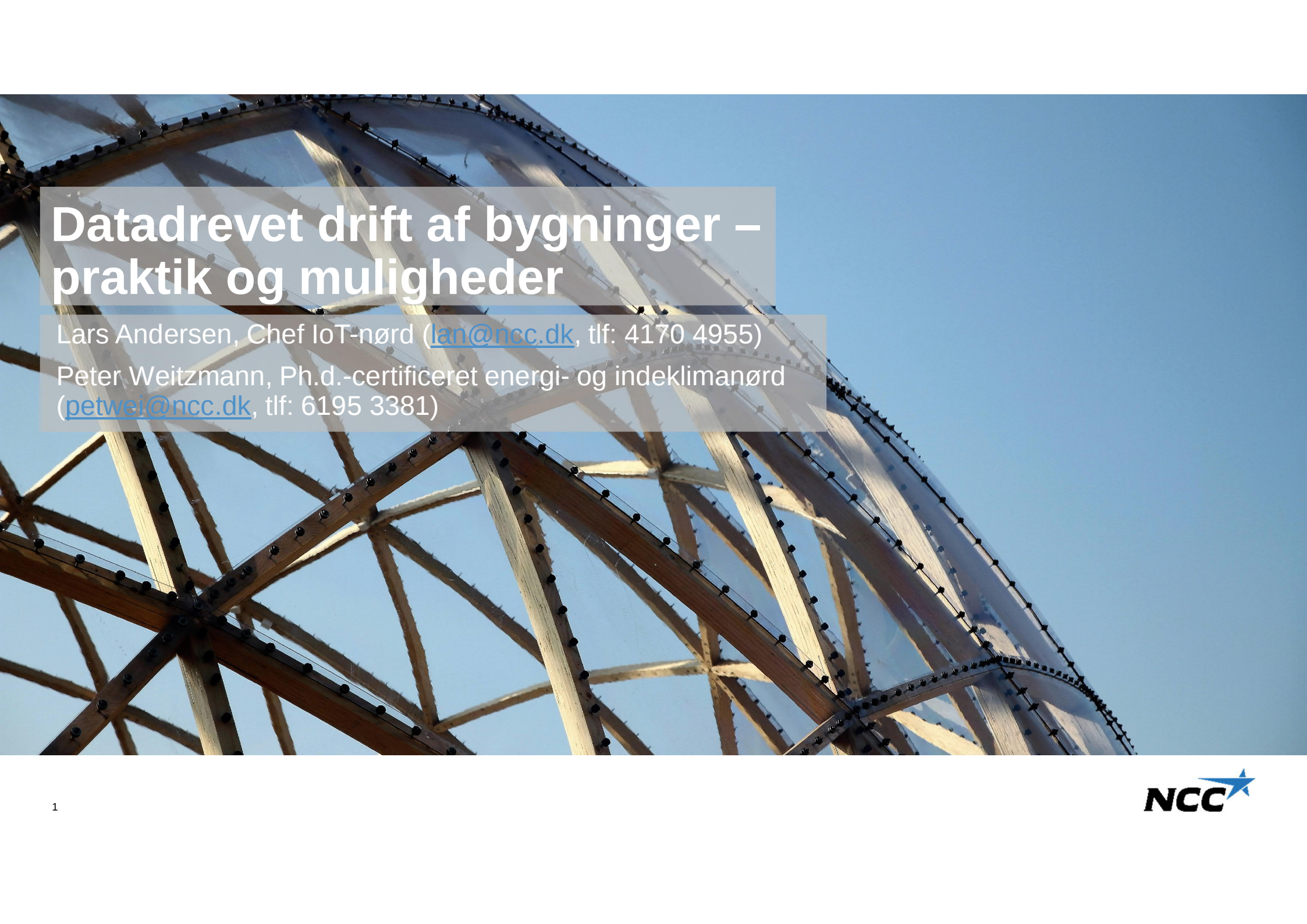




Datadrevet drift af bygninger – praktik og muligheder

Lars Andersen, Chef IoT-nørd (lan@ncc.dk, tlf: 4170 4955)

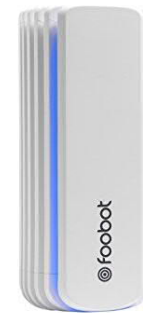
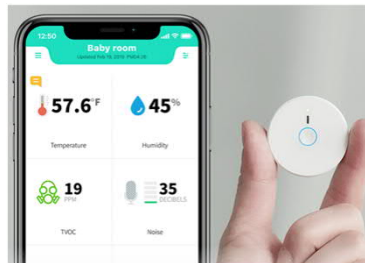
Peter Weitzmann, Ph.d.-certificeret energi- og indeklimanørd
(petwei@ncc.dk, tlf: 6195 3381)

NCC

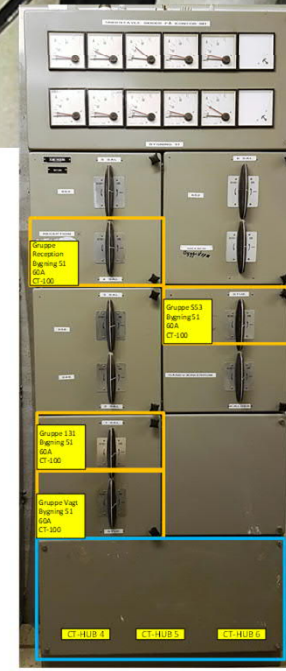
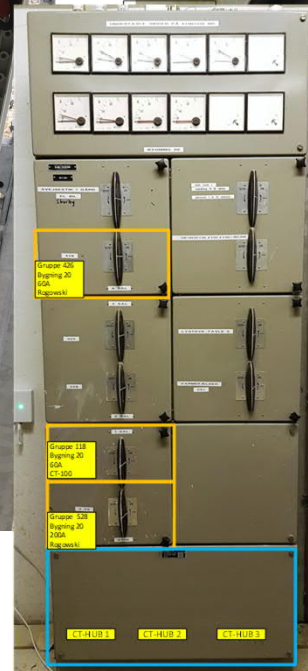
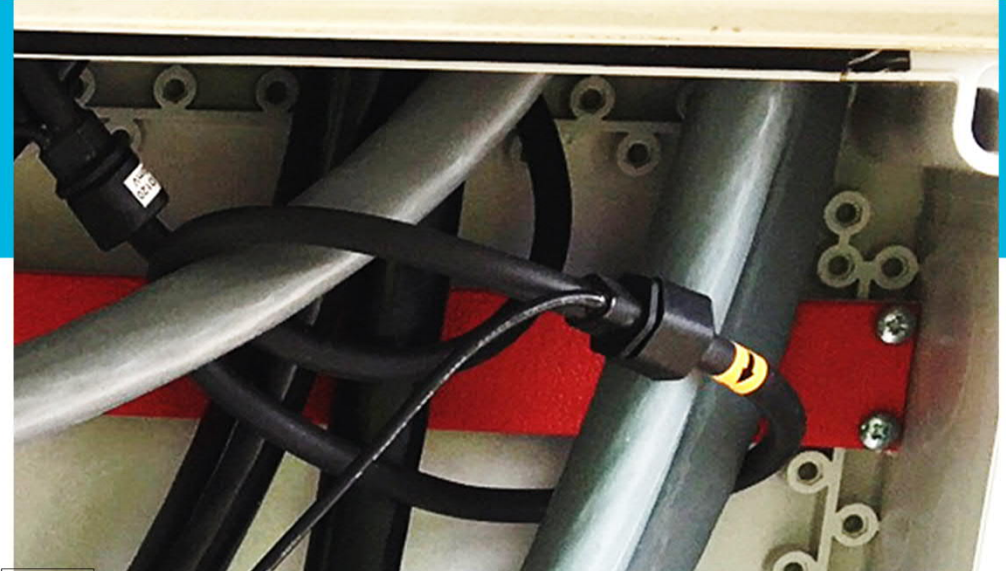
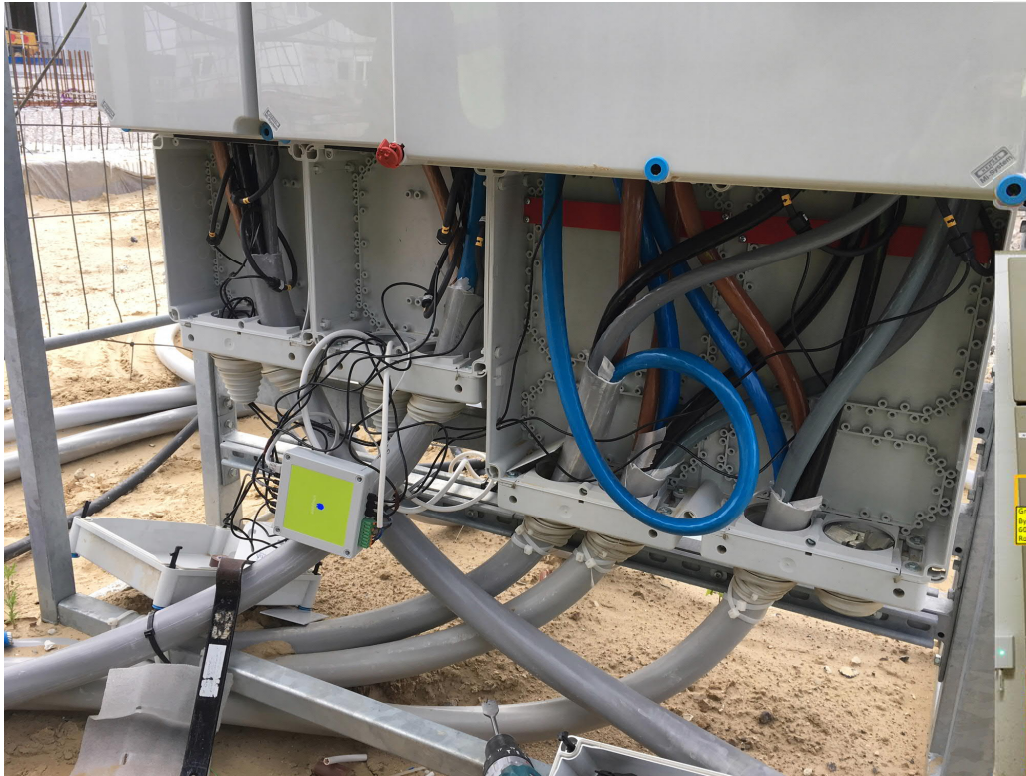
- Vi er en af de førende udviklings- og entreprenørvirksomheder i Norden.
- Gruppen omsatte for SEK 57 milliarder i 2017, med ca. 16.300 ansatte.
- I Danmark er NCC en af de fem største og beskæftiger ca. 2.500 ansatte.



Hvad er IoT?



IoT i praksis

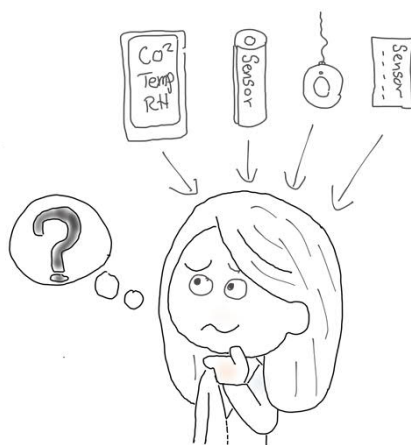


Det satte os i gang – en defekt knap ..

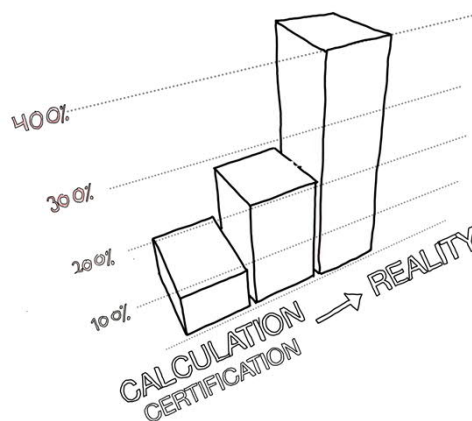


= 80.000 kr/år

Vores virkelighed



**Kunderne udfordrer
os med data**



**"Performance Gap"
Forbrug, indeklime**



**Bæredygtighed og
klimamålsætninger**

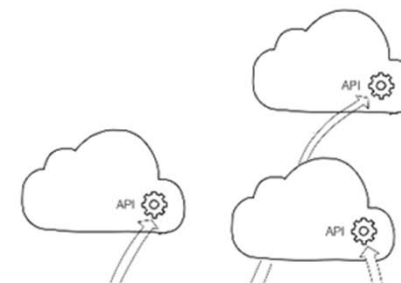
Dogmer



kunden ejer data!



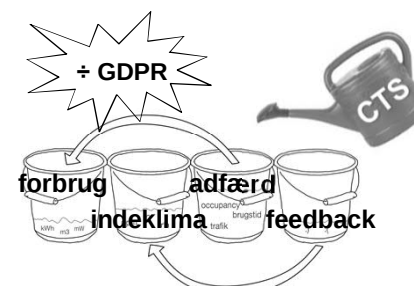
**Leverandøruafhængighed,
åbne systemer og indbygget
IT-sikkerhed**



**Ikke et IT projekt – men
teknologianvendelse**

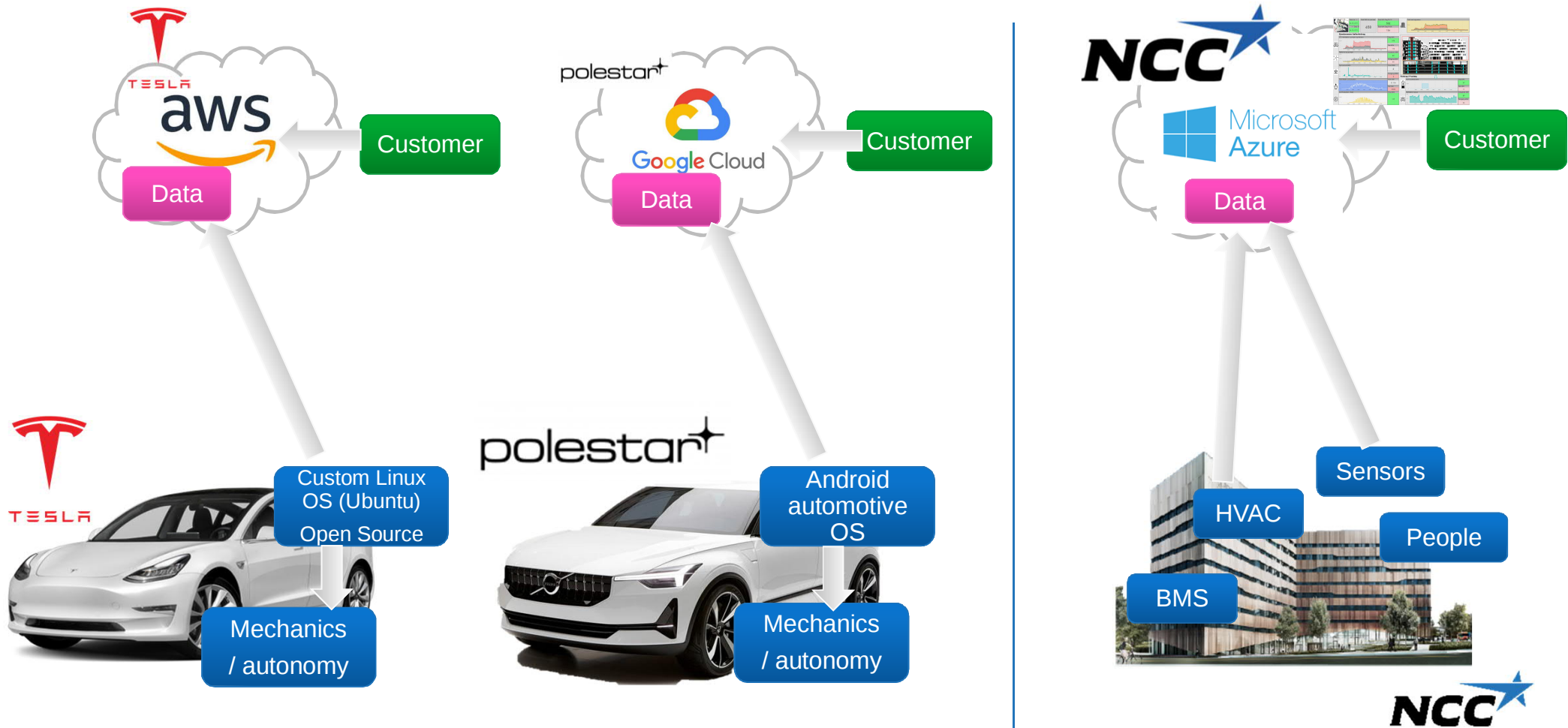


**Vi skal gøre os fortjent
til kundens data**

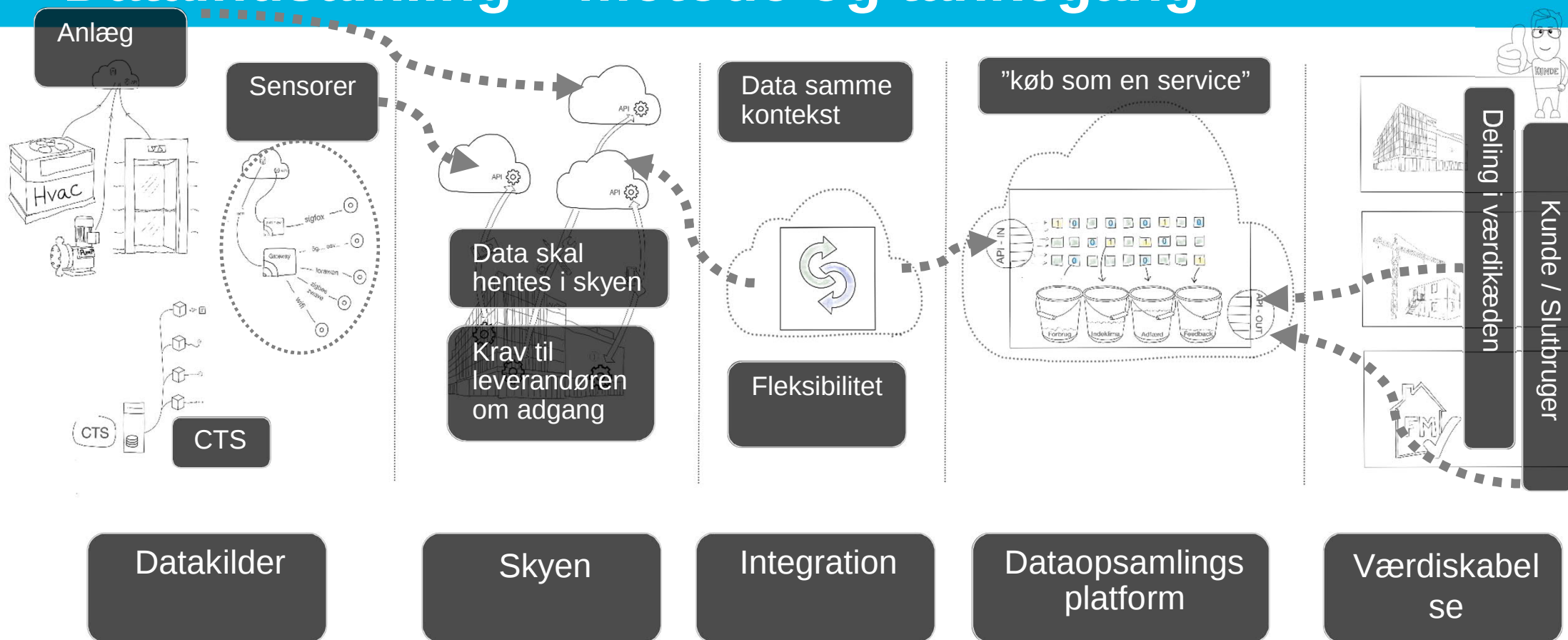


**data skal være
i kontekst....**

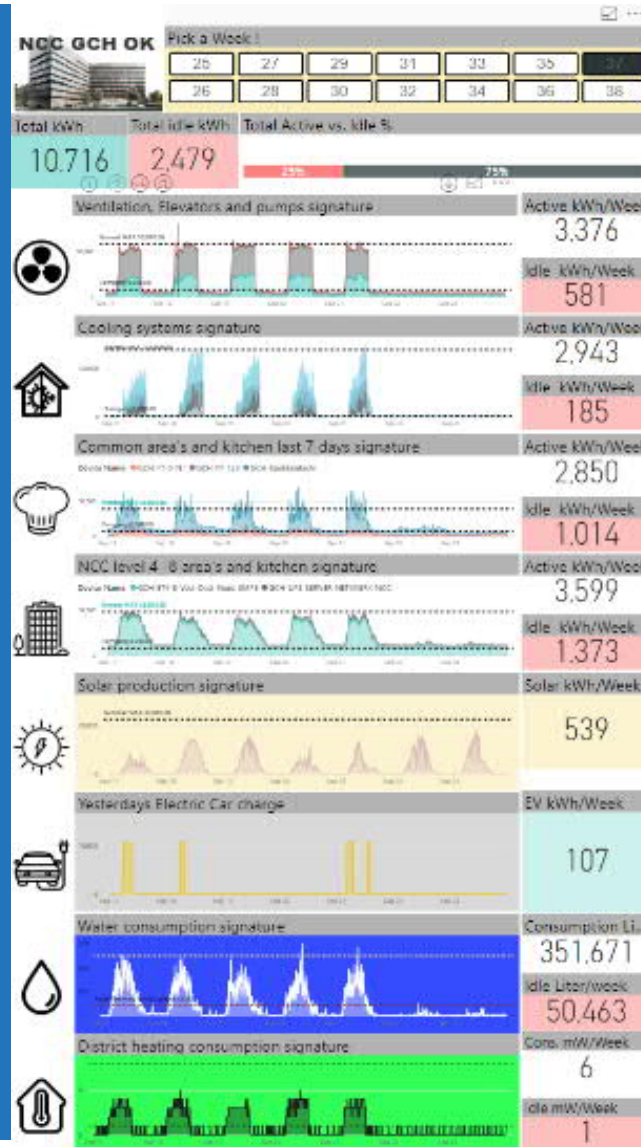
Trend: Løsninger bygges på eksisterende platforme



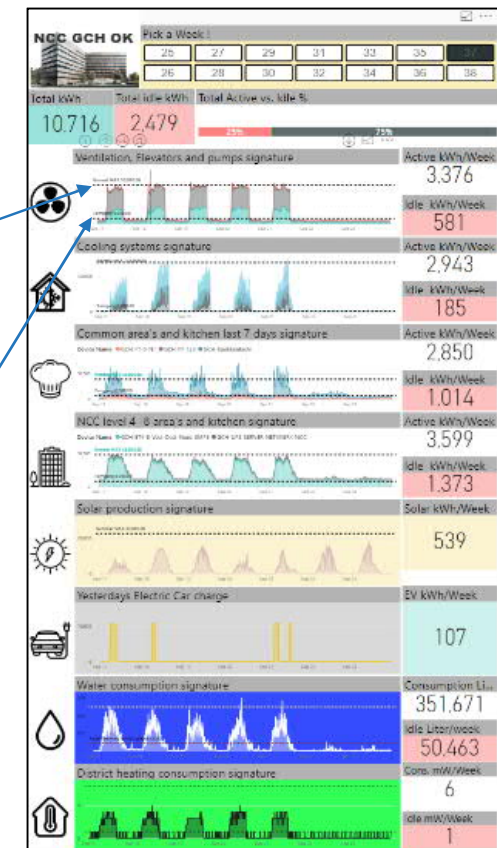
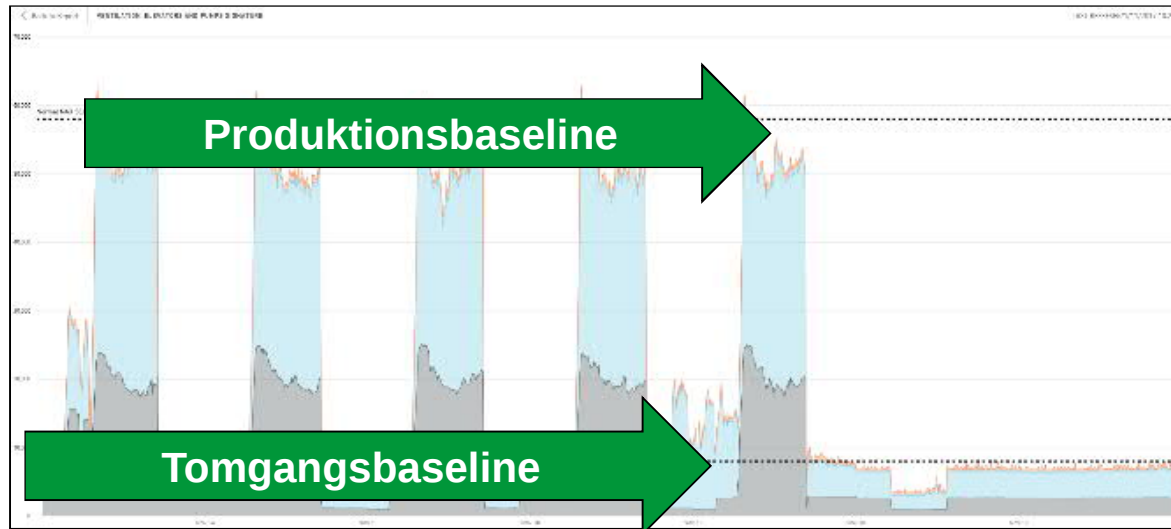
Dataindsamling – metode og tankegang



Driftsoverblik



Grundlag for handling



ELFORSK projekt (færdig om 2 måneder)



PensionDanmark



IT-UNIVERSITETET I KBH



56 stk. IoT sensorer med 232 målepunkter



122 stk. IoT sensorer med 504 målepunkter



Sensorer og platforme



Sensorer

Gladsaxe Company House

- 122 stk. IoT sensorer med i alt 504 målepunkter

Flintholm Company House

- 56 stk. IoT sensorer med i alt 232 målepunkter

Sensor platforme

Smartthings

- tilstedeværelse
- Feedback knapper

Smappee

- Elforbrug
- Vandforbrug

Netatmo

- Indeklima type 1

Foobot

- Indeklima type 2

NorthQ

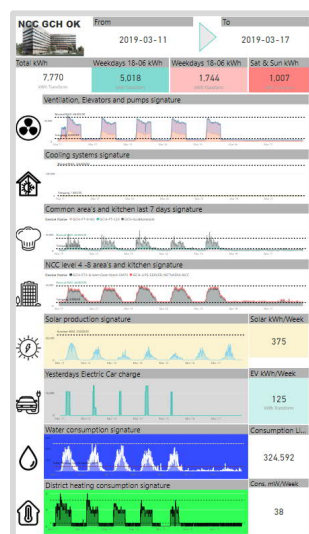
- Fjernvarme
- Vandforbrug
- Luftmængder

FLIR

- Trafik / personer

Indhold i projektet

Forbrugsovervågning



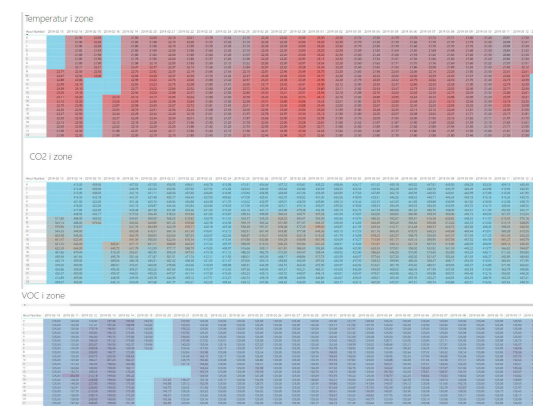
- Hovedforbrug
- Driftsovervågning
- Dimensionering af eltavler, ventilation, kølemaskiner m.m

Mødecenter



- Tilstedeværelse, indeklima og feedback
- Bruges lokaler optimalt?
- Dimensionering af næste mødecenter

Kontorarealer

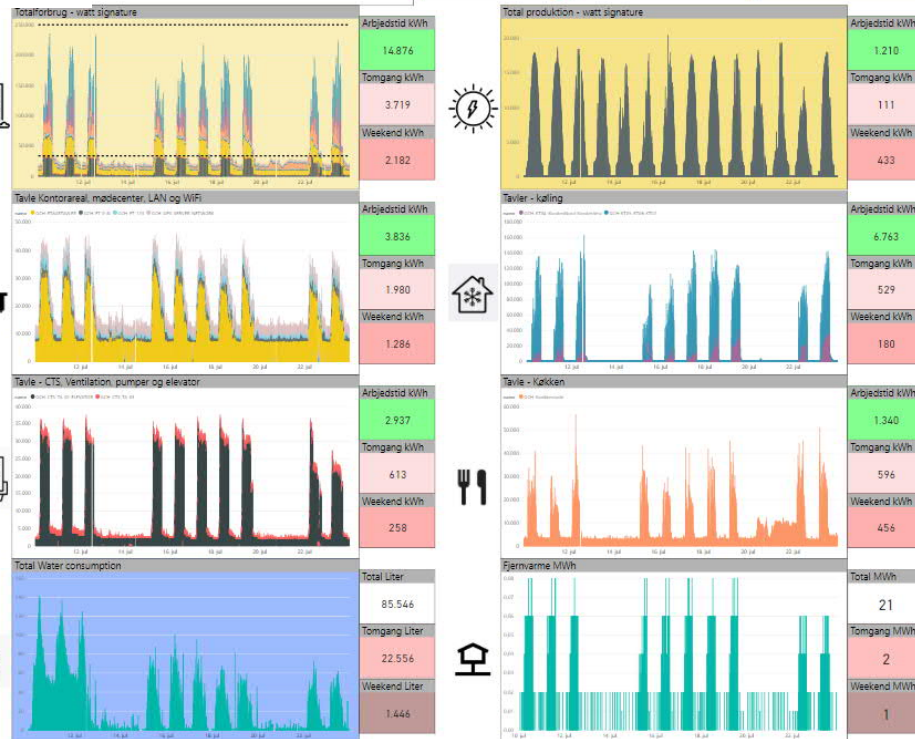


- Tilstedeværelse og indeklima
- Er forholdene som ønsket?
- Design af næste kontorhus

Transparens til den blå mand og ingeniøren ?

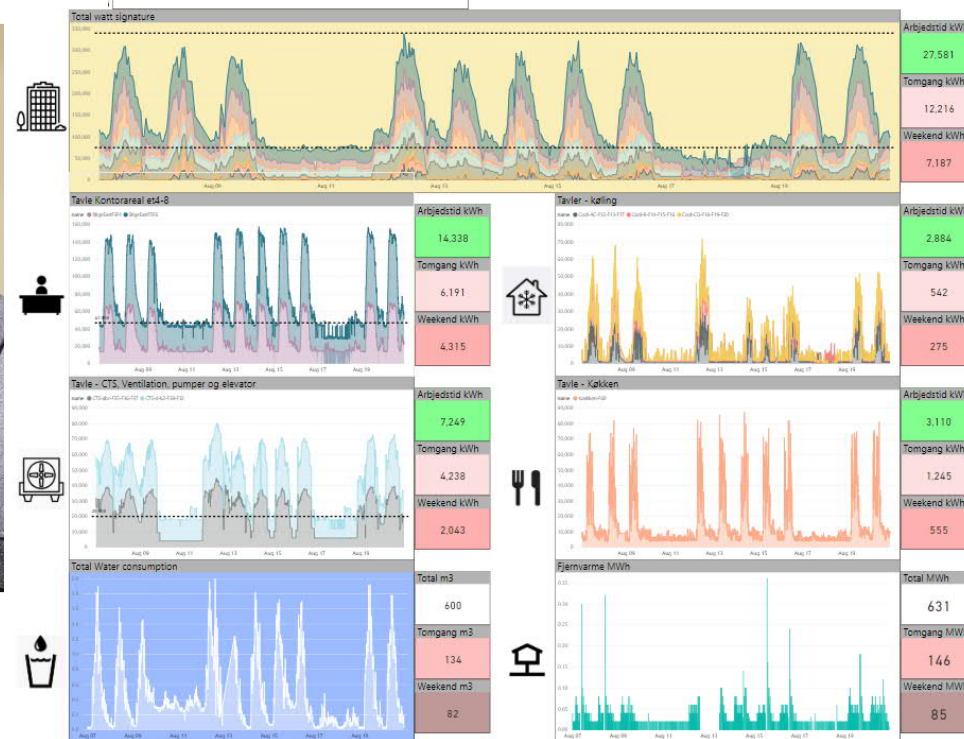
Dashboard til datadrevet energiledelse
v0.1
(Detaljeret forbrugsdata for EL, VAND og VARME)

Dato fra -->	10-07-2019	Total kWh for periode	20.775	Tomgang kWh Man-Fre 18-06	3.719
<-- Dato til	23-07-2019	Arbejdstid kWh M-F 06-18	14.876	Tomgang kWh Lør & Søn	2.180



Dashboard til datadrevet energiledelse v0.1
(Detaljeret forbrugsdata for EL, VAND og VARME)

Dato fra -->	8/7/2019	Total kWh for periode	46.985	Tomgang kWh Man-Fre 18-06	12.216
<-- Dato til	8/20/2019	Arbejdstid kWh M-F 06-18	27.581	Tomgang kWh Lør & Søn	7.187



Hvad kan vi se?

Bygningens forbrug aldrig under 75 kW

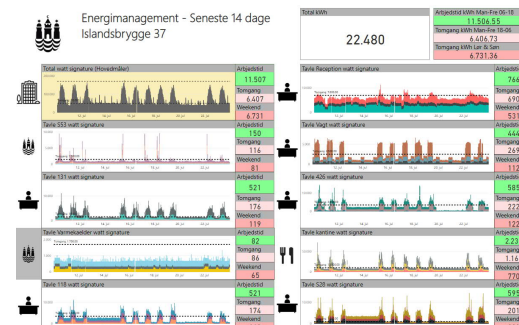
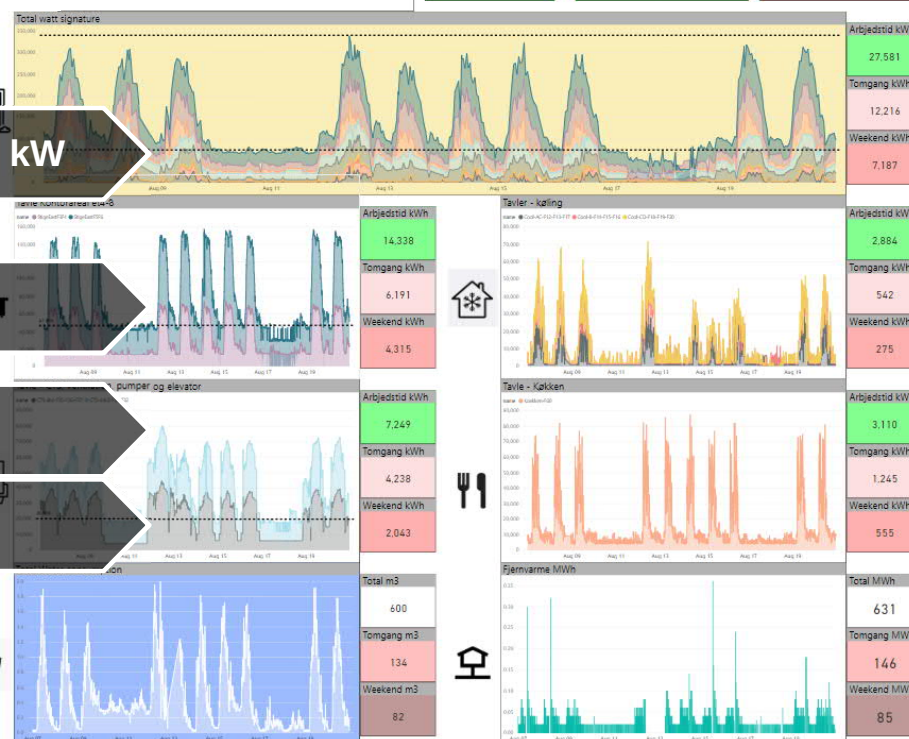
Etagetavler

Ventilation

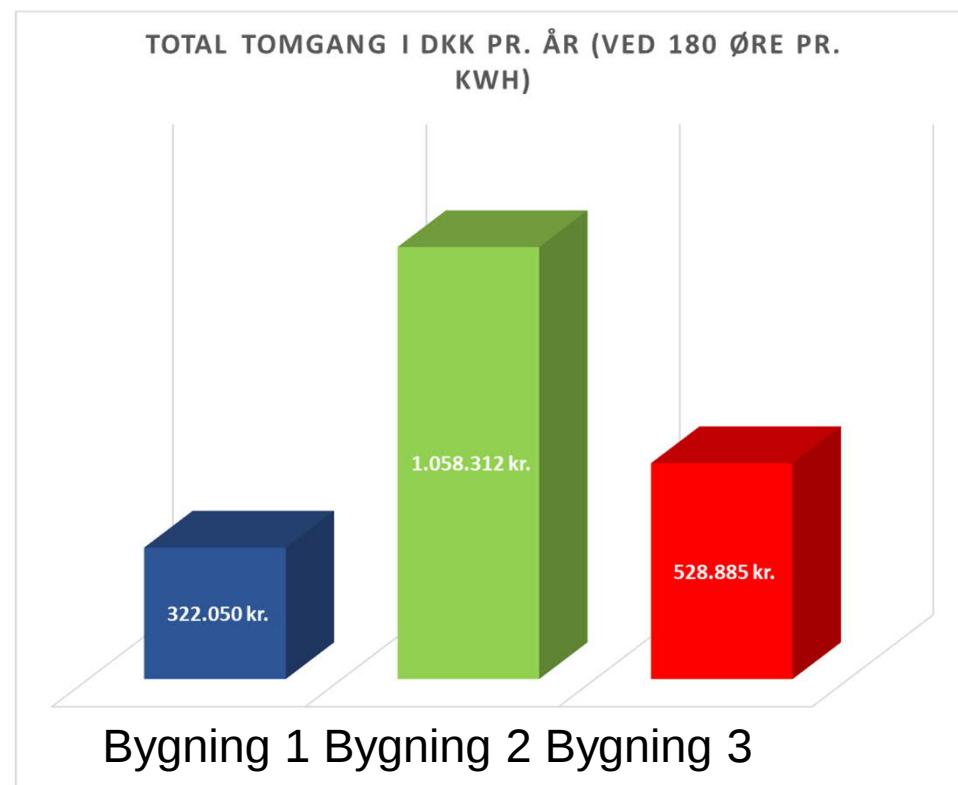
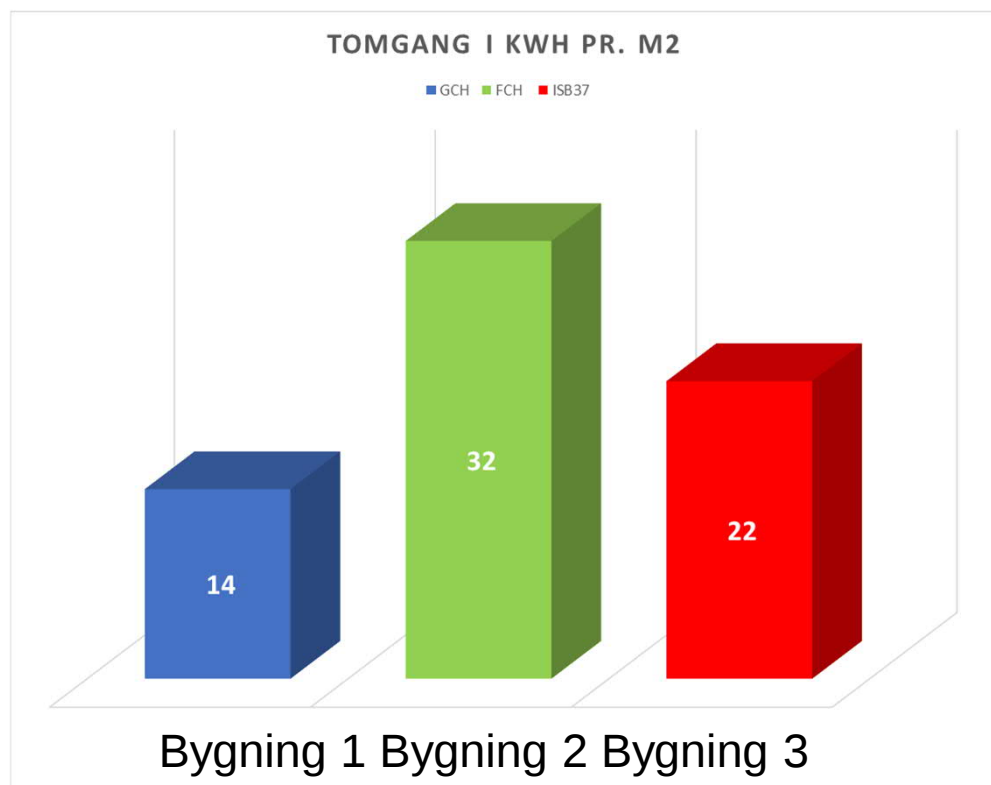
Meget lang driftstid

Dashboard til datadrevet energiledelse v0.1
(Detaljeret forbrugsdata for EL, VAND og VARME)

Dato fra -->	8/7/2019	Total kWh for periode	46.985	Tomgang kWh Man-Fre 18-06	12.216
<-- Dato til	8/20/2019	Arbejdstid kWh M-F 06-18	27.581	Tomgang kWh Lørd-Søn	7.187



Tomgang pr. m² og sammenligning



Dashboard til sammenligning af målt forbrug & udledt CO2

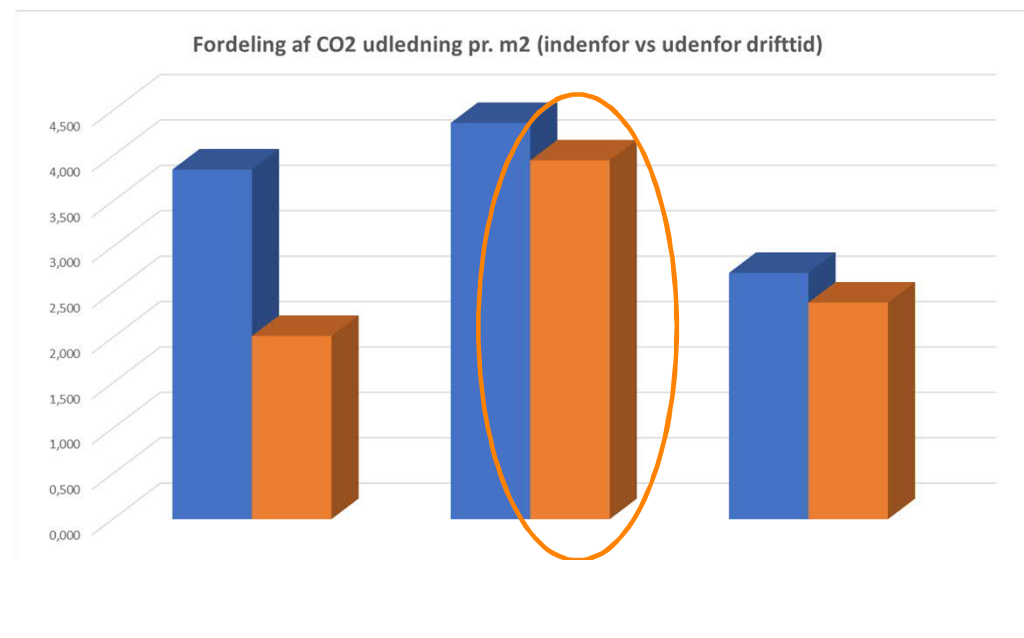
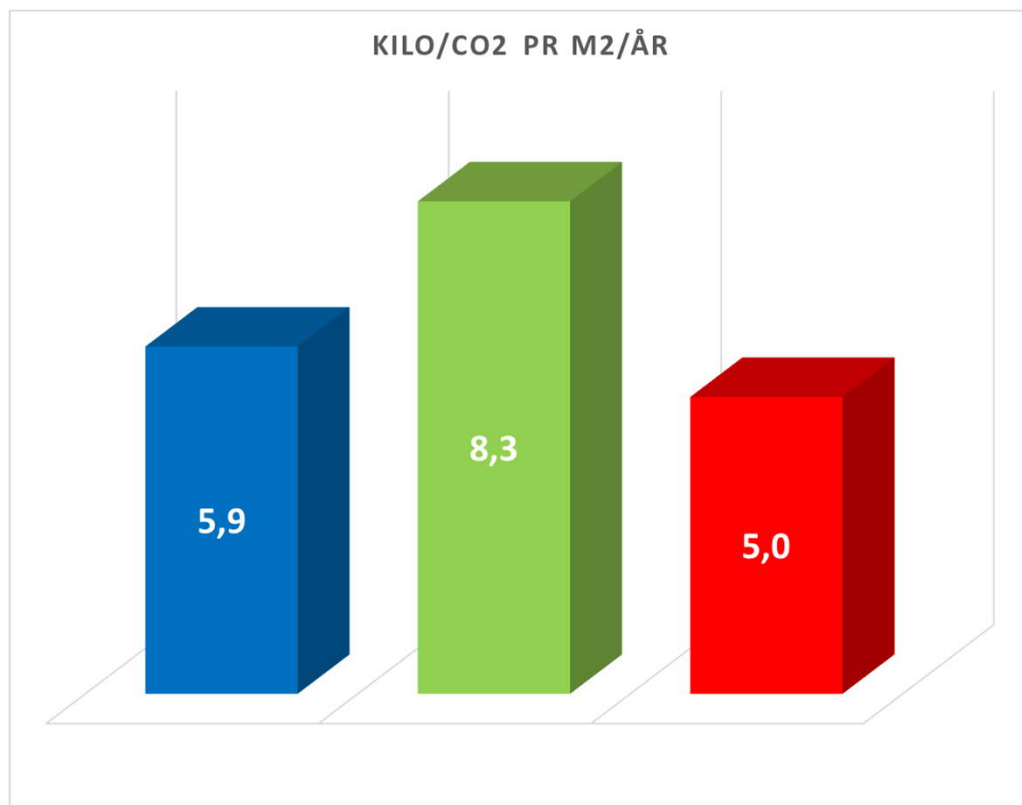
Bygningens totale realiserede CO2 udledning hvert 5 min.

Bygningens totale EL forbrug i kWh hvert 5 min.

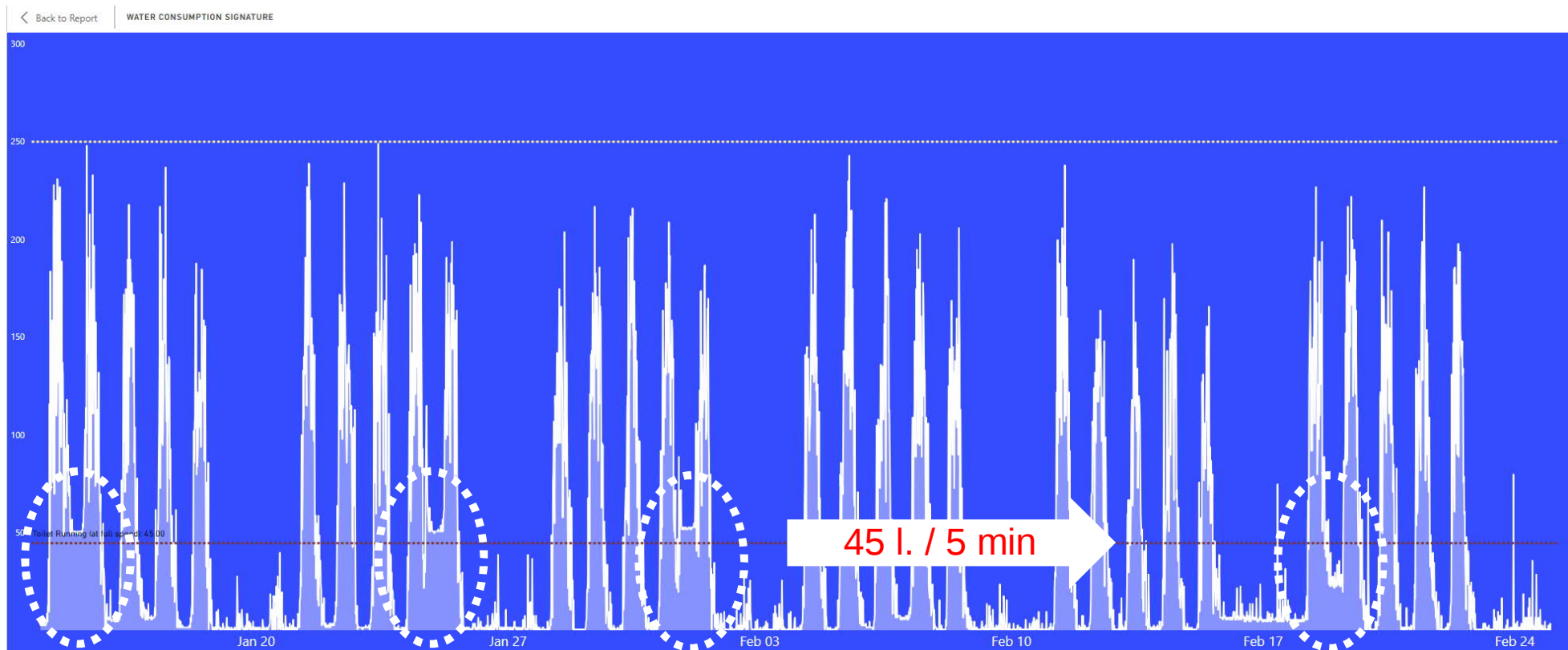
CO2 pr. kWh hvert 5 min.



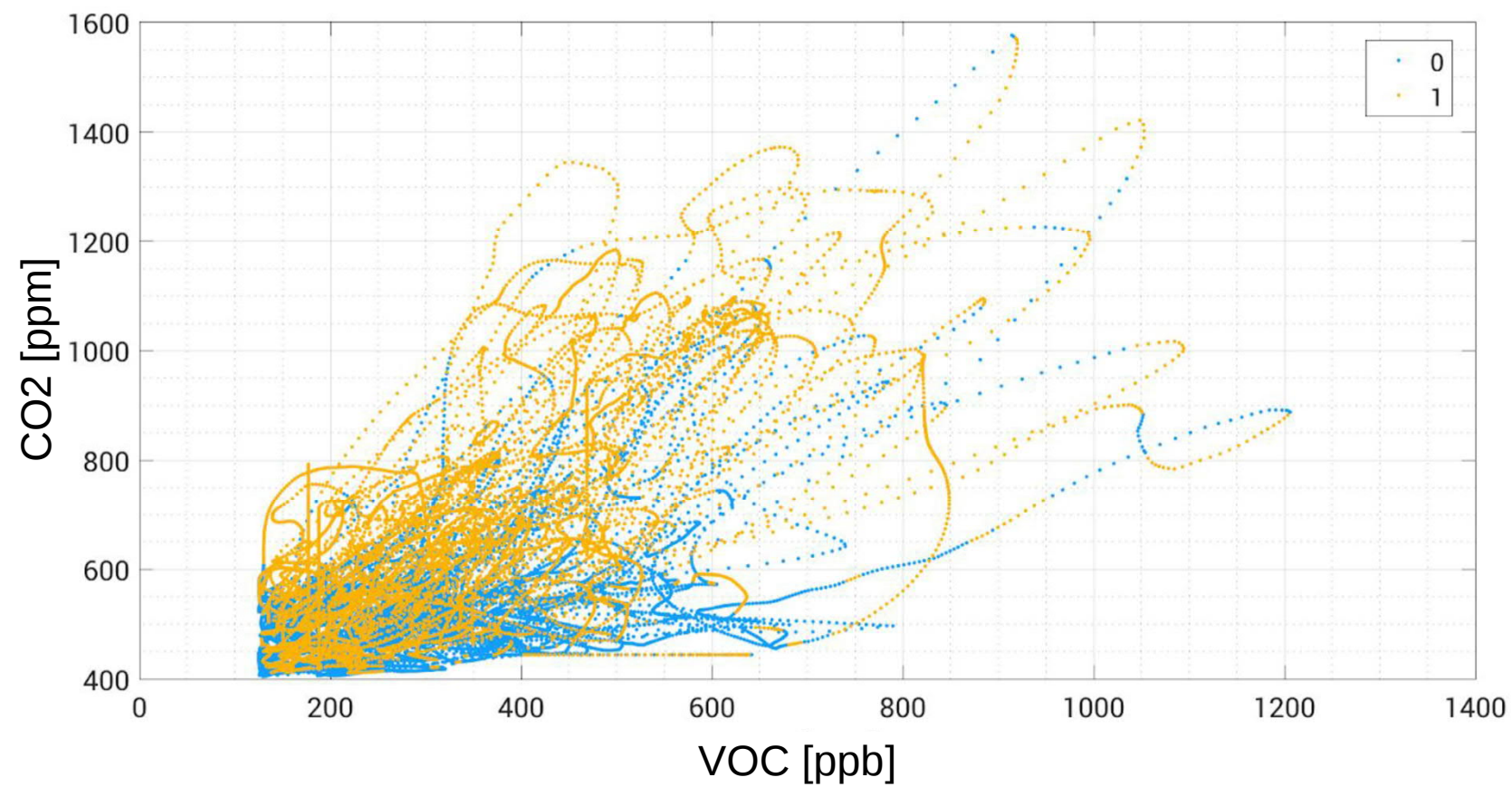
CO2-udledning pr. m² og sammenligning



... og løbende toiletter



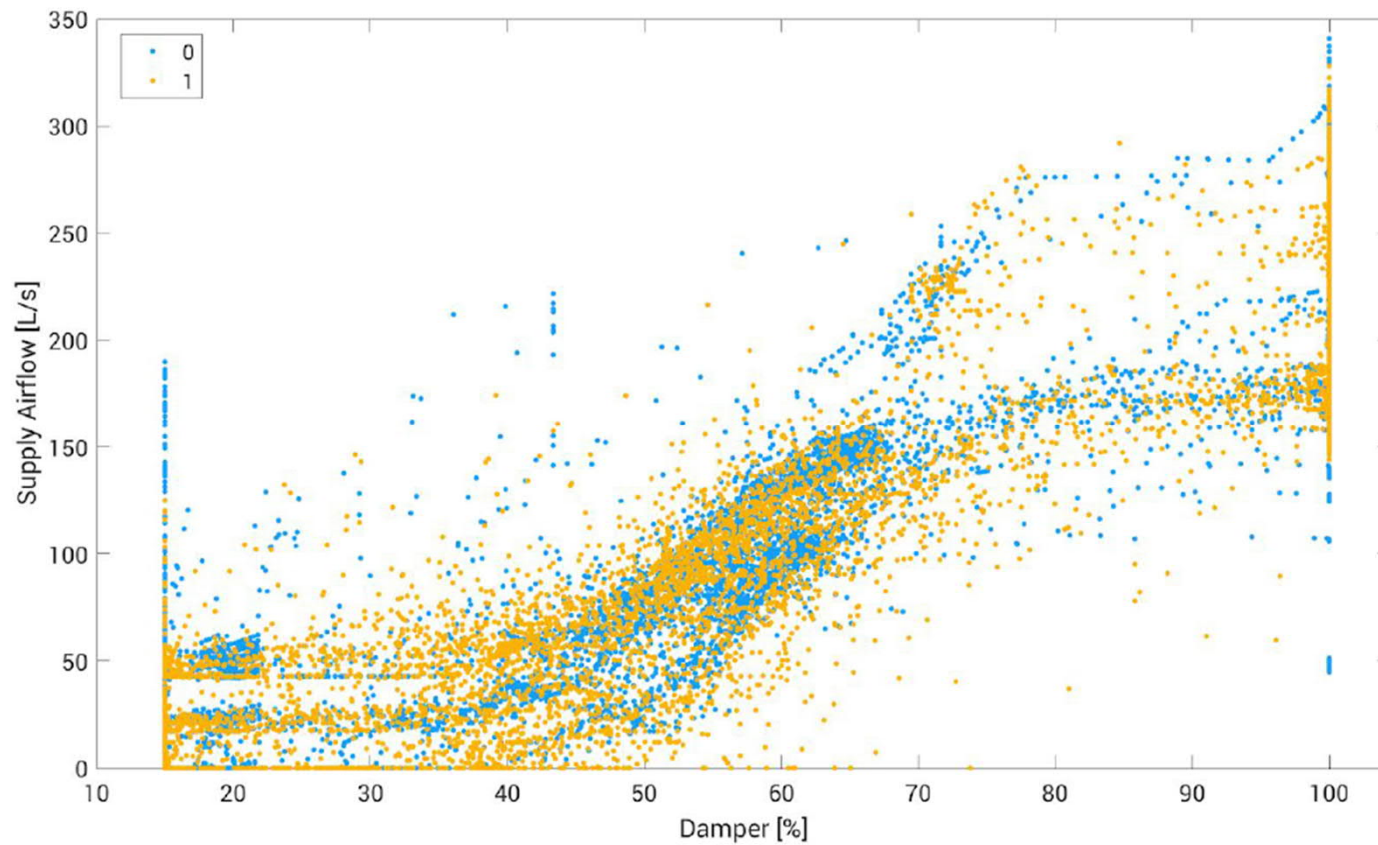
Og nu til nørderne



Luftmængde

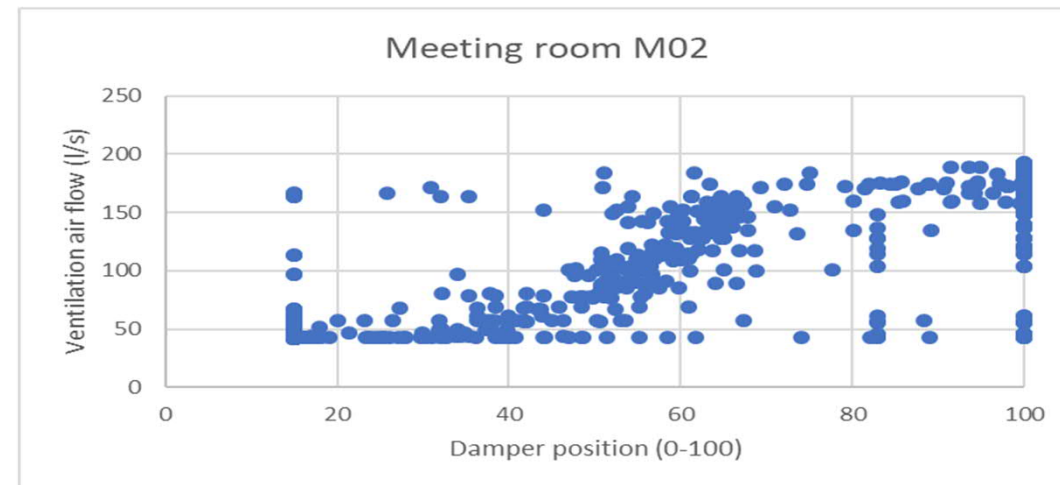
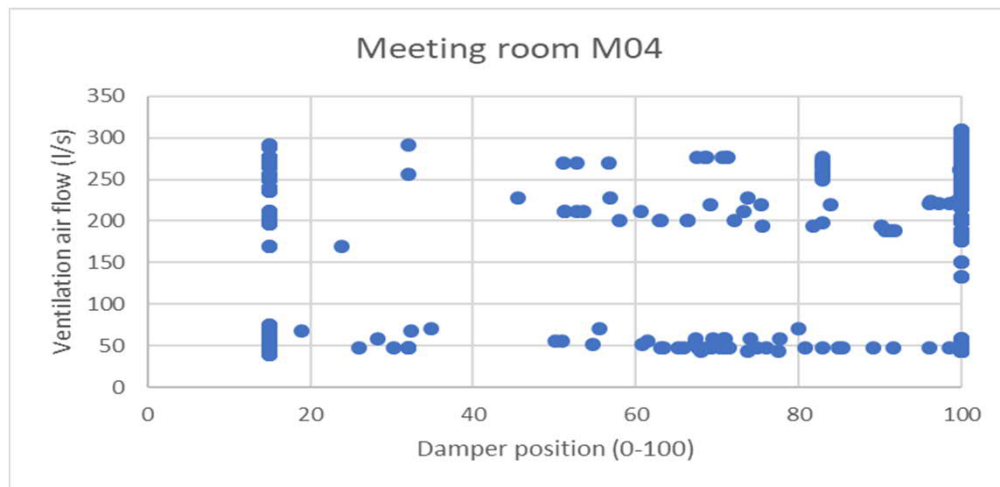
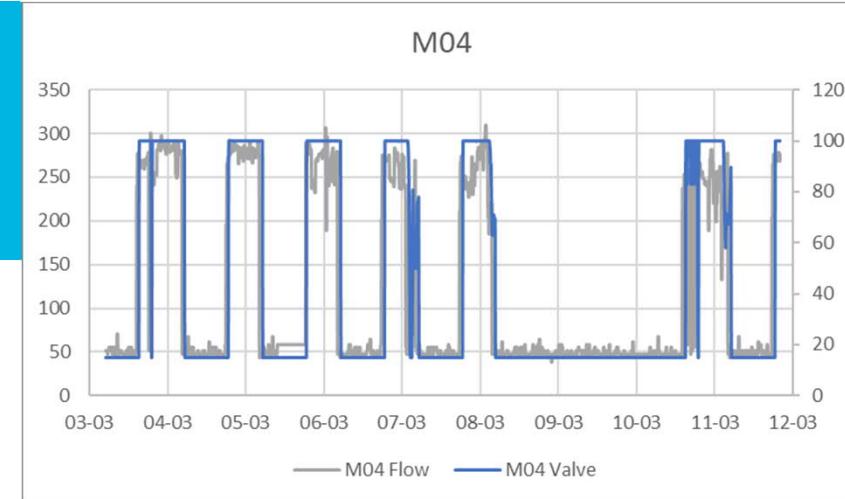


Sammenhæng mellem spjældåbning og luftmængde



Luftmængde vs. spjældåbning

- Der er sammenhæng mellem spjældåbning og luftmængde
- I M02 ses en s-kurve for styringen, mens den er lidt "sjov" for M04.

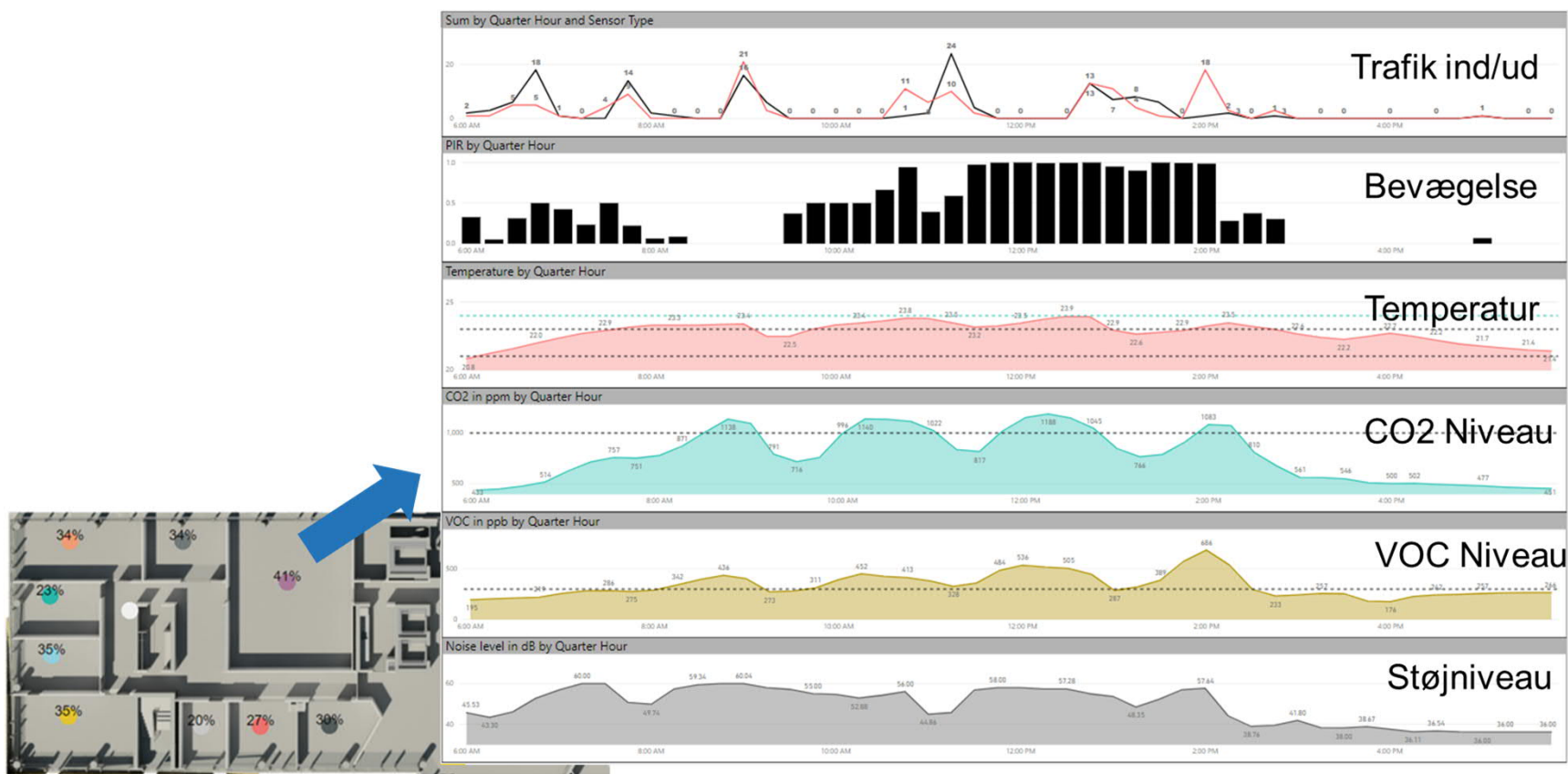


Hvornår er et mødecenter optaget?

- Forskel i brug i de to bygninger
- Størst brug midt på ugen og formiddag

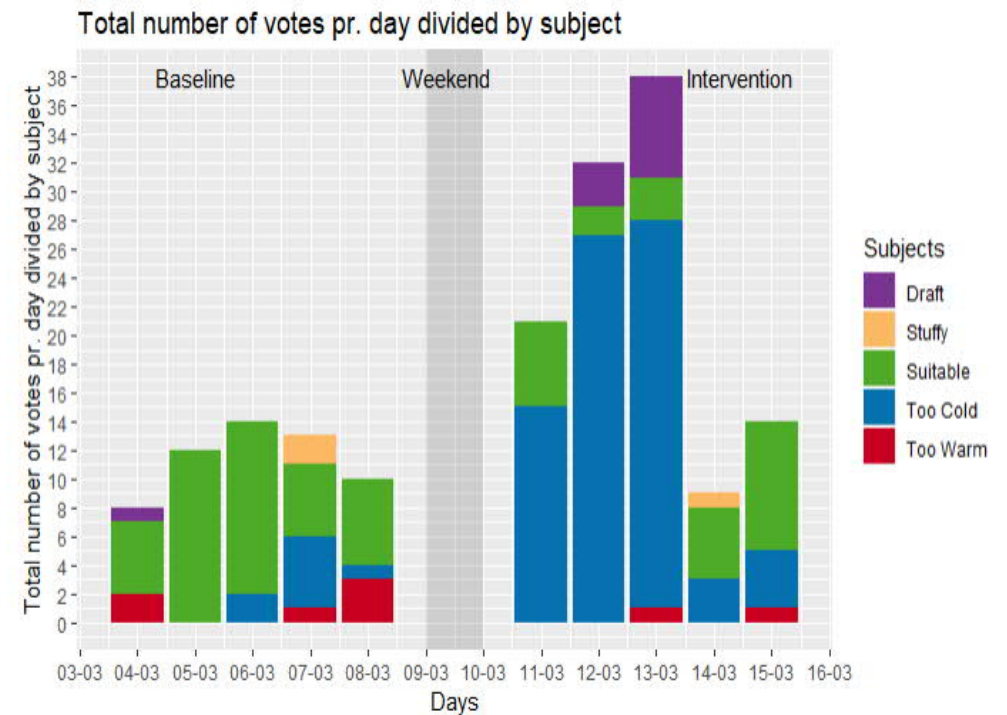


Indeklima og adfærd

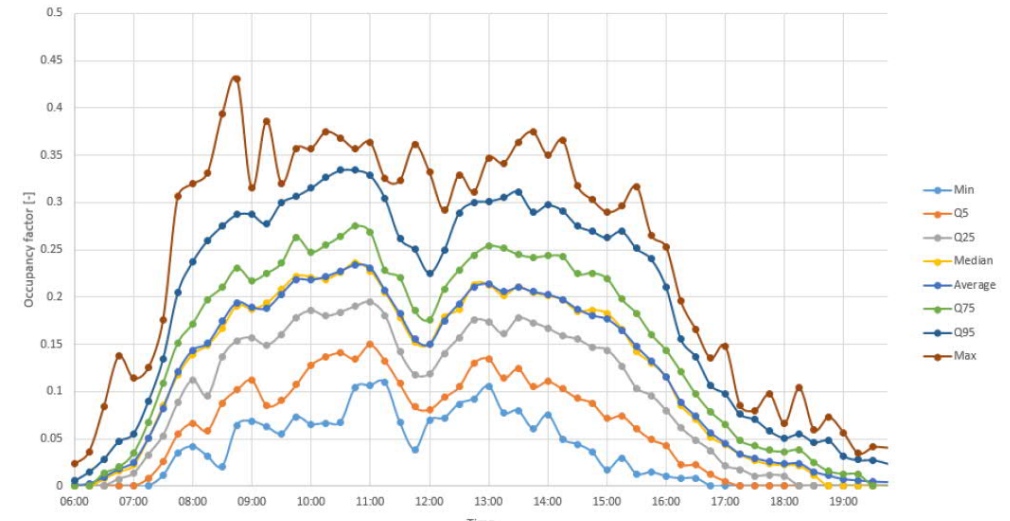
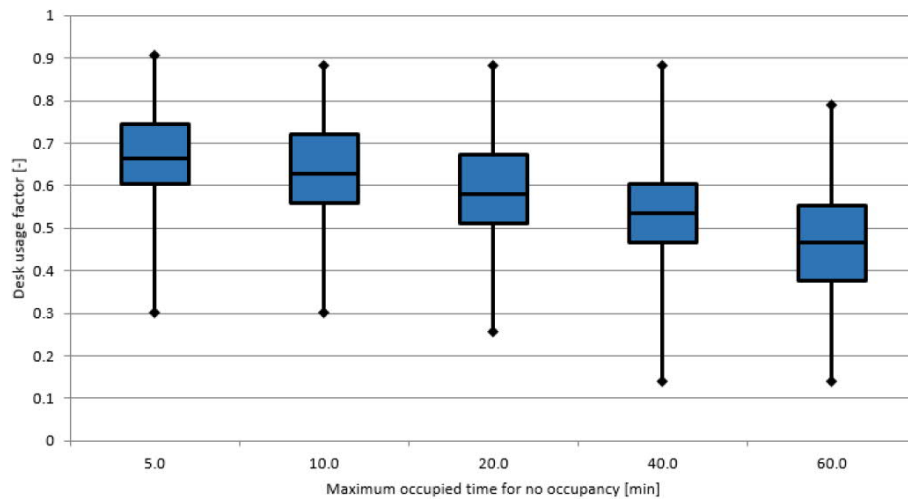


Feedback

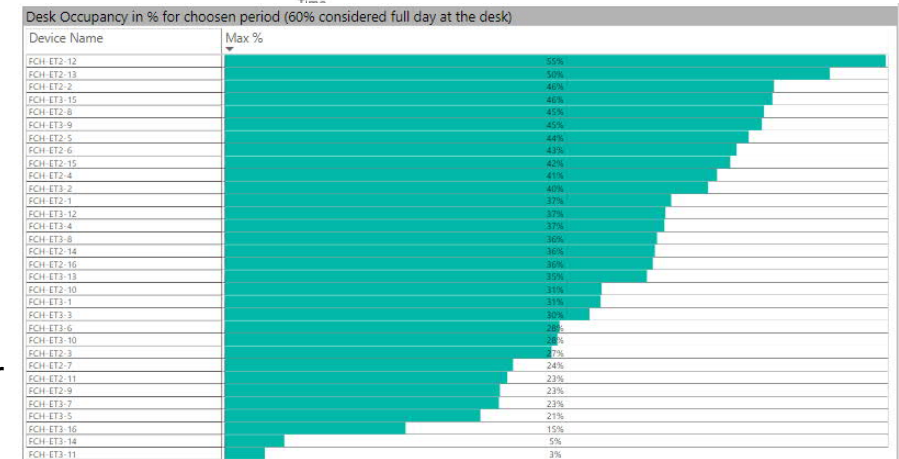
- Måling af tilfredshed med indeklima i kontorareal
- To uger – én med normal drift og én med nedsat temperatur
- Tydeligt at der sker "noget"



Space management i kontorarealer



- Hvis vi bruger data proaktivt, kan vi
 - udnytte pladsen bedre, og/eller
 - gøre installationerne mindre, og/eller
 - gøre bygningen mindre, og/eller
 - forbedre arbejdsmiljøet...
 - ...men huske der er forskel på arbejdsopgaver



Indeklima

- Carpet plot på tre uger i mødecenter
- Temperatur
- CO2/VOC

Temperatur i zone

Hour Number	2019 01 10	2019 01 11	2019 01 12	2019 01 13	2019 01 14	2019 01 15	2019 01 16	2019 01 17	2019 01 18	2019 01 19	2019 01 20	2019 01 21	2019 01 22	2019 01 23	2019 01 24	2019 01 25	2019 01 26	2019 01 27	2019 01 28	2019 01 29	2019 01 30	2019 01 31	2019 02 01	2019 02 02	2019 02 03	2019 02 04	2019 02 05	2019 02 06
0	18,71	18,90	17,90	17,24	18,06	18,62	19,04	18,70	18,95	17,40	15,91	16,04	16,36	16,58	18,64	18,43	17,46	17,10	18,08	18,62	18,81	18,85	17,46	17,50	16,70	16,00	16,54	17,91
1	18,64	18,79	17,86	17,34	17,95	18,60	18,97	18,70	18,45	17,51	17,91	17,99	18,28	18,30	18,53	18,34	17,40	17,09	18,00	18,49	18,71	18,78	17,40	17,50	16,70	16,00	16,54	17,91
2	18,60	18,69	17,80	17,68	17,85	18,50	18,90	18,70	18,33	17,30	16,18	17,90	18,16	18,22	18,43	18,27	17,40	18,75	17,92	18,39	18,61	18,66	17,30	17,40	17,69	17,89		
3	18,54	18,60	17,80	19,41	17,80	18,46	18,81	18,70	18,23	17,20	17,82	17,81	18,08	18,13	18,52	18,19	17,39	20,98	17,82	18,30	18,52	18,60	17,29	17,40	17,69	17,89		
4	18,50	18,51	17,71	20,09	17,70	18,40	18,73	18,70	18,15	17,10	18,58	17,74	18,00	18,07	18,22	18,10	17,30	21,74	17,77	18,22	18,48	18,51	17,10	17,40	20,24	17,80		
5	18,63	18,44	17,70	20,46	17,81	18,44	18,80	18,70	18,08	17,10	18,88	17,62	18,05	18,13	18,24	18,04	17,30	22,04	17,82	18,51	18,51	18,58	17,03	17,40	20,55	17,80		
6	21,22	18,54	17,66	20,44	20,72	21,02	21,52	18,70	18,00	17,01	19,53	20,51	21,08	21,30	21,26	18,00	17,30	21,59	20,98	21,40	21,55	21,58	16,97	17,40	20,59			
7	20,58	18,90	17,60	22,25	22,49	22,27	22,62	18,70	17,94	16,96	21,94	22,41	22,61	22,69	22,78	17,50	17,30	20,45	22,32	22,45	22,84	23,06	18,89	17,40	22,90			
8	23,26	18,29	17,60	22,80	23,04	22,76	23,14	18,70	17,90	16,90	22,67	23,20	23,23	23,40	23,23	17,90	17,23	22,85	22,60	23,45	23,31	23,49	16,80	17,26	23,18			
9	23,70	18,20	17,60	23,31	23,19	23,17	23,41	18,70	17,99	17,02	23,09	23,74	23,43	23,99	23,61	17,81	17,20	22,92	23,09	23,78	23,49	23,75	16,80	17,20	23,46			
10	23,65	18,20	17,60	23,56	23,50	23,30	23,80	23,55	20,38	16,23	17,07	23,49	23,98	23,72	23,66	23,78	17,80	22,64	23,79	24,09	23,62	23,70	16,70	17,20	23,80			
11	23,49	18,20	17,57	23,74	23,59	23,31	23,62	24,08	18,48	17,37	23,71	23,98	23,84	23,97	23,76	17,80	17,20	23,01	24,29	24,07	23,75	23,87	16,70	17,20	23,16			
12	23,60	18,20	17,60	23,87	23,62	23,67	23,70	24,12	18,50	17,60	23,97	24,00	23,92	24,00	24,10	17,80	17,20	23,02	24,16	24,04	23,80	23,40	16,64	17,20	23,00			
13	23,60	18,20	17,60	24,18	23,60	23,63	24,10	18,40	17,68	23,55	24,20	24,18	23,99	24,37	17,80	17,20	22,85	24,06	23,90	23,80	23,84	16,60	17,19	22,98				
14	23,92	23,69	18,20	17,60	24,06	23,60	23,63	23,95	24,09	18,26	17,60	23,48	24,12	24,19	23,77	24,39	17,78	22,74	24,13	22,80	23,87	23,30	16,64	17,10	23,42			
15	24,00	23,48	18,20	17,60	23,86	23,60	23,60	24,10	23,96	18,18	17,45	23,48	24,00	24,19	24,08	23,90	17,70	22,73	24,27	23,80	23,87	23,02	17,26	17,10	23,37			
16	22,60	21,69	18,17	17,59	22,53	23,60	23,26	22,84	21,73	16,01	17,31	22,12	22,61	22,72	23,51	21,52	17,70	21,46	22,79	23,80	22,60	20,73	17,56	17,10	22,14			
17	20,57	20,73	18,10	17,50	20,70	23,48	21,02	21,13	20,48	17,91	17,16	20,24	20,77	20,74	22,04	20,35	17,62	17,17	19,58	20,97	23,80	22,78	19,56	17,60	17,10	20,25		
18	19,88	20,17	18,10	17,50	19,96	19,94	20,37	21,00	19,88	17,81	17,07	19,46	19,94	19,91	20,73	19,75	17,70	18,97	20,13	23,98	23,07	18,82	17,69	17,60	19,46			
19	19,60	19,81	18,09	17,49	19,90	19,51	19,94	21,00	19,40	17,75	16,97	18,46	19,43	19,41	19,89	17,74	17,10	18,86	19,67	22,80	19,64	18,40	17,66	17,60	19,86			
20	19,31	19,58	18,02	17,40	19,64	19,20	19,67	21,00	19,12	17,70	16,90	18,67	19,07	19,09	19,55	19,10	17,60	17,10	18,64	19,33	22,80	19,38	16,10	17,60	16,93	18,61		
21	19,10	19,37	18,00	17,40	18,99	18,97	19,48	21,00	18,94	17,68	16,80	18,48	18,83	18,85	19,18	18,68	17,60	17,10	18,47	19,08	19,34	19,16	17,87	17,60	16,90	18,86		
22	18,94	19,18	18,00	17,39	18,34	18,63	19,25	19,06	18,79	17,57	16,75	18,26	18,64	18,65	18,94	18,68	17,54	17,10	18,33	18,90	19,04	19,02	17,69	17,60	16,80	18,18		
23	18,84	19,03	17,90	17,50	18,16	18,70	19,12	18,74	18,66	17,50	16,44	18,14	18,52	18,53	18,76	18,53	17,50	17,10	18,18	18,73	18,90	18,91	17,55	17,53	16,77	18,07		

CO2 i zone

Hour Number	2019 01 10	2019 01 11	2019 01 12	2019 01 13	2019 01 14	2019 01 15	2019 01 16	2019 01 17	2019 01 18	2019 01 19	2019 01 20	2019 01 21	2019 01 22	2019 01 23	2019 01 24	2019 01 25	2019 01 26	2019 01 27	2019 01 28	2019 01 29	2019 01 30	2019 01 31	2019 02 01	2019 02 02	2019 02 03	2019 02 04	2019 02 05	2019 02 06	
0	425.26	434.28	399.00	385.15	401.34	405.95	421.60	409.00	413.52	403.85	390.06	426.03	437.00	411.80	410.64	414.51	429.83	411.10	433.68	441.55	437.61	432.97	415.72	418.31	410.42	429.94			
1	419.54	410.81	398.15	385.38	396.11	403.16	416.43	409.00	423.10	403.86	387.65	421.49	427.80	406.75	424.79	409.21	426.46	408.98	426.67	440.28	434.31	440.89	411.75	418.15	407.19	423.70			
2	415.95	422.89	391.41	391.91	389.97	402.76	409.59	409.00	420.99	409.59	388.56	415.82	423.59	409.82	421.38	406.67	430.56	430.39	425.24	437.10	428.61	448.61	414.61	418.86	417.83	423.50			
3	410.10	415.72	392.88	415.42	391.41	402.66	407.34	409.00	417.41	403.14	410.62	419.81	421.78	410.41	415.28	407.15	429.65	410.32	425.96	430.71	424.56	444.06	406.52	410.97	450.72	419.62			
4	407.77	410.36	391.50	429.53	409.59	409.59	407.34	409.00	415.54	401.97	425.43	417.76	413.46	402.01	411.51	402.78	426.69	438.85	424.01	427.85	440.65	440.22	405.65	411.38	439.27	419.42			
5	409.25	407.52	394.87	438.81	390.13	409.00	408.42	409.00	415.91	403.33	429.30	422.05	414.84	401.48	410.74	408.91	424.01	431.15	421.48	441.15	427.56	449.40	402.86	412.62	467.07	415.48			
6	415.58	407.19	390.55	442.90	439.63	431.94	452.89	409.00	419.84	402.56	445.52	473.43	471.72	457.62	402.18	421.38	459.57	420.70	467.54	462.10	469.11	493.46	407.64	407.36	485.43				
7	900.33	405.14	391.35	474.57	483.25	481.28	534.25	409.00	410.47	402.82	500.43	541.23	497.03	497.58	604.61	401.80	428.89	523.86	519.31	533.86	524.95	544.99	401.96	407.48	522.72				
8	652.92	404.02	387.39	515.67	539.11	534.17	676.47	409.00	410.56	403.84	538.84	655.82	526.75	731.50	655.03	400.26	426.34	538.78	547.75	698.70	605.06	587.31	401.41	410.25	556.59				
9	745.21	399.74	388.97	536.54	580.94	673.77	564.12	409.00	409.67	408.47	746.36	733.76	557.64	1035.38	657.46	402.80	419.83	551.76	566.85	664.89	636.83	602.74	401.44	410.25	579.65				
10	962.81	401.62	387.24	546.39	589.28	689.00	568.75	444.63	412.20	410.67	772.24	622.97	567.70	905.95	627.27	401.30	418.89	550.08	578.22	590.14	605.72	595.26	401.58	412.06	577.61				
11	727.72	398.52	387.79	615.36	578.64	684.58	554.22	423.49	417.95	412.09	721.54	623.46	569.27	577.00	570.06	408.57	420.70	567.54	562.10	569.10	588.48	556.72	410.67	562.16					
12	580.01	398.94	390.86	607.97	586.29	556.96	554.81	423.86	416.40	410.61	680.07	616.52	576.12	648.57	577.00	408.57	420.70	567.54	562.10	569.10	588.48	556.72	410.67	562.16					
13	556.60	401.33	386.82	698.68	599.00	652.96	552.64	527.17	421.20	410.08	590.86	705.46	656.14	800.04	624.95	424.78	416.13	664.69	596.30	587.00	562.13	571.06	399.53	412.21	628.59				
14	573.66	549.94	400.02	387.78	587.37	599.00	689.00	519.78	523.40	415.95	656.09	659.91	581.24	414.24	571.54	426.91	414.24	571.54	426.91	581.24	587.00	596.67	561.79	401.20	410.24	694.64			
15	586.01	527.45	396.84	388.85	542.09	599.00	689.00	529.23	511.45	414.67	415.24	548.13	533.88	561.35	681.62	533.55	428.94	490.51	548.40	572.13	587.00	586.10	541.79	422.17	413.14	615.98			
16	544.44	491.12	396.38	388.14	51.62	599.00	654.02	499.76	466.16	415.24	409.36	509.80	522.99	513.46	1364.19	485.29	483.46	466.66	514.97	473.92	547.00	541.13	488.01	438.62	409.91	512.75			
17	488.96	475.57	400.88	387.49	522.47	593.22	488.69	469.46	447.21	410.81	409.32	480.49	460.80	474.58	1099.95	405.89	405.89	412.42	472.22	545.56	587.00	520.07	461.91	406.92	415.70	501.83			
18	458.74	456.46	397.99	514.08	514.08	514.08	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05	463.05			
19	461.26	448.07	399.51	381.65	513.00	424.28	433.55	466.00	425.86	409.55	406.35	412.01	452.52	447.30	508.11	438.54	456.68	410.68	464.70	493.95	487.00	438.99	430.48	406.32	462.92				
20	454.33	438.99	377.91	396.01	508.68	421.57	435.78	465.00	417.08	406.04	406.17	448.01	450.26	438.34	508.98	428.74	453.74	411.23	427.27	440.02	587.00	474.34	427.67	428.72	414.17	447.65			
21	442.30	445.85	394.00	377.19	424.64	415.22	426.50	465.00	417.00	407.47	402.26	441.15	448.15	437.79	447.79	431.65	449.89	422.85	434.84	409.68	449.95	467.74	468.84	466.67	421.08	427.78	408.84	436.93	
22	432.73	430.51	392.59	384.66	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57	424.57			
23	428.52	427.46	392.49	384.66	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75	405.75			

Perspektivering

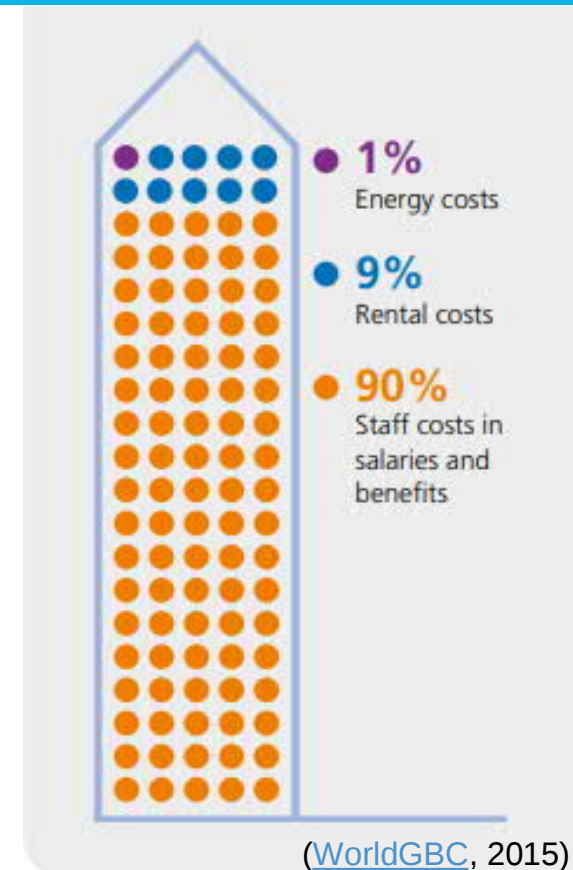
Hvad koster den datadrevne bygning?

Kontorhus på ca. 10.000 m²

- Pakke 1: Hovedforbrugsmåling
- Pakke 2: pakke 1 + indeklima på zoneniveau
- Pakke 3: pakke 2 + tilstedeværelse i møderum
- Pakke 4: pakke 3 + tilstedeværelse på skrivebordsniveau

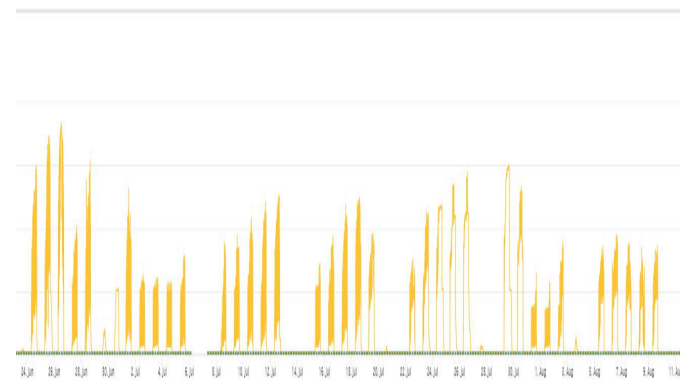
Pakke	Hardware+montering	Drift af platform pr. år
Pakke 1	70.000	20.000
Pakke 2	120.000	90.000
Pakke 3	160.000	120.000
Pakke 4	450.000	500.000

Anslåede priser



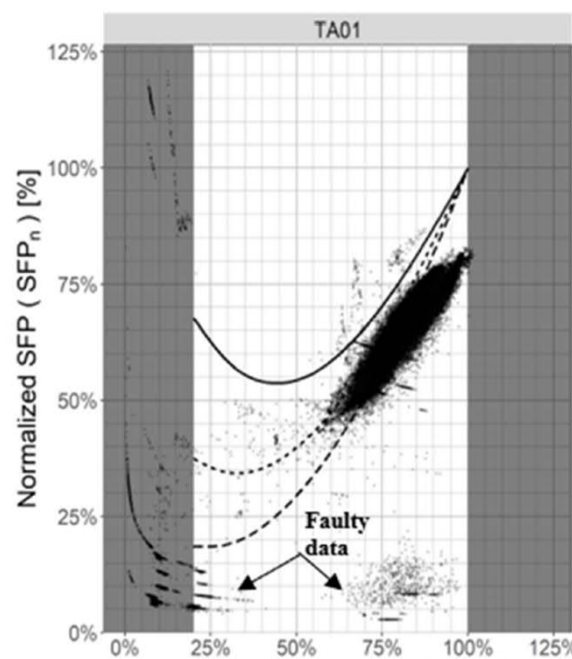
Rightsizing af teknisk udstyr (entreprenørens potentiale)

Kølemaskiner



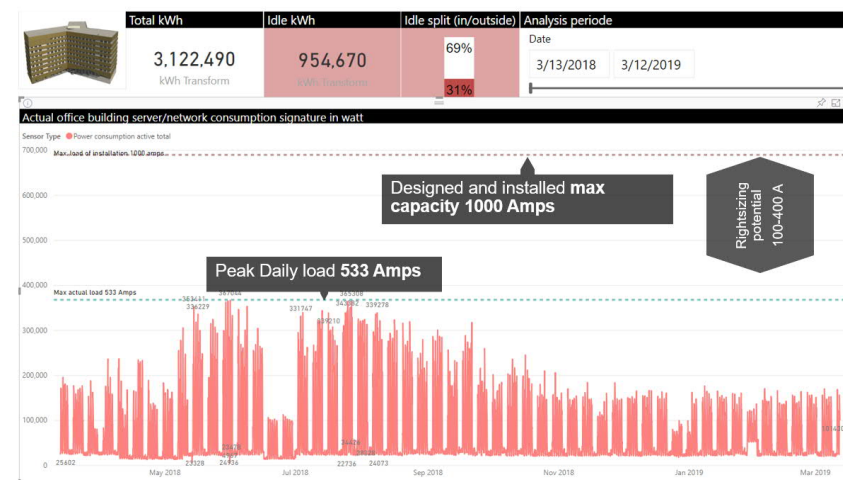
Optimering af drift ÷ 13% energi
Færre start/stop -> forøget levetid
Anlægsstørrelse kan optimeres

Ventilation



Potentiale for mindre luft ->
Mindre kanaler og aggregat
samt bedre styring

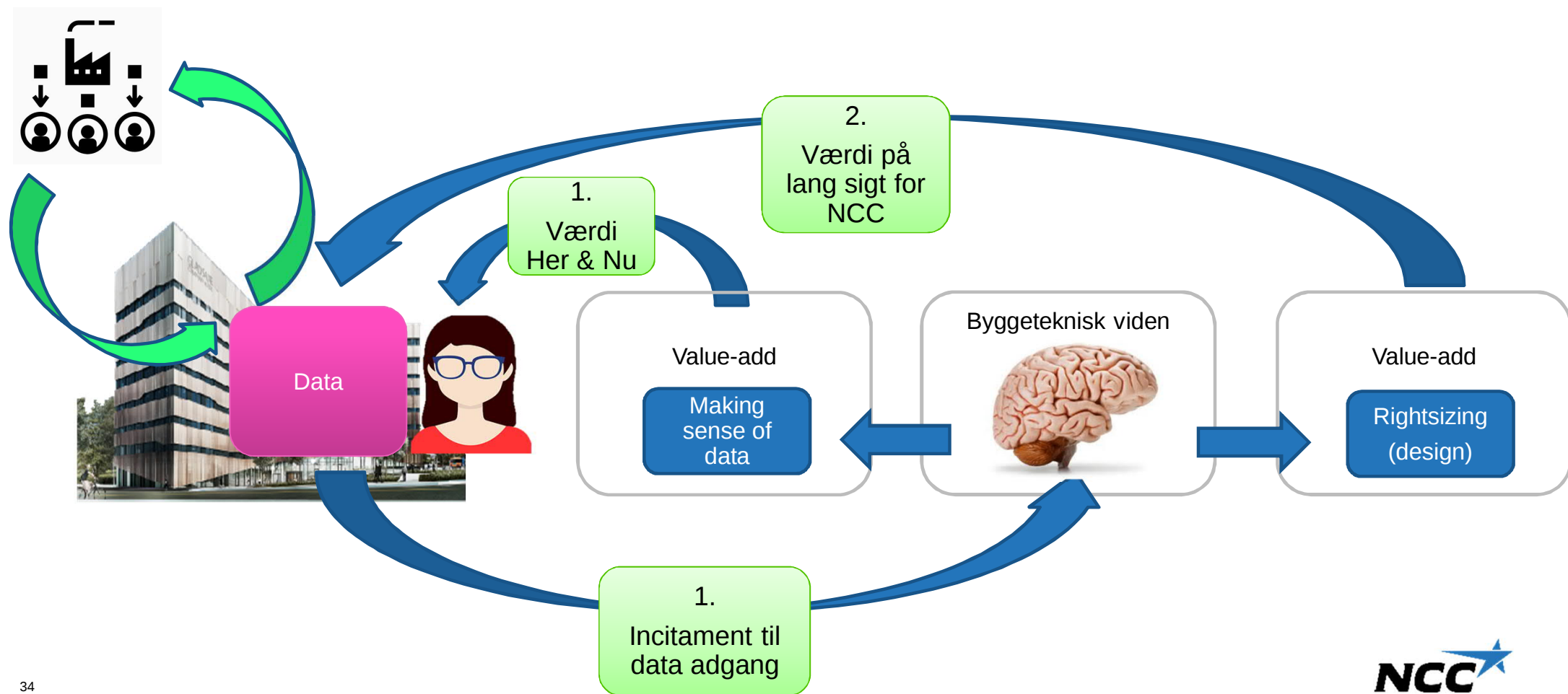
Eltavler



Mindre tavler og lavere
tilslutningsafgifter

Data fra tekniske installationer

"Værdikredsløb"



Data fra teknikkomponenter

- Producenten vil alligevel forbinde komponenten til skyen (forudsætter vi)
- Producenter tilføjer ekstra værdi via fx. predictive services eller apps
- Vi vil gerne samle data fra de tekniske installationer i en samlet åben kontekst for bygningen
- Vi mener ikke at data skal have i CTS'en men vil opfordre til åben adgang til (dele af jeres) data via et api



Eksempel - elevator

- Effekt og energiforbrug
- Antal ture og hvornår
- Antal personer (hvis den tæller)
- Ventetid
- Hvor langt kører folk i elevatoren? Altså er der flere ture til de øverste etager end til de nederste.
- Ideelt leveres information for hver tur med tidsstempel, startetage, slutetage, antal personer, ventetid og energiforbrug
- Men elevatorproducenten opsamler meget mere data, som bruges til predictive maintenance

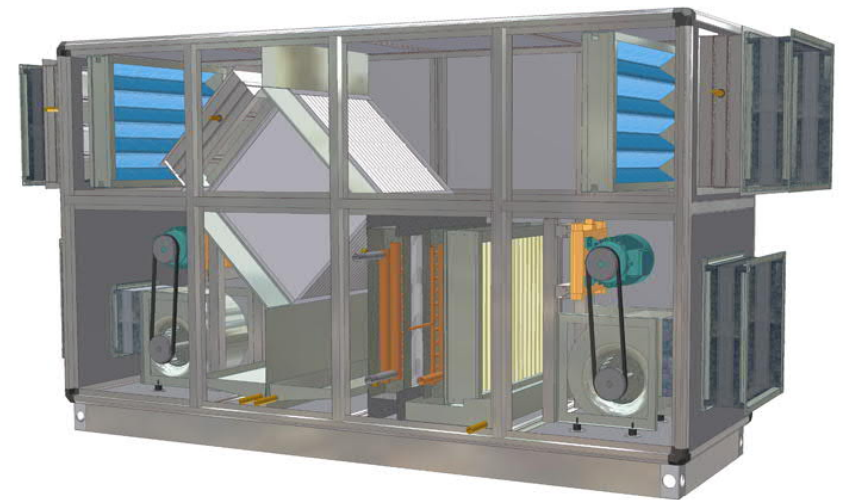


Eksempel - ventilationsaggregat

- Effekt og energiforbrug
- Indblæsningstemp
- Udsugningstemp
- Luftmængde
- Tryk?
- Alarm ved behov for filterskift
- VGV-virkningsgrad
- SEL
- Opløsning på ca. 5 min
- Vil I ikke alligevel samle dette sammen?

Vi har set følgende i GCH

- Tomgang på 1 AHU ca. 75 W
- Tomgang for tavle med 3 AHU og tilhørende styring ca. 300 W



Men hvad med?

- Pumper (vandmængde og energiforbrug)
- Energimålere/flowmålere/energiventiler (virker strengreguleringen)
- Indblæsningsarmaturer (luftmængde)

- Med meget mere...