



BIM-EBI simulations
Energi, Bæredygtighed og Indeklima

Hvem er vi?

Steffen E. Maagaard

sem@moe.dk

Koncernkompetencechef,
Energi & Indeklima, MOE A/S



- Bygningsingeniør, BSc., m. speciale i installationer og indeklima
Ingeniørhøjskolen i Århus
- Civilingeniør, MSc., Indeklima og Energi
Aalborg Universitet
- Arbejdsområder:
 - Bæredygtigt byggeri og certificeringer
 - Integreret energidesign
 - Bygherrerådgivning
 - Energi og indeklimaanalyser

Peter Lind Johansen

plj@moe.dk

BIM-procesudvikler
MOE A/S



- Bygningskonstruktør
VIA UC
- MSc., Bygningssinformatik
Aalborg Universitet
- Arbejdsområder:
 - Optimering og udvikling af arbejdsprocesser gennem BIM
 - Tekniske løsninger i forbindelse med kompetenceudvikling
 - Automatisering af standardaktiviteter
 - Modellering og specialopgaver i forbindelse med projektering

Hovedproblemstilling

”Hvorfor gør vi ikke brug af de utallige informationer der ligger gemt i BIM modellen til vores egen projektering?”

Vision

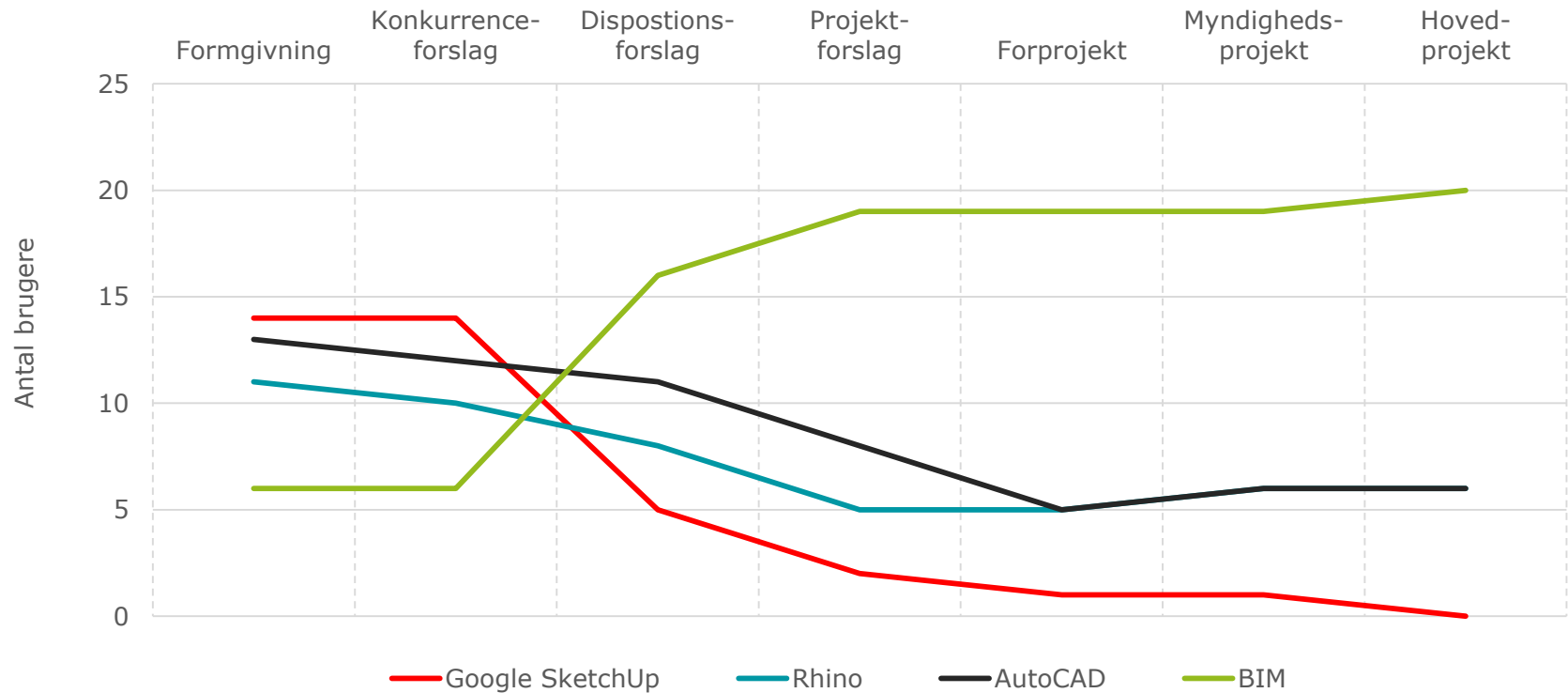
- Primære mål
 - Det skal være muligt at udføre energiberegninger hurtigere, så der ikke bruges unødvendigt tid på opmåling af bygningen
 - Ofte begrænset tid til at udføre beregning inden aflevering
 - Automatisk opmåling af overfladearealer og vinduer
 - Automatisk opmåling af zoner
 - Linket sammen med arkitektens central fil, så opdateringer sker automatisk
- Sekundære mål
 - Give hurtigere tilbagemelding til arkitekt om status på energiberegning
 - Konsekvens af designændringer
 - Udtræk til indeklimate og dagslysberegninger
 - Reelt brug af BIM i dagligdagen

Baggrund og behov

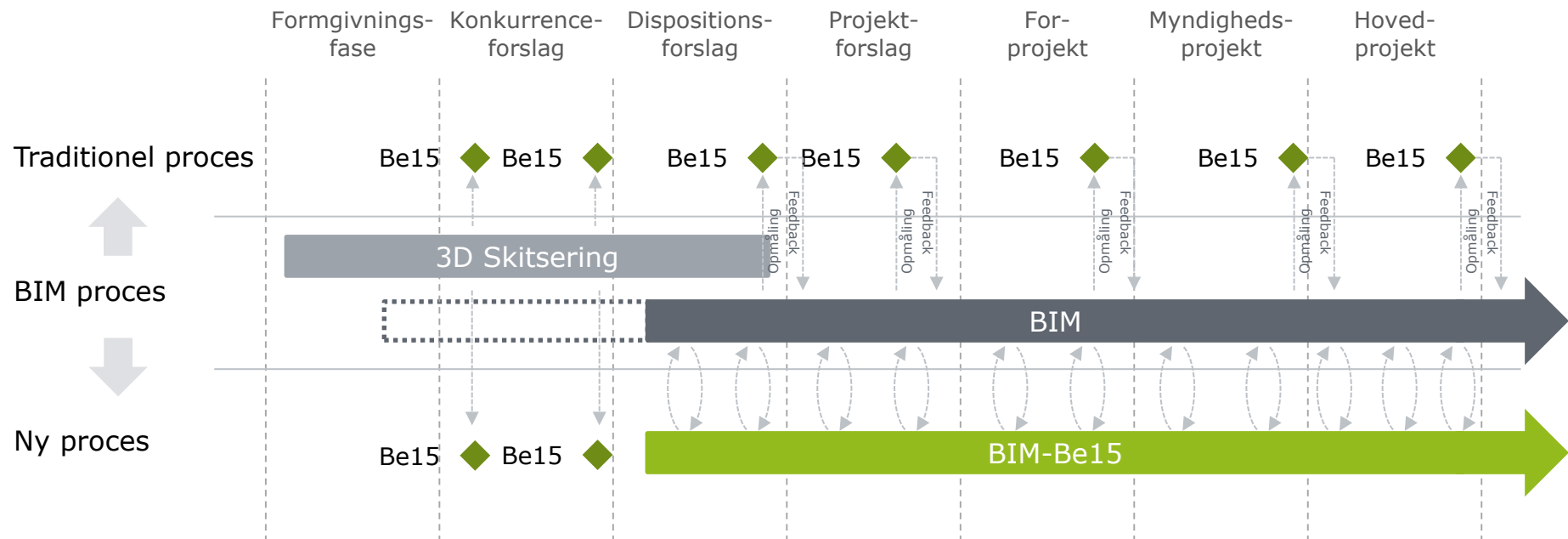
1. Nødvendigt at reducere opmålingstiden
2. Automatisk eksport af data til Excel
3. Opmålinger i overensstemmelse med lovgivning

Brancheundersøgelse

Brug af værktøjer gennem projektforsløb

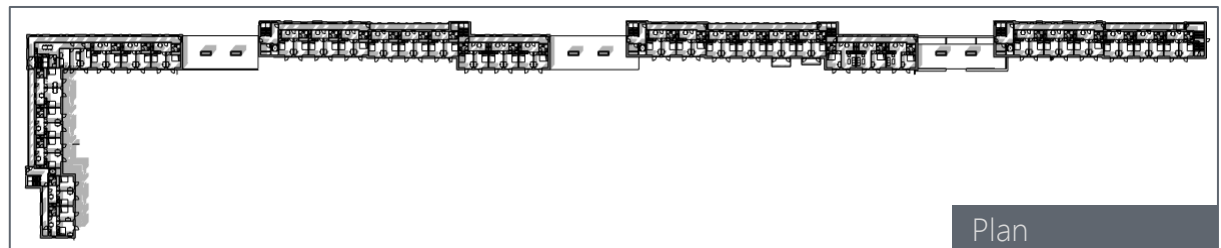
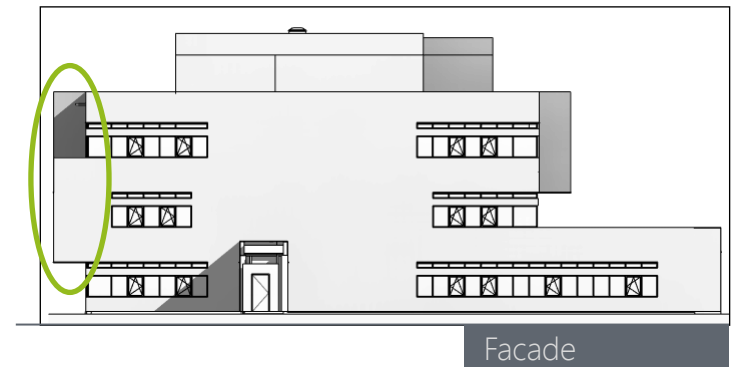


Energiberegninger i faserne



Problemstillinger

- Manuelle opmålinger
 - Tidskrævende (og meget uinspirerende 😊)
 - Uoverskueligt på store projekter -> ofte nød til at starte forfra ved ny arkitektmodel
 - Fejlbehæftede: Dele af bygningen glemmes eller overses
 - Skjulte overflader
 - Udkragede dæk
 - Facadespring
 - Passager



Manuelle energiberegninger

- Tidsforbrug for opmåling og indtastning

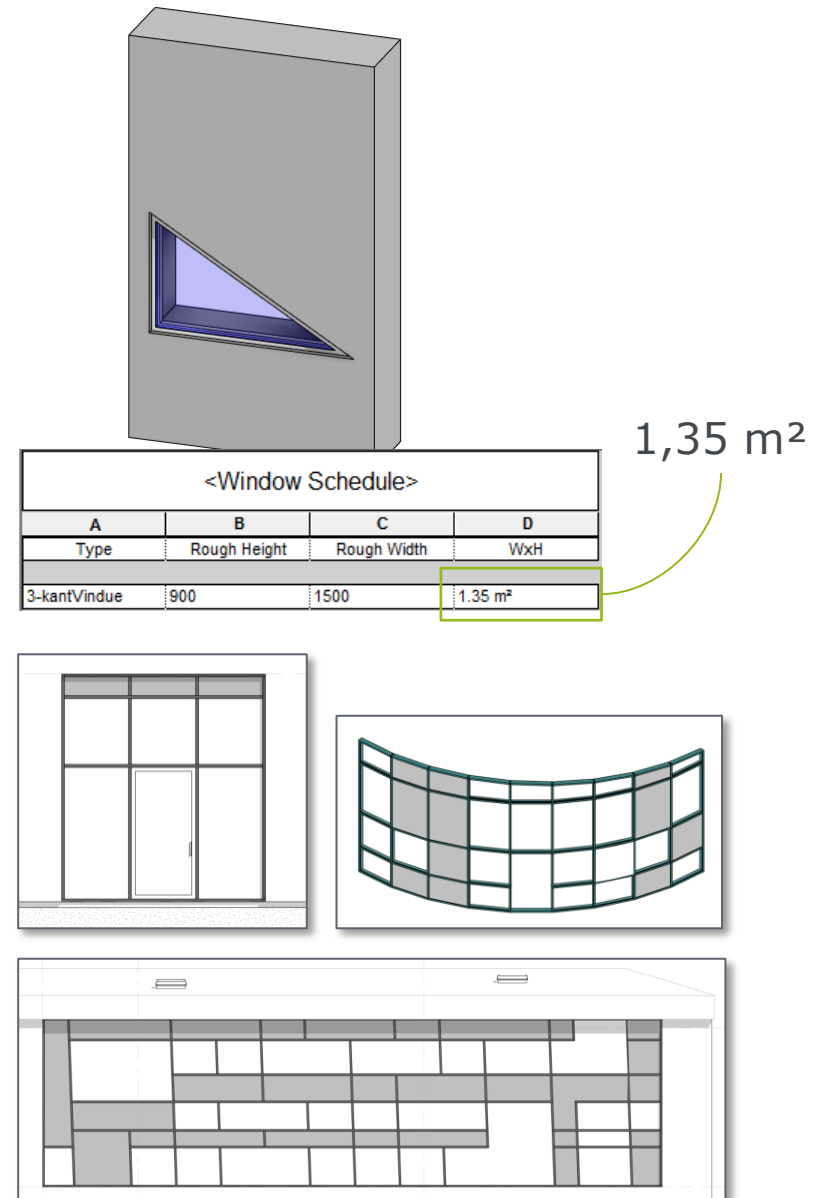
Projekt	Areal [m ²]	Varighed [dage]
Kubehusene	8.300	1
Havnecenter Aarhus	12.000	3
Slagelse Sygehus	16.000	3
Risskov Brynet 2a	17.000	3
Ø-huset	27.000	2
Kalvebod Brygge	43.000 + 17.000 kælder	5
DNV Gødstrup	110.000	5

BIM udtræk

- Udfordringen i BIM vs. Danske regler og normer
 - Grundlag for energiberegning:
 - Bygningsreglementet (BR10/BR15)
 - Be10/Be15 + SBi213
 - DS418
 - Brug for fortolkninger af en bygning
 - Afvigelser mellem mængdeudtræk og opmålingsregler
 - Utilstrækkelig information i Revit på f.eks. vinduer
 - Kun højde og bredde på døre/vinduer
 - Ingen orientering

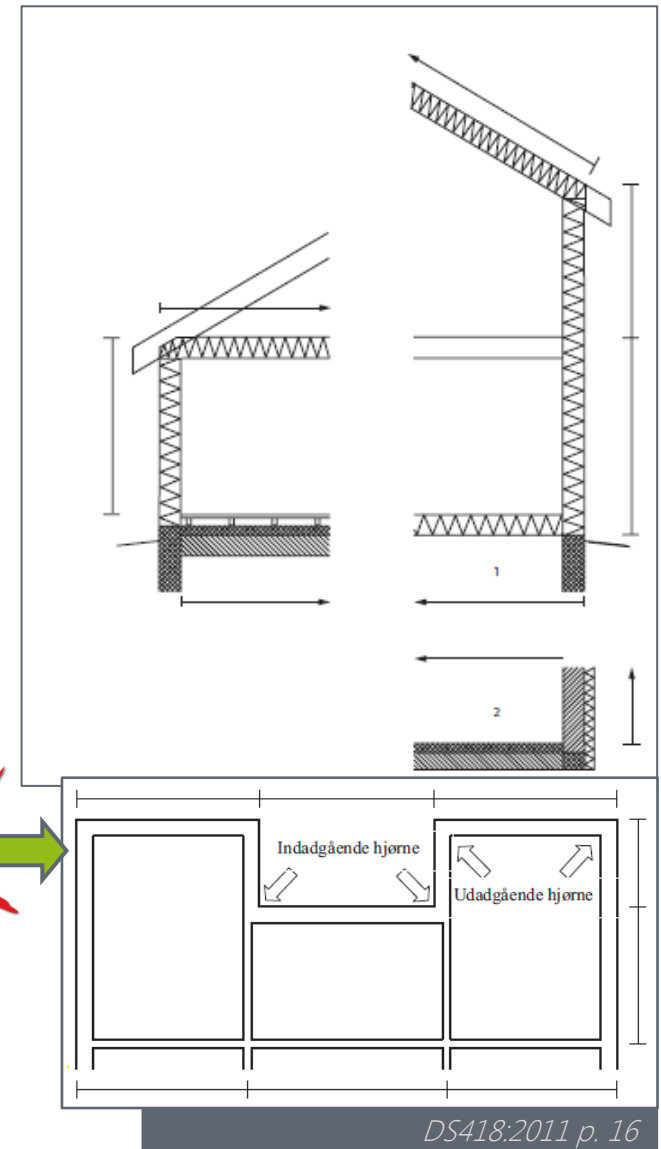
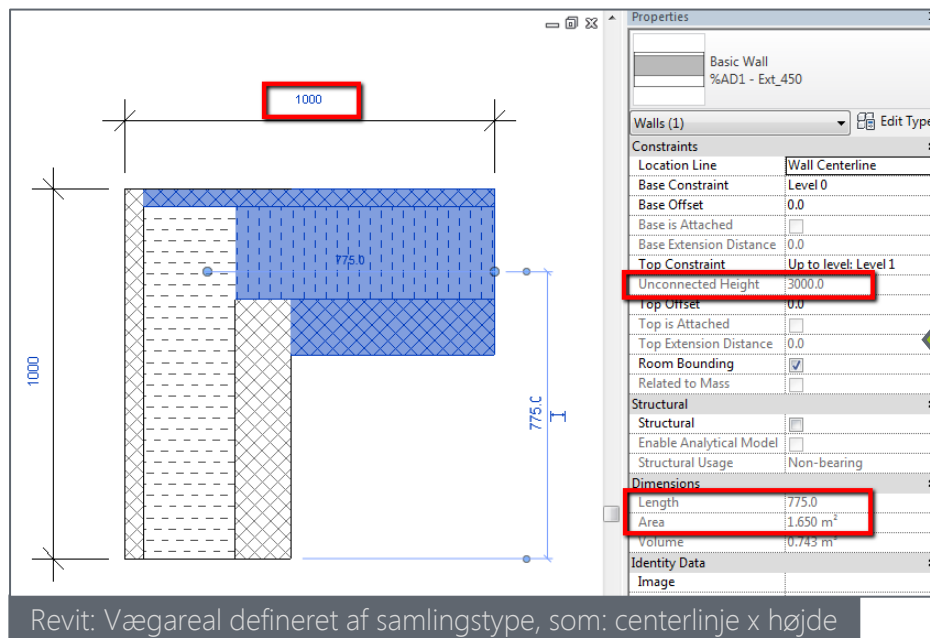
BIM udtræk - Udfordringer

- Bygningens ydre mål?
- Uopvarmede rum?
- Vinduer og døre?
 - Kun $H * B$ i Revit
- Reelle orienteringer
- Curtain Walls
 - Fortolkning af glas og blændepaneler vs Vindues- og Facadeareal
- Længde af linjetab på døre, vinduer og curtain walls
- Brutto/nettoåbning og glasandel



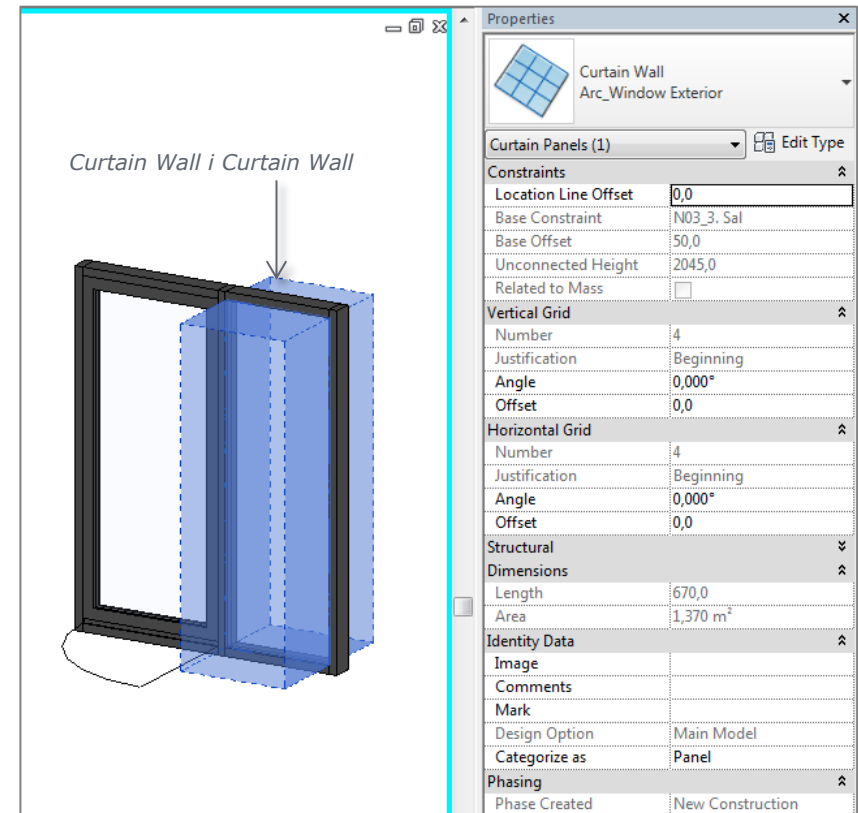
Opmåling af klimaskærm

- Transmissionsarealer vs Mængder i BIM
- Skildring af isoleret tagflade, facader, etage- og terrændæk



Udfordringer – i praksis

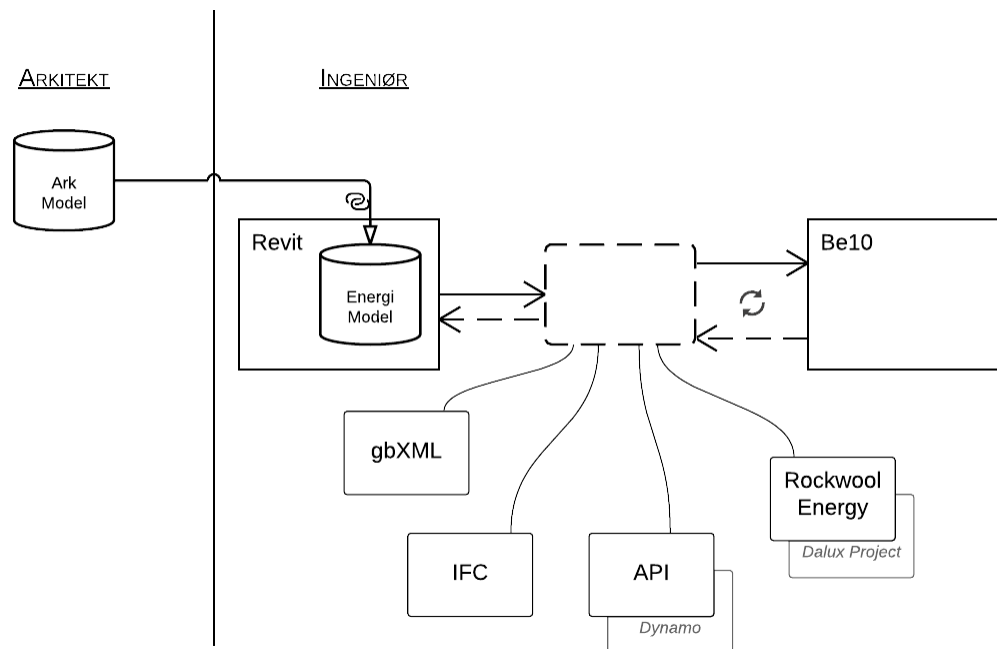
- Håndtering af modelleringsscenarier
- Objekter og kategorier
- Parametre og gyldighed
 - Usikkert at sortere efter Interior/Exterior parameter for id af klimaskærm
- Orientering på bygningsdele
- Tolkning af bygningsmasse
- Nesting



Revit: Curtain Wall nested som glasfelt i Curtain Wall

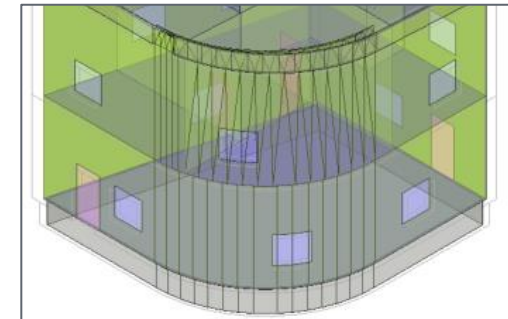
Indgangsvinkel

- Behov for **én generisk** løsning som er anvendelig og **hurtig** i hverdagen
- Funktionel med færrest mulige krav til samarbejdspartnere
- En løsning der tager udgangspunkt i arkitektens BIM model
- Undersøgelse af forskellige muligheder, med udgangspunkt i Revit
 - gbXML
 - IFC
 - Revit API
 - Rockwool Energy Design

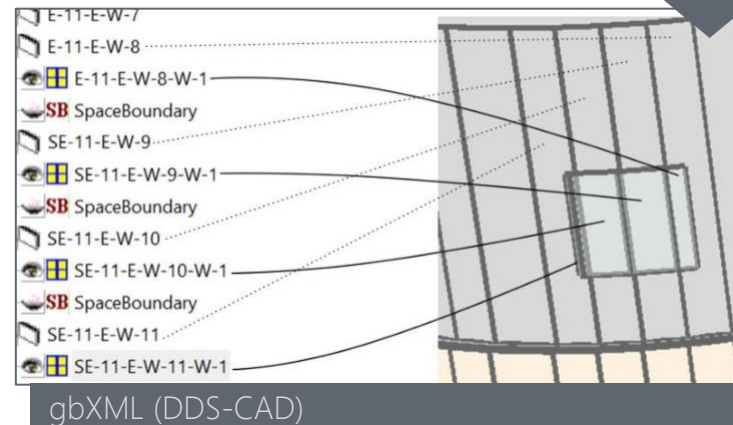


gbXML

- Revit Energy Analytical Model (EAM)
 - Grundlag for gbXML eksport
 - Åbninger i runde vægge
 - Identifikation af glas og blændepaneler i Curtain Walls
 - Kun bruttoåbning for vinduer
 - Blændepaneler
 - Glasandel
 - Længde af linjetab

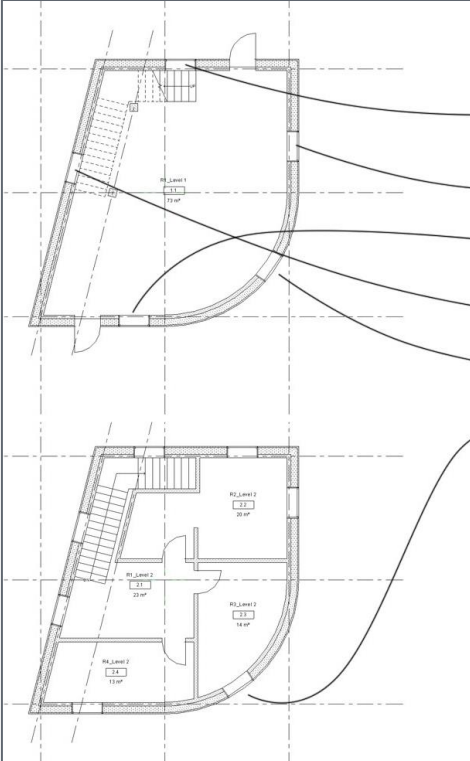


Revit EAM



Rockwool Energy Design

- Udviklet til energiberegning iht. myndighedskrav – Be10 beregningskerne (Rockwool, 2015)
- Importerer data gennem Revit-plugin
 - Orienteringer
 - 0° i rund væg (startpunkt i Host-væg)
 - Kan afvige fra SBI 213



Vinduer

Beskrivelse	Antal	Orient.
▼ RAC: %AD1 - Ext_450		
RAC: %QA1 - 1200x1200 (10)	1	90
RAC: %QC2 - Ext_10x21 (1)	1	90
▼ RAC: %AD1 - Ext_450		
RAC: %QA1 - 1200x1200 (9)	1	0
▼ RAC: %AD1 - Ext_450		
RAC: %QA1 - 1200x1200 (7)	1	-90
RAC: %QC2 - Ext_10x21 (2)	1	-90
▼ RAC: %AD1 - Ext_450		
RAC: %QA1 - 1200x1200 (8)	1	165.96
▼ RAC: %AD1 - Ext_450		
RAC: %QA1 - 1200x1200 (6)	1	0
▼ RAC: %AD1 - Ext_450		
RAC: %QA1 - 1200x1200 (15)	1	0
▼ RAC: %AD1 - Ext_450		
RAC: %QA1 - 1200x1200 (14)	1	0
▼ RAC: %AD1 - Ext_450		
RAC: %QA1 - 1200x1200 (11)	1	165.96
RAC: %QA1 - 1200x1200 (17)	1	165.96
▼ RAC: %AD1 - Ext_450		
RAC: %QA1 - 1200x1200 (16)	1	-90
▼ RAC: %AD1 - Ext_450		
RAC: %QA1 - 1200x1200 (12)	1	90
RAC: %QA1 - 1200x1200 (13)	1	90
▼ RAC: %BD2 - Int_150		
RAC: %QC3 - Int_9x21 (4)	1	180
▼ RAC: %BD2 - Int_150		

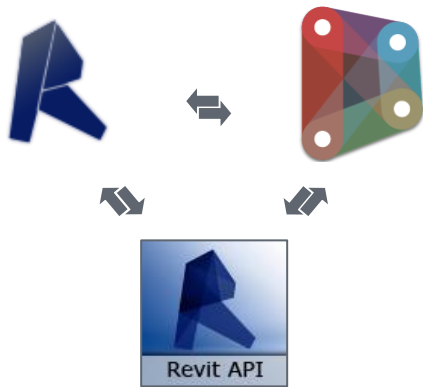
Revit planer vs Rockwool Energys vinduesliste

Konklusion på undersøgelser

- Eksisterende metoder stiller **store** krav til arkitektmodel
 - Problematisk i forhold til faglige ansvarsområder
 - Supplerende ydelser
 - Øget detaljering = længere proces og senere beregning
 - Behov for at flytte grundlaget og begrænse krav
- Der findes INGEN produkter på marked som kan gøre arbejdet!
- Bygningsmodel i sig selv, er ikke fyldestgørende i forhold til opmålingsregler og myndighedskrav
 - Gælder både rvt, ifc og gbXML
 - Nødvendigt at bearbejde tilgængelig data til det output vi har behov for
- Vi er ansvarlige og kan ikke basere opmålinger på arkitektmodeller alene
- Vi skal være mindre afhængige af modelleringsdisciplin og detaljeringsgrad i arkitektmodellen, så opmåling og beregning kan udføres tidligst muligt
- Vi skal kunne håndtere forskellige scenarier, frem for at stille krav
- Vi skal kunne definere og påvirke grundlaget – uden at redigere i modtagne modeller

Metode i videre udvikling

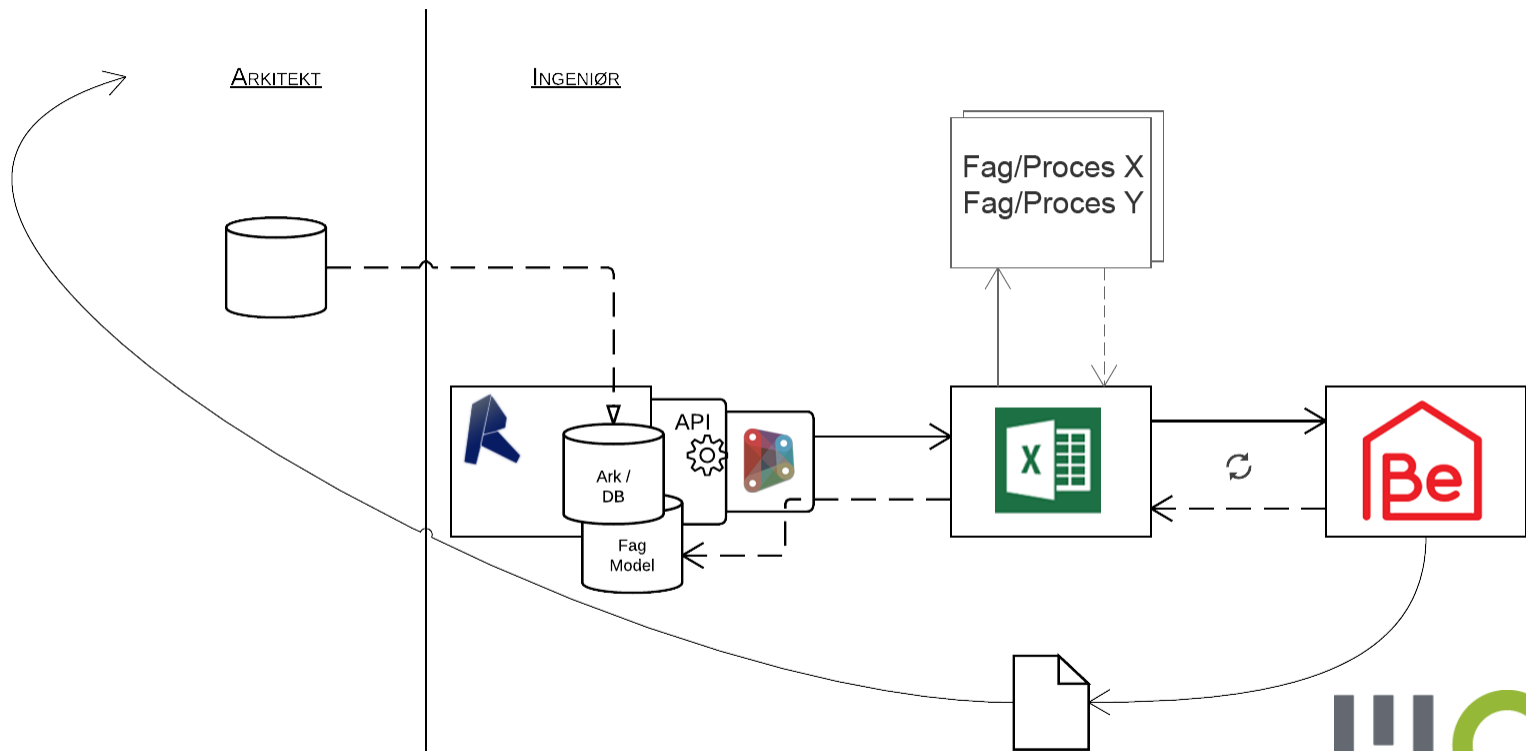
- Revit + Dynamo + API



- Arbejde med arkitektmodel linket direkte ind i EBI-template
- Kombinere og bearbejde data fra EBI- og ARK-model
- Løse konkrete udfordringer i forhold til DS418
- Tovejskommunikation med Excel
- Funktionaliteten er afgørende – ikke formatet

Principiell Workflow

- EBI-model med linket ARK-model
- Udtræk fra RevitAPI / evaluering med Dynamo
- Eksport af bruttoliste til Excel
- Opsummering af input til beregningskerne
- Feedback til arkitekt

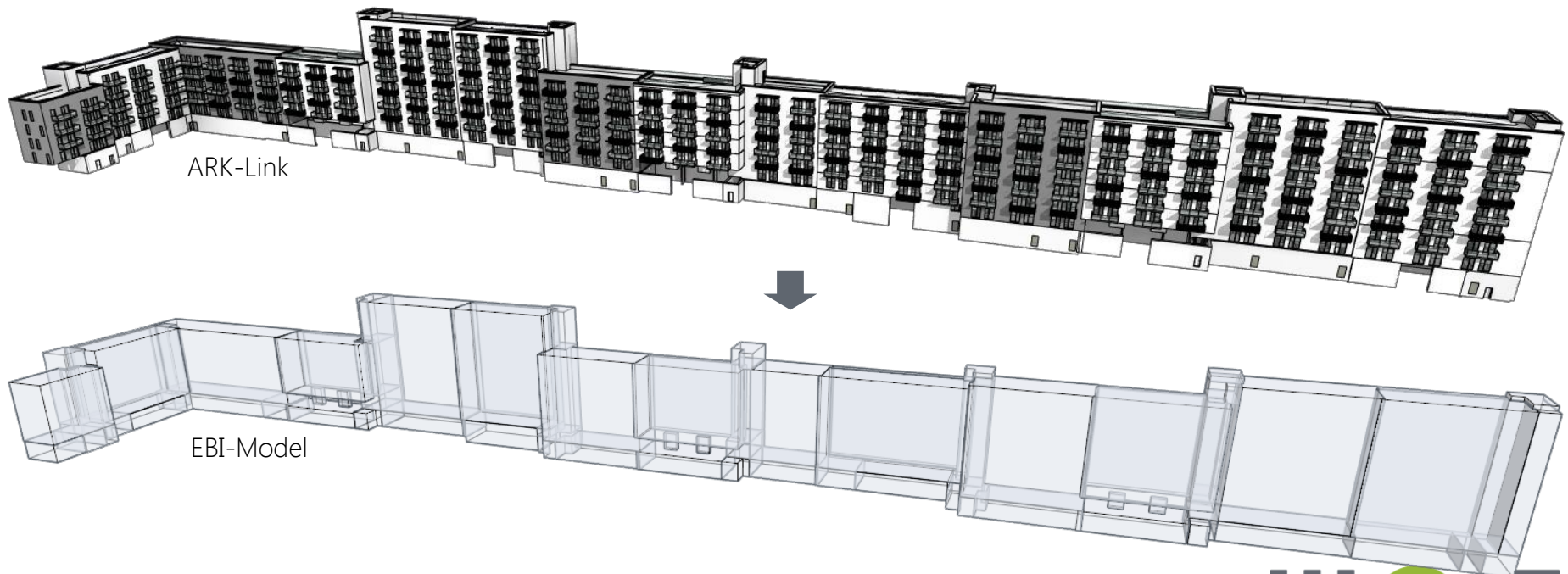


Revit + Dynamo + API

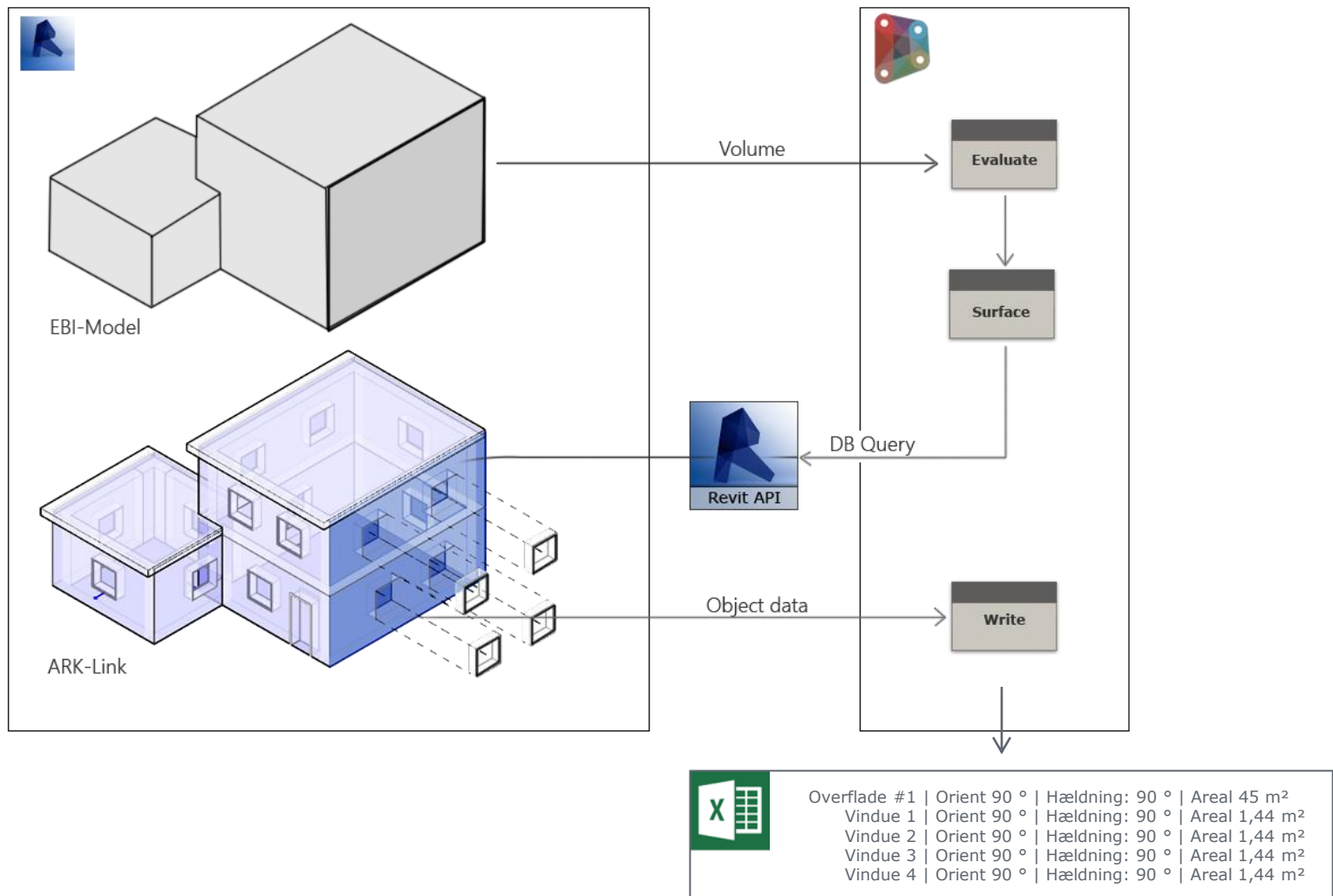
- Revit + Dynamo
 - Værktøjer til geometrisk analyse og evaluering
 - Flexibilitet: Projektspecifikke justeringer af scripts
 - Visualisering: Mulighed for at monitorere data og synliggøre i Revit UI
 - Interoperabilitet:
 - Udveksling af data med flere typer software
- API:
 - Dynamo '*out of the box*' kan ikke det vi har behov for
 - Håndtering af ressourceforbrug ved store modeller
- MOE Node Package til Dynamo

EBI Template

- Bygningsvolumener i EBI-model
 - Opmålingsgrundlag i egen fagmodel
 - Menneskelig og ingeniørfaglig tolkning af bygningsmassen
 - Automatisk bruttoetageareal ud fra valgte levels
 - Kontekst i det virtuelle miljø

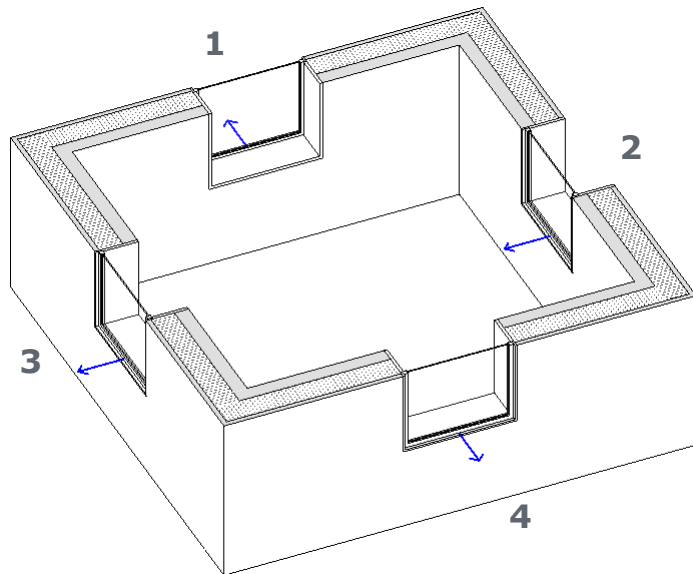


EBI Template – Overfladebaseret udtræk



EBI Template – Virtuel kontekst

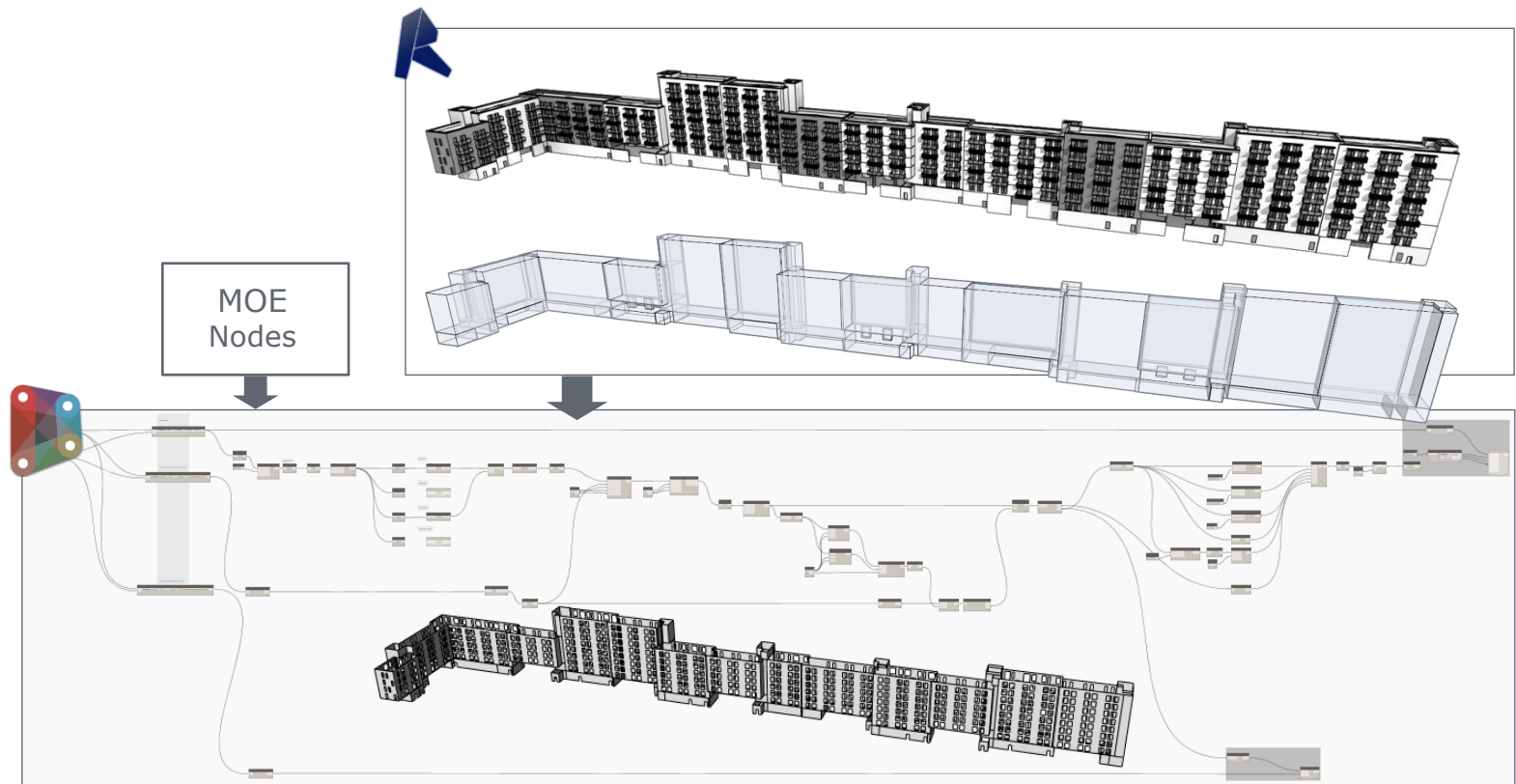
- Mulighed for at evaluere orienteringer
- Gør output uafhængigt af det enkelte objekts retningsvektor, 'flips', etc.



Vindue	Vektor Orientering	Evalueret Orientering
1	Nord	Nord
2	<u>Vest</u>	<u>Øst</u>
3	Vest	Vest
4	Syd	Syd

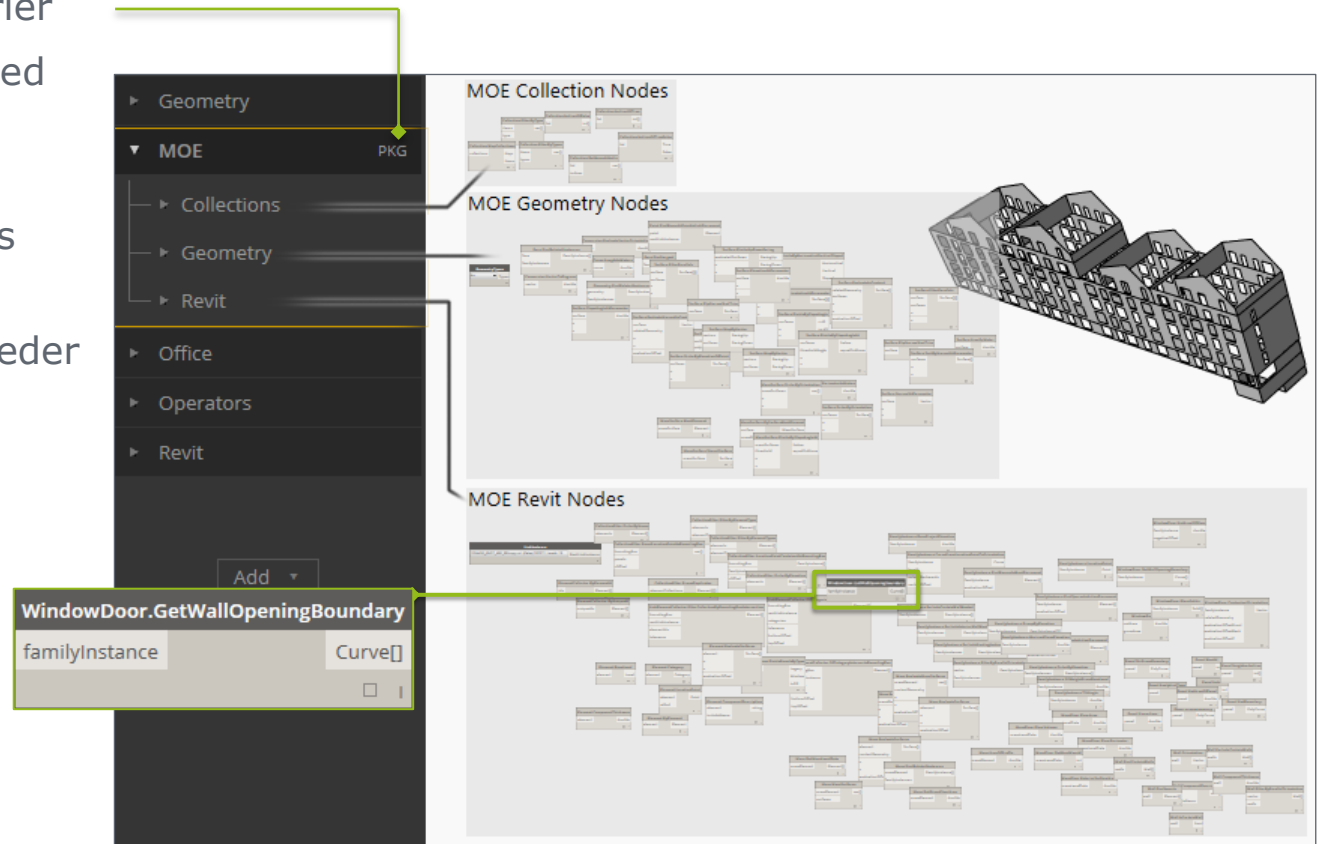
EBI Template – Dynamo

- Standardopsætning af parametre og views understøtter modellering af volumener og sammenspil med Dynamo



MOE Nodes

- Implementering af supplerende funktioner og kommunikation med RevitAPI i Dynamo
- 50+ Nodes i 3 kategorier
 - Fuldt kompatible med indbyggede Nodes
 - Sammensættes til fagspecifikke scripts
 - Tværfaglige anvendelsesmuligheder



MOE Nodes

- Løbende *in-house* udvikling og optimering
- 5000+ linjer C# programmering
- Optimeret ressourceforbrug
 - Filtreret udtræk fra Revit.DB på baggrund af brugerinput i Dynamo
 - Fra aktiv model, link eller begge
- Behandling af kombineret data fra flere modeller
- Komplekse funktioner til fagspecifikke opgaver
- Dynamo + MOE Nodes kan det vi har behov for 😊

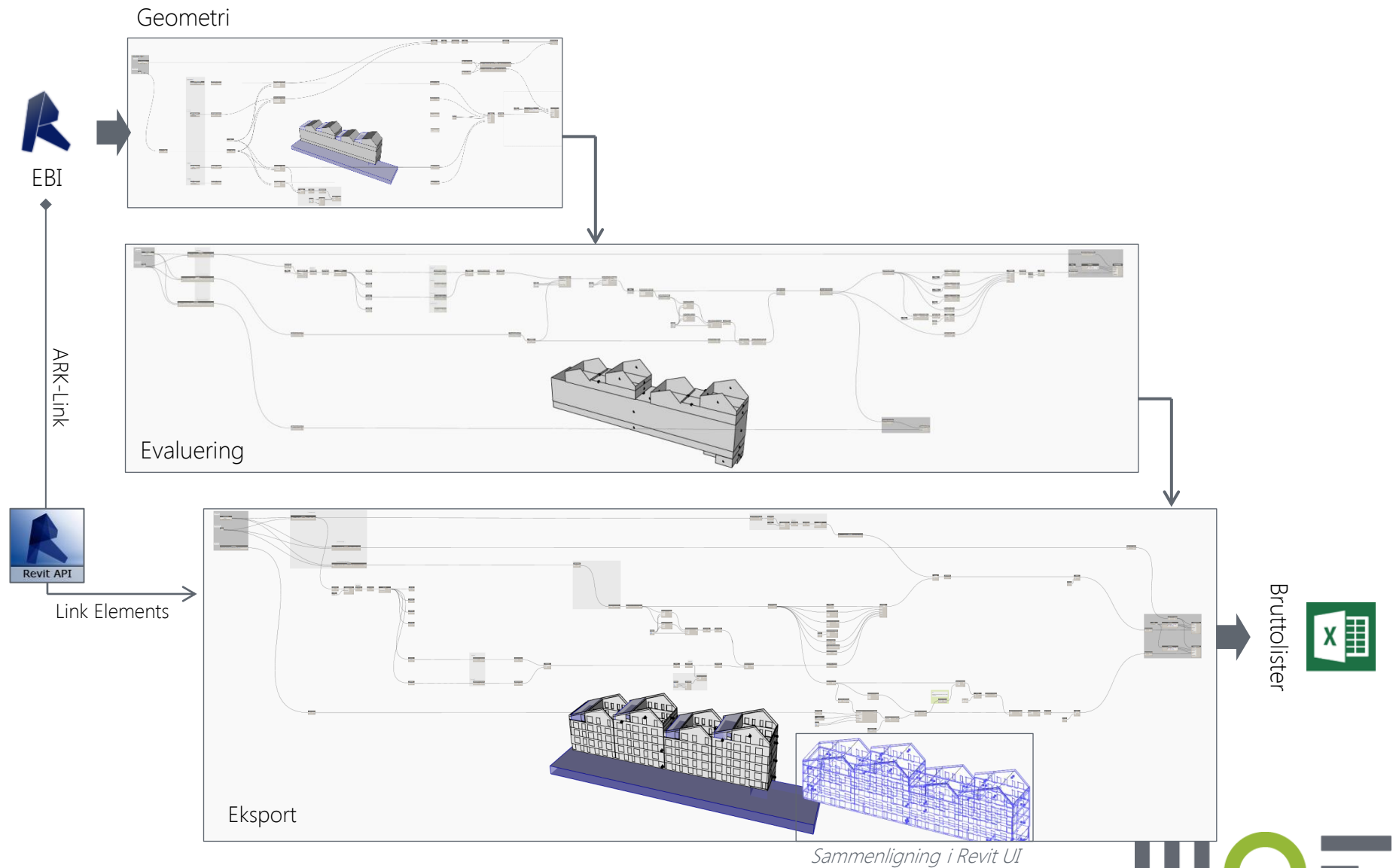


C#



Node og bagvedliggende kode

Dynamo Workflow



Excel

- Behandling af data i bruttolister
 - Menneskelig/faglig tolkning/vurdering af data og opsummering af Be10/Be15 input
 - Manuelle/supplerende beregninger
 - Sortering, søgning og filtrering
 - Input til andre fag og processer
 - KS**

Bruttoliste: Døre og vinduer

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	EBI_BuildingID	EBI_UserExportID	EBI_Note	Mass Name	Kælder	Overflade#	Kategori	Id	Navn	Level	Elevation	Orientering	Hældning	Areal [m2]	Fr	Perimeter [m]	Uopvarmet
1																	
2	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage V	A_1_A3-A6	FALSK	0	Windows	4657059	2350x2350mm	AB.1 - STUEPLAN	0	0	90	5,511	0,89	9,39	FALSK
3	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage V	A_1_A3-A6	FALSK	0	Windows	4657079	2350x5350mm	AB.1 - STUEPLAN	-10	0	90	12,573	0,92	15,4	FALSK
4	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage V	A_1_A3-A6	FALSK	0	Windows	4657099	1510x2350mm	AB.1 - STUEPLAN	0	0	90	3,541	0,86	7,71	FALSK
5	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage V	A_1_A3-A6	FALSK	0	Windows	4657101	790x2350mm	AB.1 - STUEPLAN	0	0	90	1,853	0,79	6,27	FALSK
6	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage V	A_1_A3-A6	FALSK	0	Windows	4657122	1510x5350mm	AB.1 - STUEPLAN	0	0	90	8,078	0,89	13,72	FALSK
7	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage V	A_1_A3-A6	FALSK	0	Windows	4657124	790x2350mm	AB.1 - STUEPLAN	0	0	90	1,853	0,79	6,27	FALSK
8	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage V	A_1_A3-A6	FALSK	0	Windows	4657130	1990x2350mm	AB.1 - STUEPLAN	0	0	90	4,676	0,88	8,68	FALSK
9	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage V	A_1_A3-A6	FALSK	0	Windows	4835910	1510x5350mm	AB.1 - STUEPLAN	0	0	90	8,079	0,89	13,72	FALSK
10	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage V	A_1_A3-A6	FALSK	0	Windows	4835925	790x2350mm	AB.1 - STUEPLAN	0	0	90	1,853	0,79	6,27	FALSK
11	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage H	A_1_A6-A10	FALSK	1	Doors	2909490	1010x2350mm - varm	EFG.1 - STUEPLAN	0	0	90	2,374	0,71	6,72	SAND
12	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage H	A_1_A6-A10	FALSK	2	Doors	2909482	1010x2350mm - varm	EFG.1 - STUEPLAN	0	0	90	2,374	0,71	6,72	SAND
13	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage H	A_1_A6-A10	FALSK	2	Windows	2909483	900x2350mm - varm	EFG.1 - STUEPLAN	0	0	90	2,115	0,81	6,5	SAND
14	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage H	A_1_A6-A10	FALSK	2	Doors	2909486	1010x2350mm - varm	EFG.1 - STUEPLAN	0	0	90	2,374	0,71	6,72	SAND
15	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage H	A_1_A6-A10	FALSK	2	Windows	2909487	900x2350mm - varm	EFG.1 - STUEPLAN	0	0	90	2,115	0,81	6,5	SAND
16	A	Afsnit A-G	Afsnit A - Stueetage H	A_1_A6-A10	FALSK	2	Windows	2909491	900x2350mm - varm	EFG.1 - STUEPLAN	0	0	90	2,115	0,81	6,5	SAND
17	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657060	1510x2350mm	AB.2 - 1. SALSPLAN	3000	0	90	3,541	0,86	7,71	FALSK
18	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657063	790x2350mm	AB.2 - 1. SALSPLAN	3000	0	90	1,853	0,79	6,27	FALSK
19	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657100	2350x2350mm	AB.2 - 1. SALSPLAN	3000	0	90	5,511	0,89	9,39	FALSK
20	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657132	790x2350mm	AB.2 - 1. SALSPLAN	3000	0	90	1,853	0,79	6,27	FALSK
21	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657160	2350x5350mm	AB.3 - 2. SALSPLAN	5990	0	90	12,573	0,92	15,4	FALSK
22	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657383	1510x2350mm	AB.3 - 2. SALSPLAN	6000	0	90	3,541	0,86	7,71	FALSK
23	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657384	790x2350mm	AB.4 - 3. SALSPLAN	9000	0	90	1,853	0,79	6,27	FALSK
24	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657404	790x5350mm	AB.3 - 2. SALSPLAN	6000	0	90	4,226	0,82	12,28	FALSK
25	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657408	790x2350mm	AB.3 - 2. SALSPLAN	6000	0	90	1,853	0,79	6,27	FALSK
26	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657409	1510x2350mm	AB.4 - 3. SALSPLAN	9000	0	90	3,541	0,86	7,71	FALSK
27	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657427	2350x2350mm	AB.3 - 2. SALSPLAN	6000	0	90	5,511	0,89	9,39	FALSK
28	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657429	1510x2350mm	AB.4 - 3. SALSPLAN	9000	0	90	3,541	0,86	7,71	FALSK
29	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657484	1510x2350mm	AB.5 - 4. SALSPLAN	12000	0	90	3,541	0,86	7,71	FALSK
30	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657485	2350x2350mm	AB.6 - 5. SALSPLAN	15000	0	90	5,511	0,89	9,39	FALSK
31	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657486	790x2350mm	AB.5 - 4. SALSPLAN	12000	0	90	1,853	0,79	6,27	FALSK
32	A	Afsnit A-G	v Stue/7 sal	A_2_A3-A6	FALSK	3	Windows	4657506	1510x5350mm	AB.5 - 4. SALSPLAN	12000	0	90	8,078	0,89	13,72	FALSK

Arbejdsgange

Opstart

1. Mass-Modellering af bygningsvolumen i Revit
2. Sammenkobling med Dynamo Script



Design-iteration

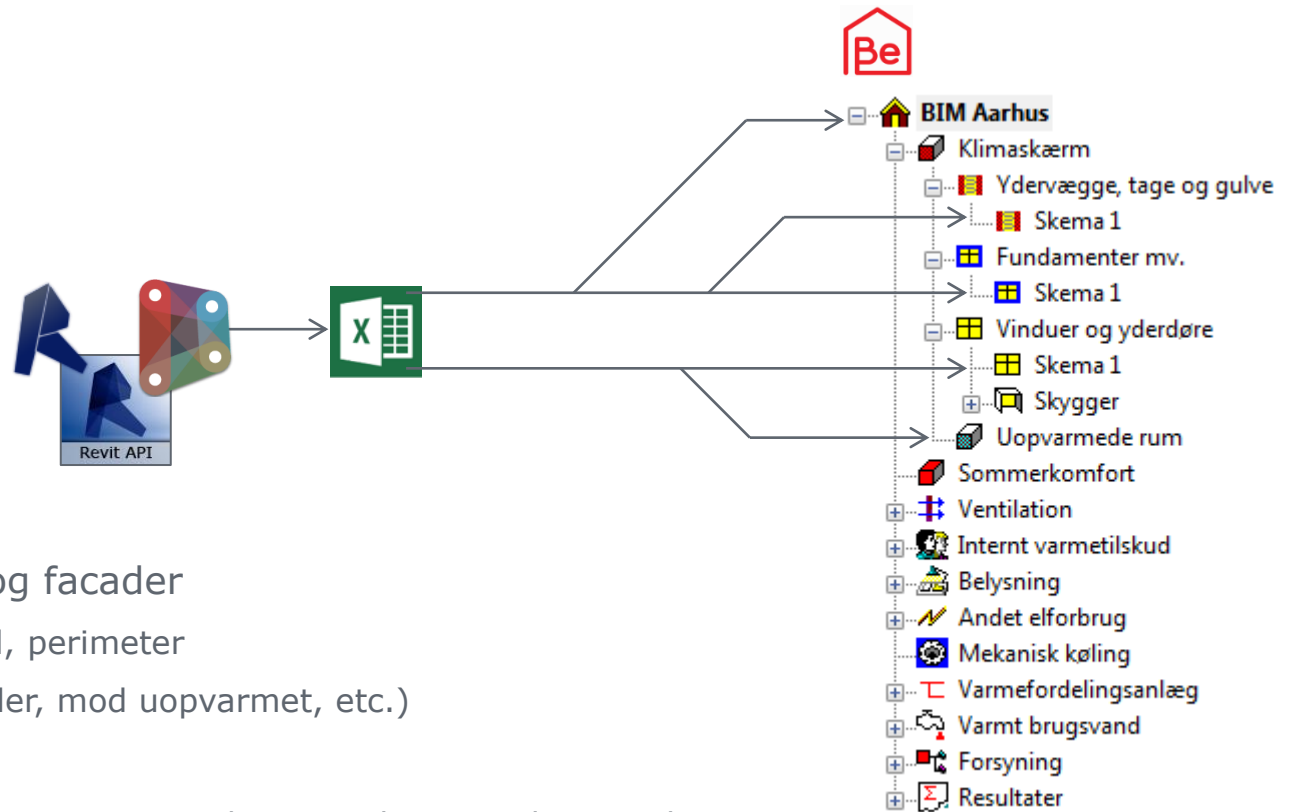
1. Reload opdateret arkitekt-link i Revit
2. Eventuel opdatering af volumen efter arkitektændringer



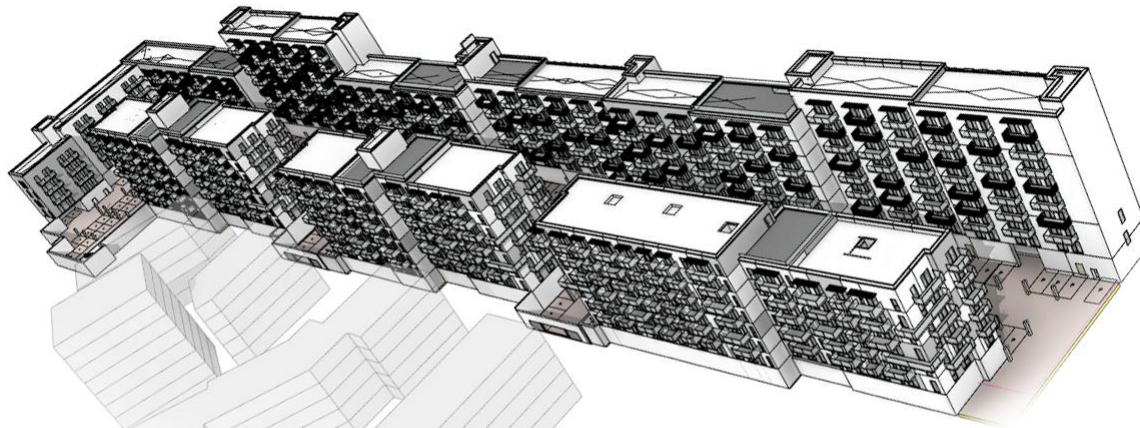
3. Afvikling af Dynamo Workflow
4. Databehandling i Excel
 - Viderebearbejdning og KS
 - Udveksling med andre fag og processer
5. Beregning og feedback

Status

- Bruttoetagearealer
- Klimaskærm
 - Ydervægge, tage og facader
 - Brutto-/nettoareal, perimeter
 - Lokalisering (kælder, mod uopvarmet, etc.)
 - Fundamenter
 - Længde af fundamenter og samlinger omkring vinduer og døre
 - Vinduer og yderdøre
 - Orientering, hældning, åbningsareal, glasandel, perimeter
 - Curtain Walls
 - Glas: Orientering, hældning, bruttoareal, glasandel, perimeter, linjetabslængde
 - Blændepaneller: Overføres som særskilt post i ydervægge



Cases



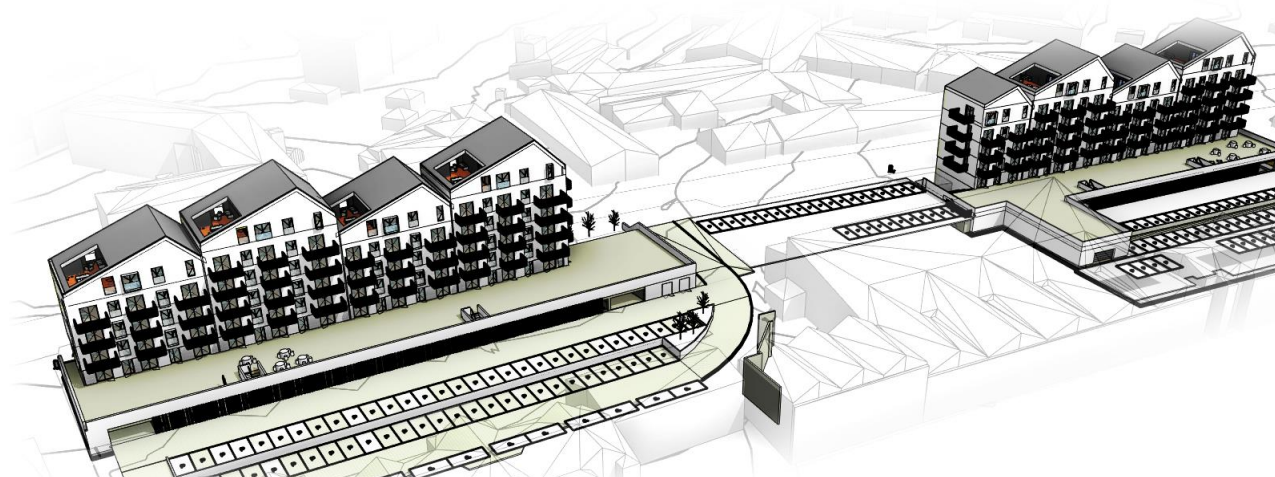
Risskov Brynet 2

Bygherre: Domis Ejendomme

Arkitekt: Arkitema

Bruttoareal: 17.000 + 15.000 m²

Samlet opmålingstid: 2 x 10 min



Jens Baggesens Vej 7-9

Bygherre: Mogens de Linde

Arkitekt: AART

Bruttoareal: 9.000 m²

Samlet opmålingstid: 2 x 5 min

Erfaringer

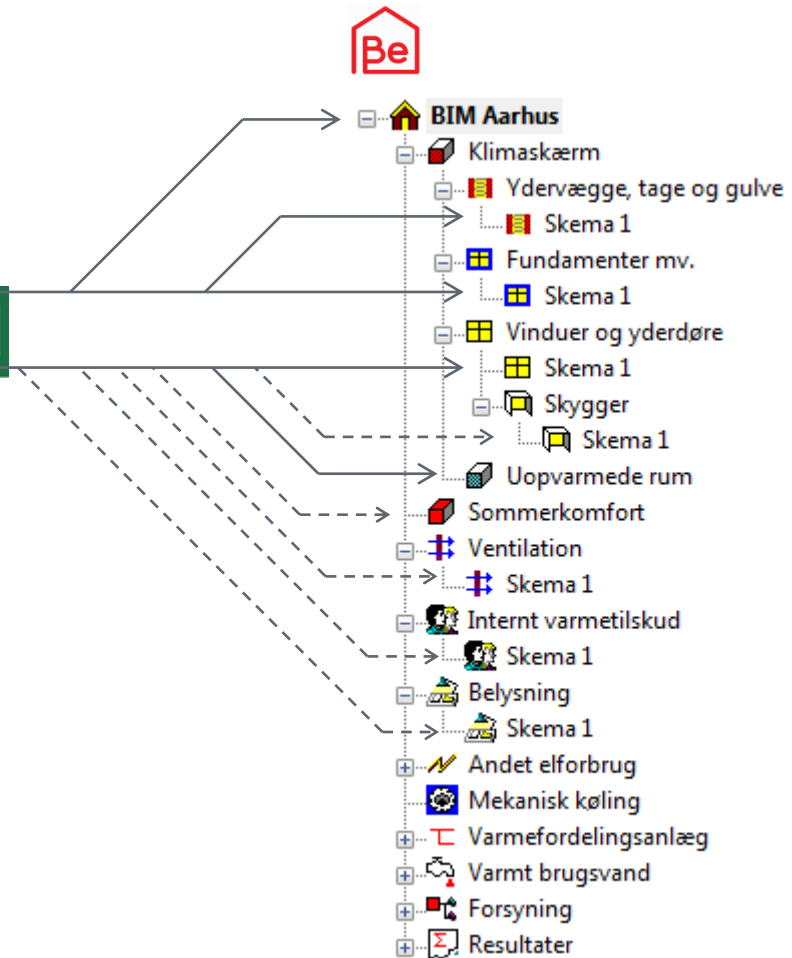
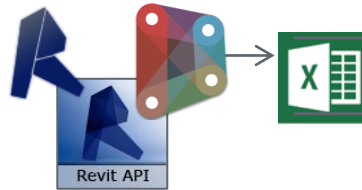
- Projektspecifik EBI-model
 - Indledende opsætning og modellering tager lidt tid på nye projekter
 - *4-5 timer afhængigt af kompleksitet*
 - Efterfølgende opdateringer typisk under 30 min
- Automatisk vs Manuel opmåling
 - Forskellige resultater på Risskov Brynet
 - Nærmere undersøgelse viste forkert manuel opmåling!
 - Ved alt granskning har den automatiske opmåling vist sig at være korrekt
- Samarbejde
 - Stadig grundlæggende krav til modellering, men..
 - De er simple at efterleve – mange er som oftest allerede opfyldt af arkitektens modelleringsprocedurer
 - Reduceret behov ekstra opgaver
 - Afgørende faktorer flyttes væk fra arkitektmodellen
 - Bedre overensstemmelse med faglige ansvarsområder
 - Muligt at basere beregning på modeller med lav detaljeringsgrad

Konklusioner

- Manuelle opmålinger
 - ✓ Tidskrævende *Dage → Minutter*
 - ✓ Uoverskueligt på store projekter
 - ✓ Fejlbehæftede: Dele af bygningen glemmes eller overses
- BIM vs Danske regler og normer
 - ✓ Afvigelser mellem mængdeudtræk og opmålingsregler
 - ✓ Utilstrækkelig information i Revit på f.eks. Vinduer
 - ✓ Bruttoliste i Excel hvor alle inputs kan bearbejdes inden energiberegning

Fremadrettet

- Spaces og Zones i EBI-modeller
 - Anvendelse af MOE Nodes til Rum-analyser
 - Dimensionering
 - Strømline informationsudveksling med VVS og VENT
- Automatisering af skyggeopmålinger
- Sommerkomfort beregning på alle rum
- Varmetabsberegninger
- Avanceret indeklimateklima simuleringer (EnergyPlus)
- LCA-beregninger





buildingdesign.moe.dk

Tak for i dag!