-elementer	Detailinformation af bygningsdele (SfB) Konstruktions-processer	Tidsplanlægning Ressourceplanlægning Model til udbud og udførelse
Som udført	Konstruktion	Proces data	Drift og vedligehold

Tabel 11 Niveauerne i 'Bygherrekrav 3D-modeller | Kravspecifikation, v. 2' (2005)

Vi finder også informationsniveauer brugt i bymodeller, der i modsætning til de to første eksempler repræsenterer det eksisterende byggeri.

CityGML er en bymodel med objektinformationer der opererer med fem detaljeringsniveauer - Levels Of Detail (LOD) 0-4 (Hongchao et al 2009). Detaljeringsgraden øger både for geometrien og den tematiske differentiering.

Præcisionen går fra 5 meters sikkerhed ved højde og placering i LoD1 til 0,2 meters sikkerhed ved højde og placering i LoD4. Modellen kan indeholde flere repræsentationer pr objekt - efter det valgte niveau, og flere detaljeringsniveauer kan kombineres i samme visning. Fx kan man i en byscene se en specifik bygning i høj detaljering blandt mindre detaljerede bygninger.

Model	Præcision ved højde & placering	Generalisering	Bygnings installationer	Tag form/struktur
 LoD1 Bymodel, region	5m Lav præcision	Objekter af generel karakter > 6x6m	-	Flad
 LoD2 Bymodel, distrikt	2m Mellem præcision	Objekter af generel karakter > 4x4m	-	Tagtype og orientering
 LoD3 Arkitektonisk model - eksteriør	0,5m Høj præcision	Objekter med realistisk karakter > 2x2m	Udvendige elementer som balkon, karnap, udhæng	Som virkelige formobjekter
 LoD4 Arkitektonisk model - interiør	0,2m Meget høj præcision	Med konstruktive elementer og åbninger	Som virkelige formobjekter (døre, vindue, trappe og møbler)	Som virkelige formobjekter

Tabel 12 Informationsniveauerne i CityGML

Standarder, formater, love og regler

For at den digitale model skal kunne fungere gennem bygningens hele livscyklus er det vigtigt at data er anvendelige mellem de forskellige parter – at driftsherrerne kan bruge den data der arves fra de projekterende. Ligeledes vil en fælles bygningsmodel kræve at de enkelte dele kan indgå i et samlet hele. Et af problemerne har været at de standarder der er udviklet inden et område, fx fra rådgiver eller driftsherres side, er for områdespecificeret og ikke i samme grad anvendelig for de øvrige områder. Som beskrevet i *Bilag B Incitamentet og Barrierer*, har de ulige faggrupper forskellig opfattelse af byggeriet, hvilket gør det svært at finde et system der tilgodeser alle organisationers og virksomheders behov. Fokusset bør derfor ligge på åbne standarder for udvekslingen af data, der sikrer interoperabilitet, uafhængig af system.

IFC (international standard for udvekslingsformater, stadig under udvikling), IFD (international standard ISO 12006-3) og IDM/MVD (international standard for datadeling, stadig under udvikling) er eksempler på hvordan man inden rådgivernes område har søgt at udvikle åbne internationale standarder hvor data ikke er afhængig af en specifik programvare for at deles (EraBuild 2008).

Man kan diskutere om indholdet sløres i 'oversættelsen' fra et system til et andet, hvilket kræver en operationel mapping mellem de forskellige systemer/ produkter. Fordelen med den åbne standard er at man kan sikre operationalitet inden det enkelte system og de forskellige fagområder kan beholde sin naturlige verdensanskuelse. De åbne standarder vil også lette for nye koblinger mellem systemerne og udvikling af nye forretningsgange.

2030-scenariet, hvor hele Danmarks bygningsmasse er digitaliseret, baseres på krav om digitalisering af nybyggeri fra 2010 og krav om digitalisering af om- og tilbygning, samt krav om digitalisering af handlede ejendomme fra 2015 (COWI 2009). Den foreliggende rapport introducerer slutbrugerne og driftspersonalet som en egen interessent til det digitaliserede byggeri, der også kan levere input til den fælles bygningsmodel. Denne forretningsmodel kan derimod ikke i samme grad baseres på lovkrav, men udvikles og styres i højere grad af det frie marked.

Bilag C. Teknologier og metode

Teknologi

Bygningsmodelbegrebet benyttes ofte i forbindelse med en organiseret samling af digitale data, der gør det muligt at se på en virtuel afbildning af det faktiske byggeri. Ved en udredning af de teknologier hvormed eksisterende byggerier kan digitaliseres, skal begrebet imidlertid ikke kun forstås som en repræsentation af de fysiske forhold, men i den fulde betydning af en Building Information Model (BIM).

I byggesektoren udmøntes bygningsmodellens data typisk i to hovedtyper.

- Data der repræsenterer bygningens fysik
- Data der på anden vis repræsenterer bygningen; fx pris, driftscyklus, producentnavn for et givent produkt, et rums anvendelse eller stamdata for bygningens ejer.

Data af bygningsfysikken

I datamæssig henseende vil bygningsfysikken foreligge i et digitalt grafisk format, der kan inddeles i to underkategorier, enten som vektorgrafik eller som pixelgrafik.

Vektorgrafik er data hvor hvert punkt i modellen er defineret ved tre koordinater (x, y og z), og hvor elementer mellem punkter er defineret ved vektoren derimellem. Dette giver bl.a. mulighed for at dreje modellen og at zoome uden tab af afbildet præcision. Vektorgrafik kendes typisk fra CAD modeller. Typiske formater er dwg, dxf, ifc mv.

Pixelgrafik er data hvor hvert punkt i modellen er defineret vha. to koordinater (x og y). Da pixelgrafikken ikke har dybde, vil et zoom resultere i tab af opløsning og skarphed i billedet. Pixelgrafik kendes typisk fra digitale fotografier, men kan også være billeder af den vektorgrafiske model. Typiske formater er jpg, tiff, bmf mv.

Data der på anden vis repræsenterer bygningen

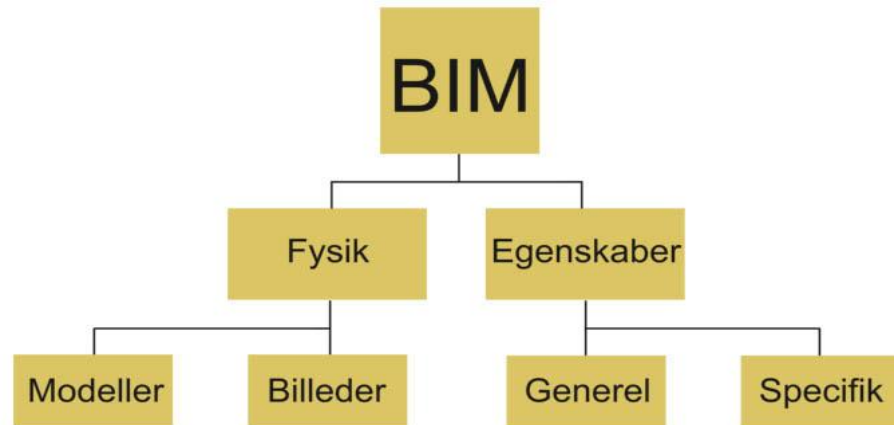
Typisk består denne data af alfanumerisk data (bogstaver og tal), da det her handler om beskrivelser der udtrykkes i ord og tal. Navnet er til dels misvisende, da vektorgrafik grundlæggende set også består af tal. Dette til trods, kan alfanumerisk data forstås som de til et byggeri tilknyttet data, der ikke kan tegnes, modelleres eller fotograferes.

I de digitale udviklingsmiljøer taler man om objektets egenskaber eller dets properties, til tider benyttes begrebet attributter, om den information der tilknyttes et objekt. Som udgangspunkt har byggeriet valgt at objektet er repræsenteret ved det fysisk modellerede, hvorfor objektets egenskaber bliver al den information der ikke er modelleret. Med den betragtning bliver eksempelvis en modelleret dør objektet, og dørens pris, vægt o. lign., dets egenskaber.

I denne kontekst kan egenskabsdata inddeles efter om den er specifik for et eller flere af de fysiske komponenter, eller om den er af generel karakter, idet dette har betydning for hvilke vektorgrafiske komponenter den tilknyttes. Typiske formater for begge typer er txt, xls, doc, mdb mv.

Specifikt data er data der beskriver de fysiske komponenter, og vil som regel være datateknisk knyttet sammen med de vektorgrafiske data de beskriver. Alfnumeriske data kan fx være prisen for en fysisk komponent, vægten på en samling af komponenter, en beskrivelse af en funktion mv. Man taler her om objekternes egenskaber.

Generelt data er data der ikke er, eller kan knyttes direkte til et eller flere fysiske objekter (med mindre disse er repræsenteret som abstrakte grafiske objekter i bygningsmodellen), men som er, eller kan være, knyttet til byggeriet som helhed, til processen eller til historien bag. Typisk kan det være data med reference til den bygge Lovgivning der var gældende ved byggeriets tilblivelse, aftalekontrakter for fx driften mv. Man kan her tale om byggeriets egenskaber.



Figur 1 BIM's fire typer af data

Som ovenstående figur viser, kan den digitale bygningsmodel inddeles i henholdsvis de fysiske - og de virtuelle entiteter – også kaldet egenskaber. De fire nederste datatyper, er de fire datatyper hvormed datafangsten kan gøres operationel. En informationsmodel består imidlertid ikke af fire uafhængige kasser af datatyper, men af data der er indbyrdes forbundet, hvorved der er skabt mulighed for en anvendelsesmæssig spændvidde i informationerne.

Information på tværs af datatyper

BIM er et informationssystem der i princippet er uafhængigt af datatyper. Det tegnede og modellerede og det skrevne og beregnede udgør samlet set byggeriets informationer. Med udgangspunkt i det modellerede data, skal en bruger således kunne finde ned til beskrivelsesdata, og omvendt. Man kan sige at bygningsobjektet åbner adgang til al data, der beskriver objektet på en informativ måde.

Hvis den digitale bygningsmodel skal udnytte det digitale medie fuldt ud, bør denne sammenhæng mellem data være til stede, hvilket forudsætter mange ting; herunder at byggeriets parter har 'orden i egne rækker', gennem aftaler om anvendelse af nødvendige standarder. Dette er da også årsagen til at klassifikationer og standarder stadig er højt på dagordenen.

Mange IT-programmer til opbygning af bygningsmodeller, har som reglen den projekterende som målgruppe, hvorfor faciliteter der understøtter andre brugergrupperes behov lader noget tilbage at ønske. Hvilket dog også skyldes at brugerne endnu ikke har det endelig overblik over hvilket udtræk teknologien egentlig giver informationsadgang til, og derfor ikke kan stille klare krav til softwaren. Et typisk forhold der afspejler situationen, er netop standarders og klassifikationernes manglende parathed i forhold til en software implementering. Afhængig af udgangspunktet, kan argumentet benyttes om-

vendt, ved at sige at software ikke er udviklet tilstrækkelig til at udfylde byggesektorens forestillingsverden.

Metode - Datafangst indenfor datatyperne

Vektorgrafik

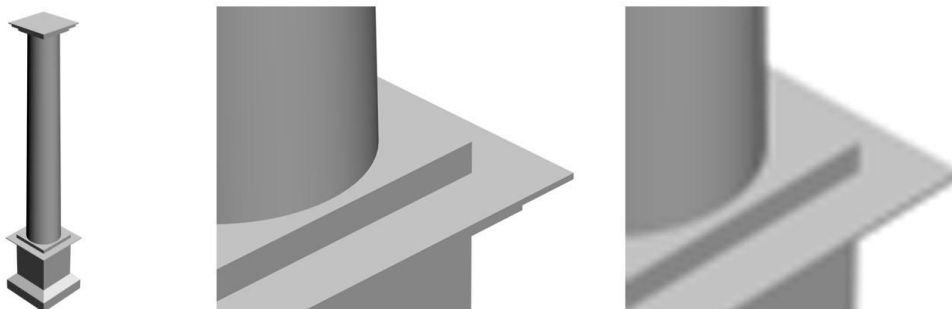
For eksisterende bygninger findes der i dag tre grundlæggende metoder til datafangst.

- Skanning af dokumenter og konvertering til vektorgrafik
- Modellering direkte i digitale værktøjer
- Skanning af den fysiske bygning med efterfølgende databehandling

Skanning af dokumenter og konvertering til vektorgrafik

Scanning af en analog bygningstegning vil resultere i pixelgrafisk data. Det digitale billede skal efterfølgende konverteres til vektorgrafik.

Typiske input til konverteringsprocessen er jpg, gif png, bmp eller tif, og output kan være formater som eps, svg eller png. Der har i flere år været software på markedet, der kan foretage denne konvertering, desuden kan en konvertering selv prøves online på: <http://vectormagic.com/home>. For at få et kvalitetssikret resultat, kræves imidlertid nogen erfaring. Der findes flere nationale og internationale servicevirksomheder der gennemfører konverteringerne.



Figur 2 Zoom på søjlen som vektorgrafik og som pixelgrafik, viser forskellen

Efter konvertering skal resultatet kvalitetssikres, hvilket hjælpes godt på vej ved at stille præcise tekniske krav til output; fx en præcis angivelse af det tekniske format, skala mv. Desuden bør resultatet foreligge i angivne entiteter, der er egnet til videre bearbejdning, og klassificeret i henhold til forudbestemte parametre.

Modellering

En generering af en digital model kan ske direkte i et CAD system. Altså at det besluttes at modellen primært skabes fra grunden i et CAD system vha. dette systems entitetsstruktur.

Eksisterende digitalt materiale

Hvis der allerede forligger digitale tegninger af ældre dato, bør fremgangsmåden overvejes nøje, idet det udokumenterede data erfaringsmæssigt vil kræve en stor indsats at 'afkode'. Eksempelvis kan en ældre CAD tegning, der mest består af streger, være forbundet med en stor redigeringsindsats, inden disse streger repræsenterer en objektorienteret model. I praksis kan det tidsmæssigt være mere hensigtsmæssigt at lægge den gamle CAD tegning på et ét lag (afhængig af det benyttede CAD system), og benytte den som underlagstegning for en ny og korrekt objektorienteret modellering. Efter endt arbejde slette det gamle data, og dobbeltstreger (som ofte optræder i stor stil) og lignende fejl slettes uden at disse enkeltvis skal findes og redigeres.

Naturligvis er ovenstående metode meget afhængig af kompleksiteten af materialet, samt det ønskede output. Som tommelfingerregel gælder det at eksisterende tegningsmateriale (også det analoge), ofte hentes fra den oprindelige projekterende rådgiver eller fra en bygningsmyndighed. Dette materiale er skabt som grundlag for udførelsen, og kan adskille sig betragteligt fra fx behovet for drift. Dvs. at materialet, hvis det er typiske stregtegninger, ikke kun skal rettes for fejl, men også restruktureres i henhold til det nye formål. For ældre digitalt tegningsmateriale betyder dette en ny rubricering af data (igen afhængig af CAD systemet, men som regel drejer det som om en ændret lagstruktur), samt en betydelig sletning af data, uden relevans for den nye anvendelse. Endelig vil ældre tegningsmateriale skulle tilføjes de ændringer det faktiske byggeri har undergået siden projekteringen.

Eksisterende analogt materiale

Materialet kan gøres digitalt efter omtalte metode i tidligere afsnit 'Skanning af dokumenter og konvertering til vektorgrafik'. Herefter gælder samme metode som ovenfor beskrevet.

Hvis bygningen er ukompliceret, og modellens anvendelse fx kun kræver bygningens hovedbygningssdele, som bærende konstruktioner i overordnede layout samt skillevægge og rum, kan det analoge materiale være tilstrækkeligt som direkte grundlag for en CAD modellering. Dvs. at en pixel til vektor konvertering ikke er nødvendig, men at CAD medarbejderen tegner direkte fra bladet. Igen er modellens senere anvendelse afgørende for valg af metode.

Kun den fysiske bygning

Foreligger der intet tegningsmateriale, eller hvis kvaliteten heraf gør det uanvendeligt, er der kun den faktiske bygning at gå ud fra. Denne tegnes/modelleres direkte ind i CAD systemet, men fordrer en viden om byggeriets dimensioner og dets gentagelser - kort sagt en opmåling. Såfremt denne opmåling gennemføres med det avancerede udstyr der i dag er tilgængeligt (se efterfølgende afsnit 'Skanning af den fysiske bygning'), kan det opmålte overføres direkte til CAD systemet.

I ganske få tilfælde kan bygningens oprindeligt benyttede modul samt dets hoveddimensioner benyttes til at 'afkode' bygningen, og genskabe tegningerne ud fra denne viden. Også her er modellens anvendelse afgørende, og kræver dette bare en middel præcision i materialet er det ikke en farbar vej. Se yderlige under afsnittet 'Inden valget af teknisk fremgangsmåde'.

Skanning af den fysiske bygning

Siden stereoskopiets stormagtsdage i slutningen af 1800 tallet, har det været en kendt og almindelig anvendt sag at mindst to fotooptagelser af et objekt optaget fra forskellige vinkler, kan give informationer om dybden på objektet. Flere optagelser vil give bedre information, både fordi 'man' kommer mere rundt om objektet og fordi enhver ny optagelse, hæver præcisionen for punkters placering i rummet.

Metoden, der går under betegnelsen fotogrammetri, kan gennemføres på mange måder. Eksempelvis kan ethvert godt digitalt kamera med en høj opløsning benyttes. Overflyvning kræver lidt mere udstyr, ikke mindst pga. kravet om en flyvemaskine, men adskiller sig principielt set ikke. Kravet til optagelserne er at alle punkter på objektet, skal kunne ses på mindst to af optagelserne. Billederne efterbehandles vha. triangulering på diverse fikspunkter, og resultatet er en 3D model af det optagne. Software til denne efterbehandling, er alment tilgængeligt, og findes desuden som en facilitet i byggeriets normalt anvendte software. Se eksempler alment tilgængeligt software på:

<http://www.3dphoto.dk/photomodeler>

Det er 'relativt' let at skabe 3D modeller af eksisterende byggeri, med det forbehold at modellerne kræver en efterfølgende bearbejdning. Imidlertid er det også klart at fotogrammetri kun giver data af det der fanges i billederne, altså byggeriets overflade. Hvilket stiller krav til mere end en overflyvning, eller anden udendørs optagelse, hvis der for et byggeri skal skabes andet end en 3D digital volumen model.

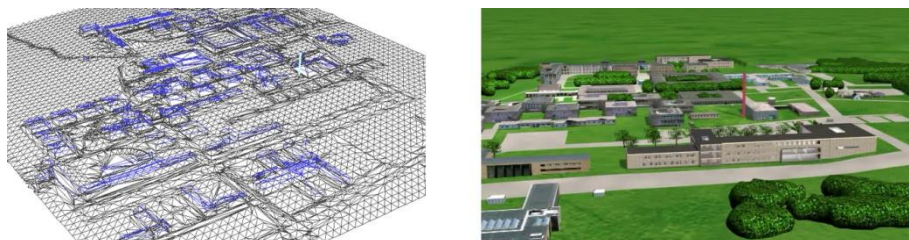
En fotogrammetrisk optagelse kan ikke kende forskel på fx en mur og et vindue, men behandler hele overfladen under ét. Hvis modellen således skal anvendes til andet end at ligne, og/eller være bærer af generelt data, fx ejerforhold, matrikelnummer o. lign., stiller det krav til enten udbygning af modellen (opmåling af det indre), eller en databearbejdning efter nye metoder. Hvis eksempelvis den fotogrammetriske overflyvning kunne udbygges med mønstergenkendelse, ville det være muligt at differentiere mellem hovedbygningssdelene. Endelig ville mindre avancerede mønstergenkendelser, på volumenmodel niveau, kunne generere andre typer af relevante informationer.

Såfremt en fotogrammetrisk optagelse lægges til grund for en opmåling af et byggeri, i den hensigt at skabe en anvendelig BIM model, så kræver det:

1. En optagelse af det ydre og det indre
2. En bearbejdning af disse to optagelser, som forbinder de to overflader fra optagelserne i et byggeobjekt.
3. At de fra pkt. 2 fremkomne objekter rubriceres i en for byggeriet kendt og brugbar orden.

Der ligger således en længere proces i sigte, når fotogrammetriske data skal transformeres til en BIM model.

Tages udgangspunkt i forståelsen af 'de fire datatyper' (figur 1), er den generelle egenskabsdata umiddelbart egnet til at knyttes sammen med en vektorgrafisk model der er fremkommet fotogrammetrisk, og ikke efterbehandlet i forhold til dets indre geometri, hvorfor en bruger med behov for informationer på dette niveau, med fordel kan anvende metoden. Typisk vil dette være gældende for brugere med ansvar for strategisk planlægning og udvikling.



Figur 3 En rå polygonmodel skabt fra en overflyvning, og samme model med mapping. Fra et SBI projekt (2002)

Inden valget af teknisk fremgangsmåde

Inden der foretages et valg af den bedste metode for datafangst, er der grundlæggende to spørgsmål der skal foretages:

- Hvad skal modellen bruges til?
- Hvilke krav stilles til kvaliteten og adgangen til eksisterende data

På bar bund

Hvis der ikke foreligger analoge tegninger, eller hvis disse er af en sådan beskaffenhed at kvaliteten er for ringe, står man på bar bund. Det er derfor

kun muligt at tage udgangspunkt i det faktiske byggeri, og få det opmålt. Opmålingen bør alene gennemføres i henhold til spørgsmålet om hvad den digitale model skal anvendes til.

Godt analogt tegningsmateriale

Indskanning af analogt tegningsmateriale indbefatter en efterfølgende konvertering til vektordata.

Hvis anvendelsen fx inkluderer data om rumvolumen, vil dette ikke umiddelbart være et resultat af skanningen. Her vil skanning kun være første del af processen. Efterfølgende kan arealet 'løftes' til en volumen. Dette er et 'håndarbejde', der normalt kan udføres vha. en ekstrudering, hvor processen vil kunne effektiviseres ved brug af funktionskode. Skal denne bearbejdning gennemføres, bør kravspecifikationen til skanningsopgaven indeholde krav om entiteter der er egnede til opgaven.

Brugbart, men mangelfuldt analogt tegningsmateriale

Hvis rumvolumenerne skal være præcise og/eller afviger fra en simpel form (fx ved at loftet er et tøndehvælv), vil tegningsmaterialet sjældent være tilstrækkeligt til en skanning, hvorfor de enkelte fysiske rum fx kan skannes med en laserskanning. Er rummene imidlertid ens, kan en kombination af papirskanning og automatisk skanning gennemføres med fordel. Her vil papirskanningen og konverteringen give grundridset for alle rum, og resultatet af den automatiske skanning af ét fysisk rum, kan herefter fordeles ud på alle lignende rum.

Pixelgrafik

Igennem en lang årrække har anvendelsen af billeder af den digitale model, været medvirkende til at brugere, uden større teknisk modelforståelse, opfatter billeder af de digitale modeller som værende repræsentative for bygningsmodeller. Omend introduktionen af og diskussionerne om BIM begrebet vil ændre denne opfattelse, er dette alligevel en god lejlighed til at understrege at billeder af den digitale bygningsmodel alene er netop et billede af den fysiske verden (faktisk eller virtuel), indeholdende informationer om geometri, placering o. lign., ved at anvende de gældende dybdekendetegn som tekstur, overlappning, størrelse mm. Billeder er meget vigtige, men dog alligevel komplementerede, information til byggeri.

Analoge billeder

Det kan være relevant at historiske billeder af et byggeri, knyttes til informationsmodellen. Dette vil kræve at de formodentlig ældre papirbilleder indskannes. Foreligger billederne som diasbilleder, kræves en særlig skanner hertil. Serviceudbuddet på området er stort, hvilket gør det let og billigt.

Indskannede billeder skal ofte efterbehandles. Enten fordi billederne er gamle; falmede, ridsede el. lign. eller fordi der ønskes et særligt format. Software hertil er ligeledes alment tilgængeligt, og findes for det meste som default faciliteter i ethvert billedbehandlingsprogram. Er der tale om ældre film som fx småfilm og video, er serviceudbuddet for digitalisering også her stort.

Digitale billeder

Ud over billedernes informationsindhold, er det væsentlige ved digitale billeder, deres format, hvor der skal skelnes mellem om billederne skal kunne anvendes til skærmvisning eller print og tryk. Som tommelfingerregel gælder at billeder optages i så god og høj kvalitet som muligt, originalerne gemmes og af disse optagelser lægges til grund for kopier til andre formål. Dermed også sagt at hvis en informationsmodel indeholder mange billeder, kræves der orden i billededatabasen, idet billedgenkendelsesalgoritmer stadig ikke er på et for området funktionelt niveau.

Alfanumeriske data

Alfanumerisk data er tekst og tal. Den alfanumeriske data for eksisterende byggeri, kan foreligge enten analogt eller digitalt.

Ultimativt kan det forekomme at der slet ikke foreligger beskrivelsesdata, hvorfor det ikke er et spørgsmål om datafangst, men om dataskabelse. Det må derfor være tilstrækkeligt, for denne situation, at angive at ikke eksisterende beskrivelsesdata vil 'fanges' eller 'opdages' i udredning af bygningsmodellens anvendelse.

Om beskrivelserne foreligger digitalt eller analogt, skal dets værdi som data, der indgår i en informationsmodel, bedømmes. I praksis betyder dette at kun hardcore egenskabsdata udtrækkes, af de til tider mere litterære beskrivelsesark der kan foreligge. Da egenskabsdata ikke er standardiseret, hverken nationalt eller internationalt, er dette ikke en rigid opgave, men må alene hvile på brugerens specifikationer til anvendelsen.

Analoge data

Foreligger beskrivelsesdata i analog form, kan dette digitaliseres vha. af OCR-skanning. Alternativt kan små mængder af data indtastes i hånden. Resultatet af begge metoder bør naturligvis overholde de nødvendige standarder for beskrivelsesdata, der lever op til modellens anvendelse.

OCR er forkortelsen for 'Optical Character Recognition', og er en mekanisk eller elektronisk oversættelse af billeder af bogstaver og tal. Den oprindelige tekst kan være håndskrevet, trykt eller maskinskrevet. Metoden benyttes til at konvertere dokumenter, breve, bøger mv. til digitale dokumenter.

Ved scanning af et dokument skabes et digitalt billede, der herefter 'læses' af et OCR program. Programmet konverterer billedet til digital tekst og tal, primært vha. mønstergenkendelse. Eventuelle billeder i teksten bibeholdes som skannede billeder, og der kan, afhængig af det anvendte OCR software, fx indsættes en markør i tekstdelen, der refererer til den digitale illustration.

OCR programmer er alment tilgængelige, og findes både som freeware, selvstændige programpakker og som plug-in. Programmernes kvalitet måles på deres genkendelses evne, samt automatiske opretninger. Jo dårligere programkvalitet, jo mere tid skal anvendes til at kvalitetssikre resultatet.

Digitale data

Foreligger der digitale beskrivelsesdata, bør disse naturligvis organiseres hensigtsmæssigt. Dette med reference til den manglende standard for egenskaber. En adskillelse af tal og tekst er ikke tilstrækkeligt, idet eksempelvis tal skal organiseres således at de kan anvendes i relation til det de dækker. Ligeledes bør eksempelvis rumfunktioner organiseres stringent og i relation til rumbenævnelser med almen karakter.

Data fra eksisterende registre

En række eksisterende registre vil kunne levere data til en BIM model. Der kan her skelnes mellem data der kan anvendes til at generere vektorgrafiske mængder, og data der knyttes til disse mængder.

Et hovedregister til denne type af datafangst vil være BBR registret, men også Energimærkeordningen og andre registre fra Fællessekretariatet for eftersyns- og mærkeordningerne, vil således kunne være input for en BIM, eller for dele heraf. Med det forbehold, at resultatets anvendelse (modellen) og kompleksitet er sammenhængende. En samkøring af flere registre, eller en

samkøring af eksempelvis BBR data og en model skabt vha. en fotogrammetrisk overflyvning, vil hæve modellernes kompleksitet. Alternativt vil et datasæt kunne anvendes til at kvalitetssikre registerdata, fx ved at sammenholde fotogrammetriske skabte modeller med registerdata.

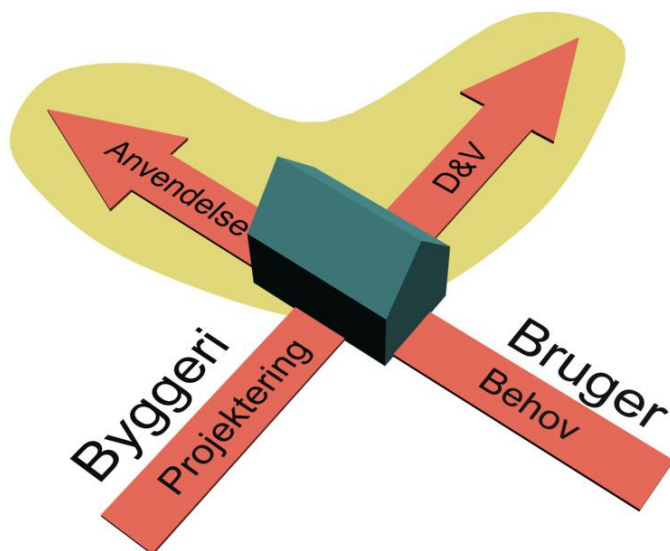
Bilag D. Incitamenter og barrierer

De to akseretninger

Digitaliseringens strategiske målsætning med effektivisering og serviceforbedring på den ene side, og nytænkning og innovation på den anden side (Domænebestyrelsen 2008), tegner en vision der på samme tid vil forbedring og forandring, både eksisterende og nytænkende.

Udviklingen i brugen af digitale værktøjer i byggeriet, var indtil starten af initiativet 'Det Digitale Byggeri' (DDB) koncentreret om planlægnings- og projekteringsaktiviteter, men fik med DDB inddraget behovet for digitale data i driftsaktiviteter. Udover det naturlige i denne udvikling, lå det også lige for, da tilgængelige data jo er et resultat af en digital projektering. Denne udvikling er sket ud fra et ønske om **optimering** og **effektivisering** af byggeriets professionelle virke, hvor en digital informationsstrøm muliggør både effektivisering i de enkelte faser og optimering af serviceniveauet. Driftens overtagelse af datamodellen, er et godt eksempel på de serviceforbedringer en effektiv anvendelse af data giver adgang til. De professionelle parter i projektering og drift, repræsenteres i figur 1 som akser kaldet 'Byggeri'.

Den anden akse i byggeriets livscyklus (figur 1), her kaldet 'Bruger' omfatter byggeriets slutbrugere. En bruger skal i denne kontekst forstås bredt, og indbefatter således alt mellem investor, der bruger byggeriet som objekt for investering, og de personer der bor, arbejder eller på anden måde er daglige brugere af byggeriet. Hvor det **innovative** og det **nytænkende** ved byggeriets digitalisering kun med et vist held er opstået i de professionelle byggeparterers rækker, må det forventes at disse parametre først når det fulde potentiale, når byggeriets brugere fuldt ud inddrages, både som medspillere som aftagere.



Figur 1 Brugernes - eller byggeriets anvendelse af data, har væsentlig forskellige tilgange, og rejser derfor forskellige barrierer og incitamenter.

Som følge heraf vil incitamenter og barrierer i det efterfølgende blive adskilt i henholdsvis den brugerakse der er benævnt 'Anvendelse', og i byggeriaksen der er benævnt 'D&V'. Hvor Anvendelsen vil behandles på idéniveau, vil D&V behandles i forhold til at der allerede pågår aktiviteter på området, der søger at effektivere anvendelsen af eksisterende data. Incitamenterne og

barriererne er forskellige, afhængig af den position hvorfra man betragter byggeriet, samt hvilke succeskriterier man opstiller.

Incitament eller barriere?

Digitalisering af byggeriet er både sektor- og virksomhedsrelateret, og kan derfor fordre ledelsesstrategier på flere planer. Incitamenter og barrierer vil være forskellige for disse planer, og kan desuden variere i forhold til udviklingsniveauet. Digitaliseringen kan således placeres i en cyklus, svarende til ledelseskoncepters livscyklus, (R. Simonsen, 2007, side 42 og 44), hvor nye koncepters normalisering følger en given udviklingskurve. Ideen bag digitaliseringen som informationsudvekslingssystem er ikke ny, og virksomhedernes implementering har passeret pilotudgaven. Ledelserne har dog stadig et stykke vej til at kunne overlade udviklingen til den daglige produktion. For sektoren er byggeriet, efter en 'vild accept' af IT fænomenet, nået til en erkendelse af IT konceptets kompleksitet. Netop denne erkendelse indebærer at digitaliseringen forstås som betydeligt mere end et redskab, men som selve forandringsagenten (A. Kamp et al., 2005, side 22).

I *Innovationsprocessen i byggeriet - Fra idé til implementering i praksis* (L. Clausen 2002) beskrives forholdet mellem produktivitet og innovation i forsøgsprojekter som et muligt konfliktområde og dilemma for virksomheden. Innovation og nytænkning kræver tid og refleksion, der på kort sigt kan gå på bekostning af produktiviteten, mens det på længere sigt kan være med til at højne produktiviteten.

Når nye metoder eller teknologier er modnet tilstrækkeligt til at blive implementeret, er den næste opgave at få det implementeret. Barrieren i en implementering er at få brugerne af den nye teknologi eller metode til at se, eller opleve, fordelene, og selv tage over. At adaptere noget nyt, indebærer altid en vis risikovillighed.



Figur 2 Dilemmaet i investeringen; den ukendte gevinst udgør både incitamentet og barrieren.

Implementeringsprocessen bør betragtes som en læringsanledning hvor de traditionelle fremgangsmåder, samarbejds mønstre eller grundlæggende forståelser for projektgangen skal erstattes med nye. Læreprocessen kræver tid og forløber gennem hele implementeringen (L. Clausen 2002, side 240). Læringsprocessen indbefatter også accept af risikoen.

Denne ændringsbarriere kan være sund fornuft, da ændringer skærper behovet for at se på fordele og ulemper, kompetencer, investering mm. Imidlertid kan disse spørgsmål også være en fælde, hvis fx anvendelsen af en ny teknologi alene betragtes som en mulig optimering af allerede kendte rutiner.

Incitamenter og barrierer i byggeriets akse

Byggeriets digitale omstilling, har haft ligheder med andre sektors omstilling, idet omstillinger synes at gennemløbe en given cyklus, som det fx ses i The External Life Cycle (R. Simonsen 2007). Hvor fascinationen af den teknologiske formåen, først medfører fokus på tilpasning af teknologien til den eksisterende metodik, hvorefter der opstår en erkendelse af at rationalise-

ringer og effektiviseringer ikke alene opfylder de store forventninger, for endelig at ende i udviklingen af nye produkter hvor den eksisterende forretning og den nye teknologi tilpasses hinanden.

Denne sidste fase er afgørende for succes, og kræver forudgående motive-rende forsøgsprojekter. Det konkretiserer konceptet, mobiliserer ressourcer-ne internt, og åbner op for samarbejde blandt deltagerne (L. Clausen 2002).

Et eksempel på denne omstillingscyklus findes i banksektorens ibrugtagning af IKT, hvor første skridt medførte store IT-centre, rationaliserede filialerne, for endelig at ende med udviklingen af nye produkter, hvoraf Dankortet er nok så kendt. Rationaliseringseffekten lå i at kunderne selv overtog visse operationelle dele af bankforretningen (transaktionen). Der var altså ikke ba-re tale om en optimering af den kendte bankforretning (fx hurtigere kundebe-tjening), men om at kombinationen mellem teknologi + bruger skabte en helt ny effektivitet. At produktet er oplevet som en fordel for alle, har ikke kun cementeret det nye produkt, men er stadig i årsag til udviklingen af nye mar-keder, herunder internethandlen.

Byggeriet var op til år 2000 i fascinations- og visionsfasen, og med ikke mindst initiativet DDB, overgik byggeriet til den fase, hvor teknologien adap-teres til forretningen. At denne fase blev igangsat med bl.a. fastholdelsen af parternes normale ansvarsområder, har været nødvendigt for at starte udvik-lingen, men kan samtidig blive en barriere for den videre udvikling. Alene af den årsag at transparensen i en BIM model, stiller spørgsmål ved det hen-sigtsmæssige i byggeriets normale procedurer og organisering.

Drift og Vedligehold

Uagtet der stadig er stort potentiale i projekteringen - ikke mindst i henhold til BIM -, er det første store og naturlige indsatsområde Drift og Vedligeholdel-se (D&V) af byggeriet. Initiativer som DFM, bygherreforeningens ageren på området og Forvaltningsklassifikationen er udtryk for at de mere tekniske udviklingsinitiativer er ved at blive afløst af initiativer vedr. den forretnings-mæssige side.

Kort fortalt handler det om hvorvidt skabt projekteringsdata kan 'gen'- an-vendes af de efterfølgende parter. Initiativerne handler derfor om effektivise-ringer og forbedringer.

En typisk konflikt mellem den tidlige tunge tekniske udvikling og den første forretningsmæssige omstilling ses bl.a. i det forhold at sidstnævnte part un-derkender den første parts bud på en klassifikation. Denne konflikt er pt. i gang med at blive løst via en mulig samkøring af systemer. Denne type af konflikter er nødvendige at løse, men må fremover betragtes som en mere daglig aktivitet på et pragmatisk plan.

Arbejdet med at udvikle byggeriets digitale D&V er godt i gang, og initiativer som fx yderligere effektivisering gennem anvendelse af indlejret teknologi, er med til at skærpe udviklingen. Da driftsorganisationer stort set er aftager og efterbehandler af den i projektering skabte data, har barriererne mellem dis-se to forretningsområder allerede længe været under bearbejdning, og er derfor på vej med at finde en løsning.

Driftsorganisationer er leverandører af data til en part, populært kaldet 'de blå mænd', altså de medarbejdere der ude på stedet foretager de faktisk op-gaver. Denne gruppe er en væsentlig mængde af D&V området, bl.a. fordi indberetningerne kommer herfra, og kan derfor betragtes som en egen gruppe af brugere. D&V må dyrke denne gruppe som en særlig brugergrup-pe, med udvikling af egne brugergrænseflader o. lign. for at optimere hele

forretningsgangen. Dette rejser spørgsmålet om D&V kan opdyrke andre brugergrupper som et forretningsområde, og måske gøre dette gennem minimale justeringer af allerede tilgængelig data. Et afledt spørgsmål i den forbindelse er om et sådant forretningsområde kunne dækkes af andre, fx de projekterende?

Som set i ovenstående vil den digitale bygningsmodel kunne optimere eksisterende forretningsgange hos driftsherren. Men driftsherren bør samtidig være åben for om samme digitale bygningsmodel åbner op for nye informationer, og derved for potentielle nye produkter: I dag er det kendte produkt en BIM-model, hvormed driften gennemføres og arbejdet uddelegeres. Den af rådgivende leverede model, indeholder imidlertid betydelig mere data, end driften umiddelbart anvender. Driften kan derfor forfølge en strategi der enten 'rydder op' i den leverede data, således at den kun indeholder driftsrelevante data, eller se nærmere på om de leverede data kan parres med anden data på nye måder, således at der med få omkostninger, kan udtrækkes hidtil ukendte eller svært tilgængelige informationer. Denne sidste strategi kan enten gennemføres i lyset af optimeringer af kerneforretningen (driften), eller for at finde informationer der kan tilgå ikke tidligere (for driften) aktiverede af-tagere.

En udvidelse af dataanvendelsen, kan benyttes til at argumentere for en forståelse af de to akser, der ikke kun adskiller de professionelle, der bygger og driver byggeriet, med byggeriets bruger. Brugeren kan således også være den i driften, der anvender data på en sådan måde, at det informativt strækker sig ud over kerneforretningen.

Incitamenter og barrierer i brugernes akse

Byggeri er allestedsnærværende, og er på tværs af kultur, geografi, politik, religion og historie det mest udbredte kulturelle fingeraftryk mennesket har sat på vores fysiske omgivelser. Alle mennesker anvender byggeri, når vi arbejder, hviler, er syge, slapper af eller underholdes; fra vi fødes til vi dør. Byggeri er en aktiv mekanisme, selv efter at have stået i generationer.

Incitamenter for anvendelse af viden og information om byggeri kan derfor være sammenhængende med snart sagt enhver menneskelig aktivitet, og findes udtrykt i interessen for, og udbredelse af, initiativer som Google Earth, GPS, rejseguides mm. Det er en barriere, at ikke kunne se hvordan byggeriets data bringes over i en verden, hvis formål ikke er at frembringe byggeri, men at anvende det. Det vil derfor være på sin plads at se nærmere på to forskellige opfattelser af byggeri.

Den bygningsfysiske og den funktionelle betragtning sammenblandes af begge parter, idet den professionelle part naturligvis søger en bygningsfysisk løsning der opfylder en funktion, og når brugeren fx inddrager byggeriets fysiske tilstand, ved at udvide udsagnet om sin bopæl med 'jeg bor i en patriciervilla', eller når vi på ferien opsøger det grandiose byggeri.

På den ene side har vi altså et datasæt, der er frembragt med det formål at bygge, og derfor primært er fysisk betinget. På den anden side har vi en lang række behov, der udspringer af brugerens behov for at forstå og navigere i denne fysiske verden.

Den største barriere for at bringe det fysiske datasæt i anvendelse hos brugeren, er at tilføje netop de egenskaber og/eller den funktionalitet, der gør data anvendelig i en anden kontekst end den at frembringe byggeri. Heri er indbefattet den professionelle forståelse, for at resultatet af en målrettet byggeproces, faktisk efterlader et datasæt, der med en mindre indsats kan bringes i anvendelse andre steder end på byggepladsen. Den professionelle

part står med andre ord med et potentielt produkt, der kræver en mindre værditilføjelse for at blive kommercielt. Målgruppen er her ikke byggeriets købere eller lejere, men byggeriets brugere – i bredeste mulige forstand.

Digitalisering af det eksisterende byggeri er en vanskelig og uendelig opgave. Det giver kun mening at digitalisere eksisterende byggeri, når man har et konkret behov, og da kun at indhente og lagre de informationer, som man strategisk eller konkret har behov for. Erhvervs og Byggestyrelsen har iværksat en analyse af strategier for digitalisering af det eksisterende byggeri. I forbindelse hermed vil denne rapport undersøge problemerne og potentialerne ved at digitalisere den eksisterende bygningsmasse, både hvad angår hvilke dele heraf der er relevant at digitalisere, til hvilket niveau, samt de tekniske løsninger dette fordrer. Relevansen ses i forhold til de brugerbehov, der allerede nu kan identificeres, men søger også at inddrage de brugerbehov, der måtte opstå, hvis der allerede forelå en digital informationsmodel over et eksisterende byggeri.

1. udgave, 2010
ISBN 978-87-563-1501-2