

Optimeret bygningssanvendelse med AI

KL signaturprojekt 2021 – 2023

Jakob Hovgaard Kaiser
Sebastian Lamp
David Bové Villadsen
Henrik Bojsen
Pernille Thorsen

Optimeret bygningsanvendelse med AI

Indholdsfortegnelse

Indledning.....	2
Afgrænsning af projekt	2
Data	3
Open source.....	4
Sladrehanke	4
1. Energiudnyttelse.....	4
2. Ferielukning	5
3. Passivt elforbrug	6
4. Returtemperatur og afkøling	7
6. Anvendelsesgrad.....	8
Projekt og proces læring.....	9
Ejerskab	13
Workshops.....	13
Forskellige sprog på tværs af fagområder.....	14
Netværk for vidensdeling på tværs af kommuner	14
Produkt læring.....	9
Dataadgang og -rensning.....	9
Etik og jura	9
AI booking model.....	10
Driftsoptimeringsmodel.....	12
Energioptimeringsmuligheder	14
Ferielukning i Syddjurs.....	14
Anvendelsesgrad i Favrskov	15
Ledelsesbeslutninger	15
Implementeringsopgaven.....	15
Skalering	16
Potentialer på landsplan.....	16
Fremtidsperspektiver.....	18
Bilag	19

Indledning

I Optimeret bygningsanvendelse med AI har tre kommuner i Midtjylland samarbejdet om at idégenerere, vidensdeling og udvikle et system (Enformanten) som kan hjælpe kommunerne med at reducere kommunernes energiforbrug.

Vi ønskede også at kunne give et grundlag for beslutninger vedrørende brug af lokaler, for at kunne retfærdiggøre investeringer og beslutninger som kunne tages på baggrund af AI modellen.

I denne rapport får du en gennemgang af projektets omfang og resultater. Du får også indsigt i den læring vi har haft i projektet, som blandt andet vedrører de forskellige kulturer der er mellem digitalisering og bygningsdrift. Rapporten berører også vores forsøg på at skabe en smartere booking via AI og hvilken AI model vi endte med at implementere. Energioptimeringsmulighederne, som Enformanten har synliggjort, har vi yderligere afprøvet i praksis i alle kommunerne. Vi har yderligere undersøgt potentialet for udvidelse, drift og hvilken fremtid vi mener er mest optimal.

Afgrænsning af projekt

Signaturprojektet om optimeret bygningsanvendelse har bestået af følgende bygninger i medlemskommunerne.

Kommune	Skole	m ²	Elever
Aarhus Kommune	Strandskolen	10.244	688
Favrskov Kommune	Rønbækskolen	10.862	650
Syddjurs Kommune	Thorsager skole	4.591	145

Kommunerne har i 2022 og 2023 deltaget i projektmøder og udviklings samarbejdet. Formålet med projektet var oprindeligt, at

- Optimere anvendelsesgrad
- Reducere energiforbrug
- Reducere afledte omkostninger til f.eks. rengøring
- Øvrige positive effekter, f.eks.
 - o Bedre anvendelsesmuligheder for foreninger
 - o Værktøjer målrettet skoleledelse, lærer og elever

Vi har i projektet diskuteret, hvordan der kunne lave databaseret beslutninger. Vi har samlet data for at kunne arbejde på formålene, men måtte også halvvejs i projektet konstatere at datamangel gjorde det svært at agere på alle delelementer. Vi havde fx en idé til at kunne lave AI baseret bookinger som var energirigtige, men ved workshops med brugerne konstaterede vi, at det var noget andet der fyldte i driften og var vigtigere at få styr på først.

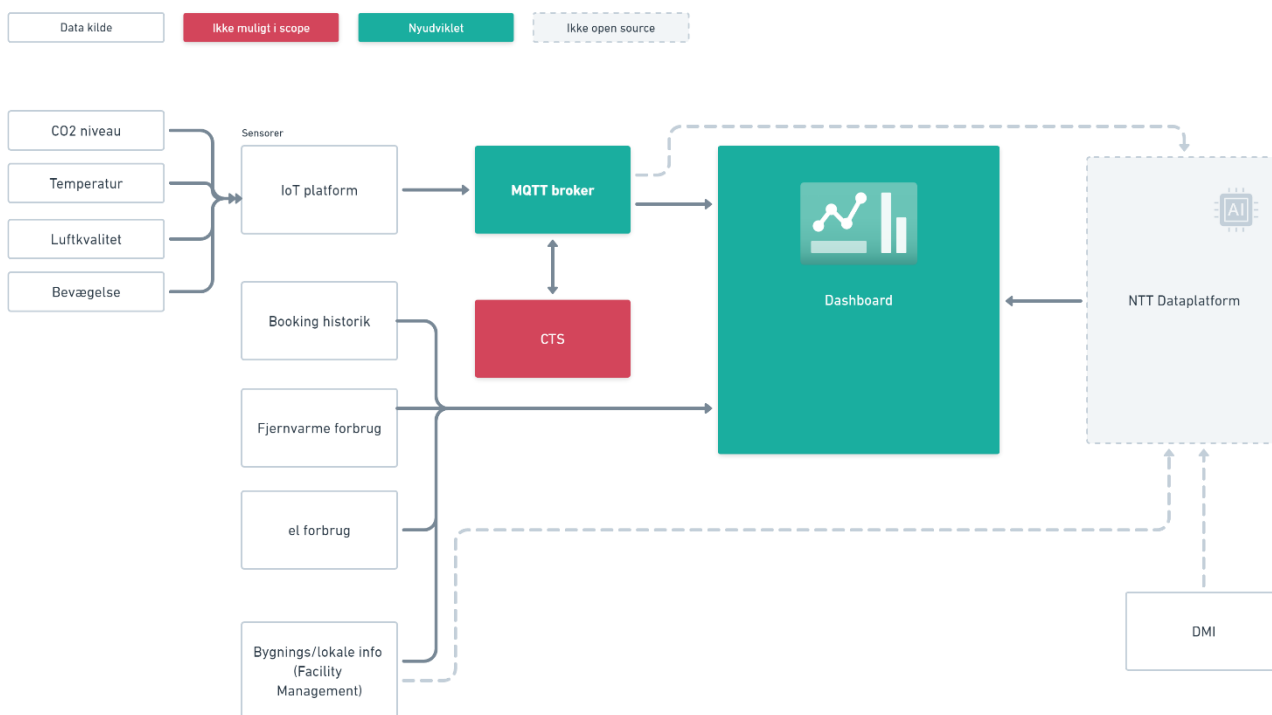
Derfor har projektet, i systemudviklingen, arbejdet på at kunne reducere energiforbrug og få indblik i anvendelsesgrad på skolerne. I nærværende rapport vil du derfor kunne læse, hvordan vi reducerer energiforbrug og de øvrige erfaringer som har været i projektet.

Data

Det har været vigtigt for os at samle data fra forskellige systemer, for at kunne give en bedre indsigt i hvordan en bygning bliver driftet. Derfor har vi samlet data på tværs af (s. 8-10, Bilag 1 – NTT Data rapport):

- Sensorer
- Booking
- Fjernvarme
- Elforbrug
- Bygnings information
- Vejr.

Vi ville rigtig gerne have haft CTS data også, men da leverandørerne sidder meget tungt på disse anlæg, var det ikke muligt at få CTS data tilgængelig via et API, så data kunne trækkes dynamisk.



Da vi ikke har adgang til CTS er det en manual opgave at effektuere energireduktionen, som bliver synliggjort i dashboardene. Der i nærværende rapport IKKE medregnet de ressourcer det kræver for at lave besparelsen ved at gå ud til de tekniske anlæg og justere. Dashboards viser altså kun mulighederne som kan realiseres andetsteds.

Syddjurs kommune nåede at afprøve et automatisk dataudtræk for Thorsager skole. Dette blev lavet i samarbejde med kommunens CTS-leverandør Bravida. Leverandøren Bravida endte med at bruge en uges arbejde (37 timer) på at opmærke data således at der kom meningsfulde data ud, hvor det var tydeligt hvilken bygning, lokale og anlæg, som data omhandlede. Bravida vurderer dog at hvis man lavede dette arbejde på større skala, så ville det kun tage ca. 7-8 timer i gennemsnit at lave opsætningen til hver ejendom. Til trods for Bravidas bygningsportefølje havde de ikke før lavet lignende løsning for nogen, så derfor skulle der bruges noget tid på at sætte sig ind i CTS-plattformens opsætning til automatisk

eksportering og sikkerhed. Det blev dog ikke prioriteret i dette projekt at forsøge at afprøve anvendelsen af data.

Open source

Projektets deltagere er store fortalere for open source og derfor har open source også været vigtig for projektet fra starten. Det var dog svært at finde en leverandør som kunne levere noget indenfor budget som ville være fuldt open source. Derfor er det af platformen, som vi har fået udviklet i projektet, open source. Det er dog bygget ind i en platform, Titan, som ikke er open source.

Den tilgængelige kode er dokumenteret på Github (Bilag 2).

Sladrehanke

Vi har arbejdet på seks sladrehanke, som skal hjælpe med at energioptimere. Vi har valgt at kigge på disse seks sladrehanke, fordi projektets energikonsulenter har erfaring for at disse områder er de største energisyndere. Sladrehankene arbejder med de potentialer som er i v 1.0 ovenfor, da de vil være hurtige at få indblik i og justere. Version 2 kræver større investeringer eller integrationer, hvorfor de kun i begrænset omfang er med.

	EL	Fjernvarme
Potentialer i dag Enformanten v 1.0	Ventilation - indregulering Mange anlæg er ikke indreguleret. Alle skoler er ikke ventileret via anlæg, men der er alligevel et stort potentiale her.	Afkølingsgebyr - besparelse Ofte er det få bygninger, der står for store afkølingsgebyrer til fjernvarmeleverandør. Det forekommer når der leveret for varmt vand tilbage til systemet.
	Ventilation - optimal drift (anlæg der er indreguleret) Optimal drift af ventilationen handler om at tilpasse efter behov og omgivelser, fx at ventilere, så man ikke lukker fugt ind i bygningen om morgenen og tilsvarende.	
	Standby forbrug Optimal drift af ventilationen handler om at tilpasse efter behov og omgivelser, fx efter bygningernes typiske anvendelsesmønstre mv.	
Potentialer fremtid Enformanten v 2.0	Dynamisk energioptimering (pba. anvendelsesdata) Dynamisk energioptimering er det vi kan påvirke via dynamisk styring ud fra om der er brugere i bygningen. Dette inkluderer ventilation & lys, men ikke standby-forbrug.	Varmeanlæg - indregulering Indregulering af varme handler om at sikre optimal udnyttelse af varmen i anlægget gennem at konfigurere grundindstilling optimalt.
	Storforbrugende udstyr Storforbrugende udstyr er store <u>strømslugere</u> , som fx industriopvaskemaskiner, glaskøleskabe mv.	Varmeanlæg - optimal udnyttelse af varmen i anlægget Optimal udnyttelse af varmen handler fx om at have natstyring og <u>prædiktive</u> data om soleffekt og personer i bygninger.

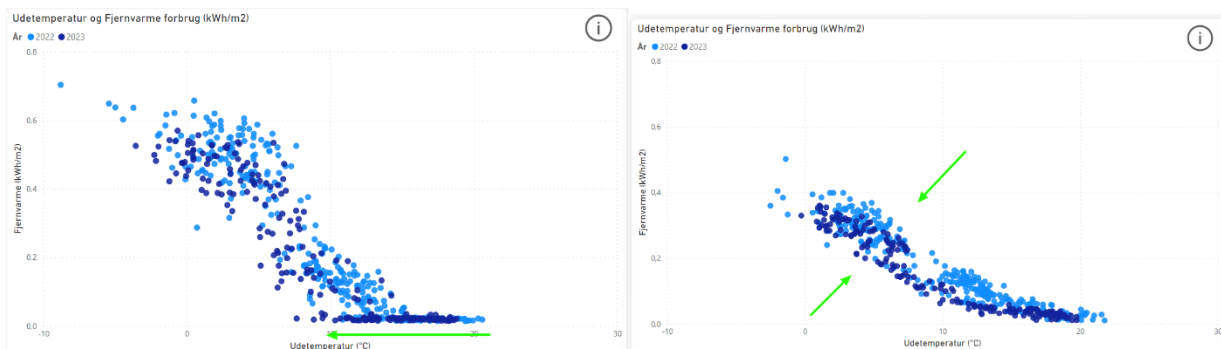
Sladrehankene genererer som sagt ikke energibesparelser, men synliggør energibesparelser som kan laves af bygningsdriften. I det følgende afsnit gennemgår vi sladrehankene og hvilke handlinger der kan kobles på dem for at lave energibesparelser.

Vi gennemgår nedenfor hvad sladrehankene illustrerer og hvordan de giver anledning til at kigge nærmere på bygningens forbrug og lave justeringer. De specifikke udregninger findes i NTT DATA rapporten (s. 12-24, Bilag 1).

1. Energiudnyttelse

Vi kigger her på udetemperatur og fjernvarmeforbrug, for at kunne vurdere, hvor godt bygningen er indstillet i forhold til udetemperaturen. Når det er varmt udenfor, skal bygningen bruge mindre energi.

Graferne viser tilfredsstillende forbrug, når der er en flad kurve ved høje temperaturer og når kurven er smal, sådan at omkostningen ved fx 5 grader har mindst muligt udsving. Så bruger bygningen et stabilt forbrug ligegyldigt sæson.

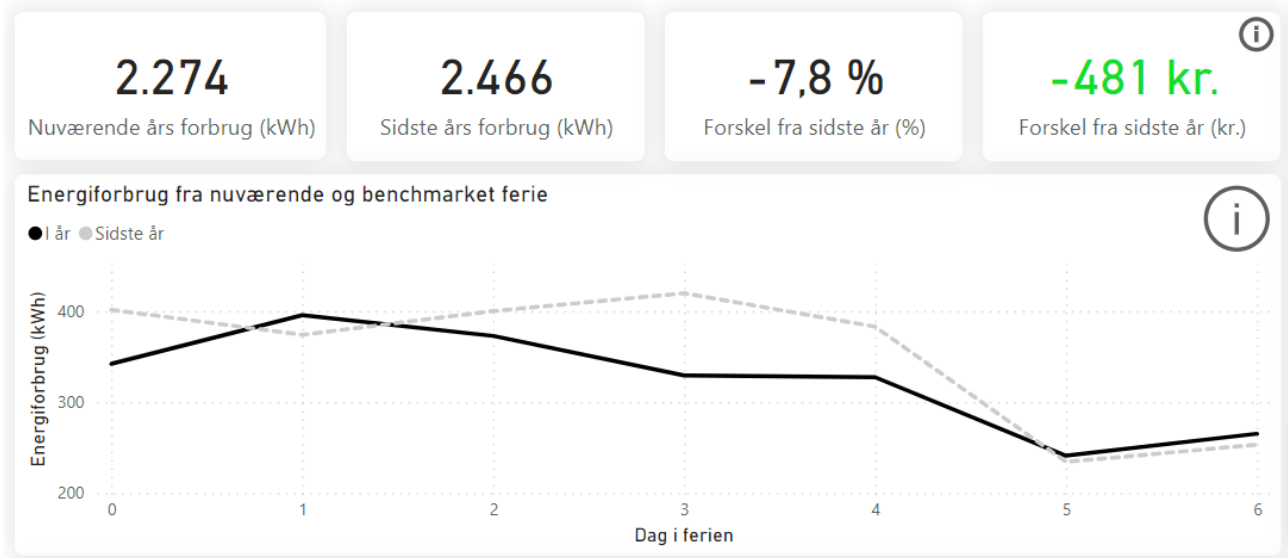


Graferne kan bruges i samarbejdet mellem teknisk servicemedarbejder og energikonsulentens forståelse for bygningen og er et rigtig godt startpunkt, da den viser det overordnede billede for bygningen. Hvis bygningen er yngre, skal kurven være smal og lav, og hvis den er bred, kan det være at bygningen fx er meget følsom overfor vind, som. Det kan være relevant at kigge nærmere på fjernvarmen, hvis kurven har spring/huller, fordi der så er nogle varmegrader fjernvarmen kan justeres til at fungere bedre ved. Vi har dog også konstateret at den kan blive bredere pga. stort forbrug af brugsvand i forbindelse med haller på skolerne.

2. Ferielukning

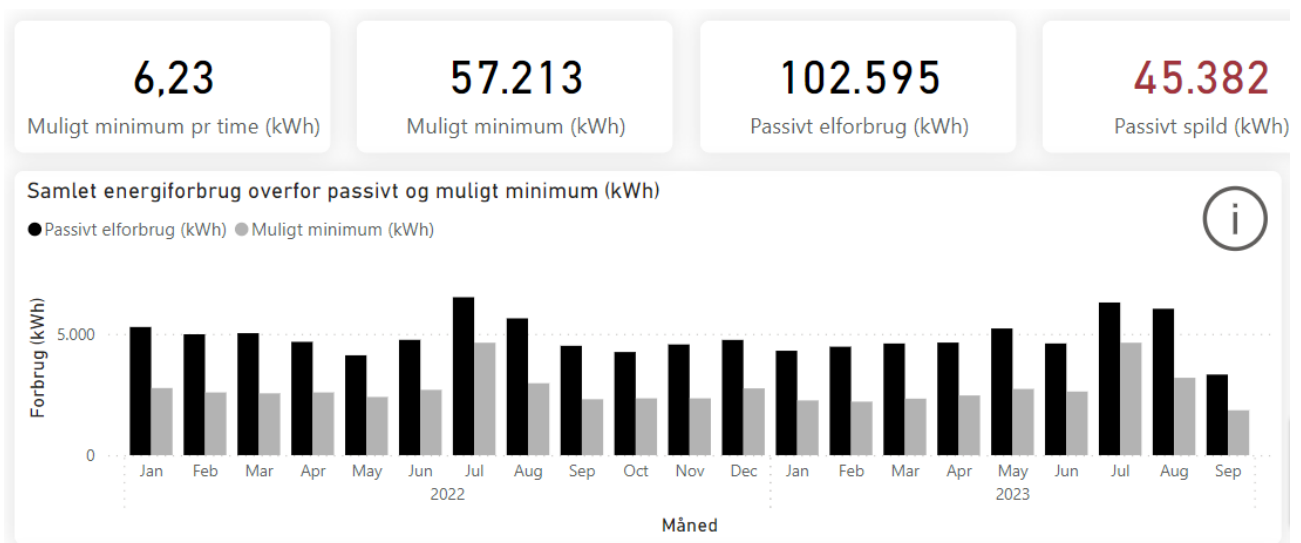
Ferielukning er valgt at fokusere på, fordi (hver)dagene i ferierne bør have samme aktivitetsniveau som weekenderne, da der ikke forventes personer på skolen til at udnytte energien. Thorsager skole (Syddjurs) og Rønbækskolen (Favrskov), er der dog stadig aktiviteter i ferierne i form af SFO og et børnehus. I disse tilfælde kan der opsættes bimåler eller sætte en målværdi for forbrug i ferieperioderne, for at der ikke varmes en hel skole op.

Dashboardet for ferierne kan sammenlignes med tidligere ferier af samme type, weekender eller en målværdi. Denne sladrehanke kræver lidt ekstra vurdering af om man kan lave forbedringer, da vejret ikke er det samme hvert år og den derfor kan se bedre ud, pga. højere temperaturer. At forbruget er lavere end i hverdagen er dog relevant at kunne se og vurdere om det ser rimeligt ud.

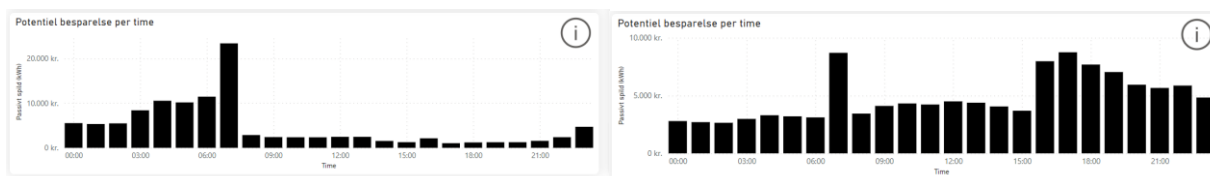


3. Passivt elforbrug

Passivtimer er defineret som timer udenfor skoledage (8-16) hvor der ikke forekommer bookinger af lokaler. Altså en slags tomgangsforsøg som bruges uden at der umiddelbart er nogle som har gavn af strømforbruget. Vi får i denne sladrehanke et indblik i hvor stort det passive elforbrug i vores bygninger er, ved at vise hvad det realistiske minimum for bygningen er på tværs af en periode. Beregningen af det passive elforbrug er fundet ved at tage gennemsnittet af de laveste 100 konsekutive nattetimer. Nattetimer er valgt for at sikre at solenergi ikke påvirker udregningen. Denne beregning er god til at få et hurtigt overblik over ejendommen. Problemet er, at det måske ikke afspejler den nuværende virkelighed og at forstyrrelser i data nemt kan give et fejlagtigt indtryk af det reelle passive elforbrug. For Thorsager skole i Syddjurs var der i 2022 et strømsvigt i længere tid på skolen, hvilket betød at det beregnede passive elforbrug blev urealistisk lavt.



Det minimum vi vil forvente er muligt, når der ikke er skole-brugstid eller bookinger af lokalet bliver highlightet og der ses yderligere hvilken tidsperiode (både måned og tidspunkt) det kan være relevant at kigge nærmere på, for at reducere passivt spild. Nedenfor til højre ses eksempel på at skolen er brugt og derfor har lavt passivt forbrug frem til kl. 23, hvilket kan bekræftes i anvendelsesgraden (se punkt 6 nedenfor). Om morgenen viser den yderligere at bygningens startes tidligt op, fx pga. rengøring. Skolen til venstre viser i stedet at der ikke er bookinger og at der er grundlag for at kigge på at lukke bygningen hurtigere ned om eftermiddagen.

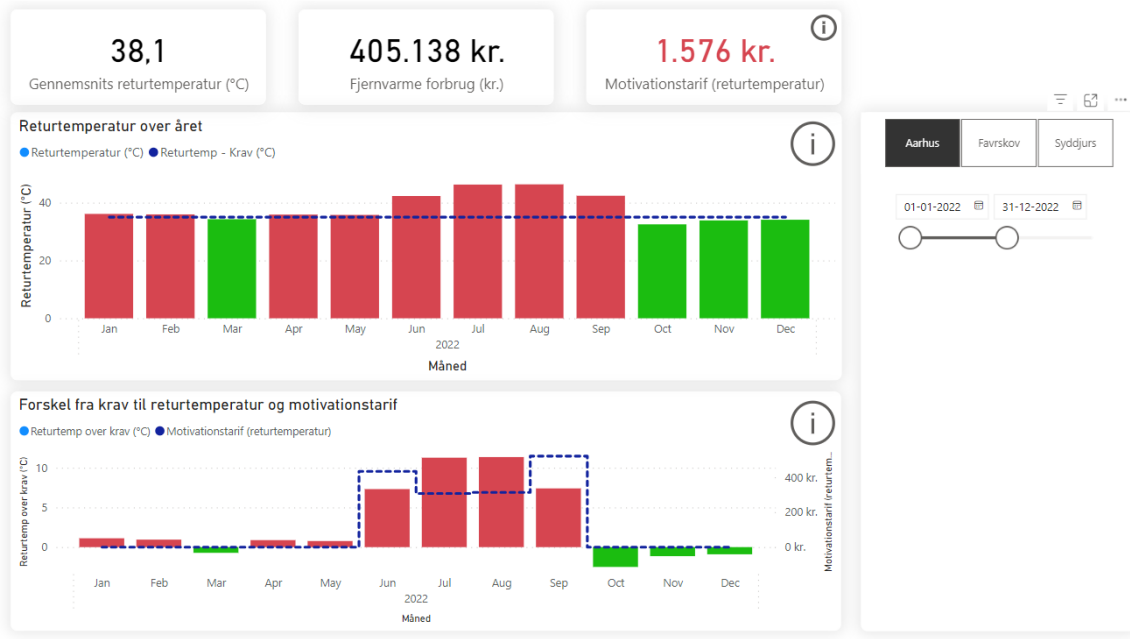


For at undersøge om det er muligt at justere sit minimumsforbrug, kan servicemedarbejder/energikonsulent lave (nat)rundering, hvor der kigges på om der er noget som står tændt som kan slukkes, fx kaffemaskiner og udstyr som står i standby. Yderligere kan det være relevant at kigge på benchmarking på tværs af bygninger, for at sikre at bygningens niveau også svarer til andre bygninger som ligner.

4. Returtemperatur og 5. afkøling

Det er nødvendigt at fjernvarmens returtemperatur og afkøling lever op til varmeværkets regler, da der ellers kan komme tariffer, som koster kommunerne yderligere penge end det spild de har haft. Grunden til høj returtemperatur og manglende afkøling er nemlig at man ikke bruger sin varme korrekt. Problemer på returtemperaturer og afkøling kan derfor være tegn på at der er ubalancer, som gør at man betaler for varme man reelt ikke bruger.

Det er yderligere relevant at holde øje med returtemperatur og afkøling hele året rundt. Om sommeren er det tit en udfordring, at man har for varmt vand eller stort vandforbrug, som det ses nedenfor i søjlerne. Hvis den slår ud om vinteren er det typisk ventilationen som er indstillet forkert og dermed giver ubalance.



0

6. Anvendelsesgrad

Anvendelsesgraden giver et billede af den reelle anvendelse, da der via sensorer og bookinger gives overblik over, hvordan bygningen og dens lokaler er brugt.



Ovenstående giver indsigt som kan bruges til at vurdere fremtidige beslutninger om bygningsstrategier, bedre planlægning af lokalerne og deres brugstid, forståelse for omkostninger ved missede bookinger og dialogen med dem som har bookingerne.

Der kan være behov for ledelsesmæssige beslutninger i forhold til at tage stilling til brugstid og planlægning af ressourcerne på en energirigtig måde og hvordan dette passer med skolens strategi og tilbud til foreninger.

Produkt læring

Efter en gennemgang af sladrehanke vil vi reflektere over den læring som har påvirket vores systems tilblivelse. Vi vil gennemgå de udfordringer, som har præget resultatet.

Dataadgang og-rensning

Signaturprojektet har samlet data fra mange steder og kommunerne skulle opsætte sensorer for at få yderligere nødvendige data. Det tager tid og har været en lang proces at få styr på data, hvilket betyder det har taget 8 måneder mere end forventet (s. 63, Bilag 1 - NTT DATA rapport). Vi har fået meget af det data vi ville, selvom vi desværre måtte give op med at få dynamisk adgang til CTS og den dybe bygningsinformation til AI bookingen (beskrevet i senere afsnit).

Det har været en øvelse at indsamle data, så de var brugbare i analyser. Det var nødvendigt at få opbygget de sammenhænge mellem data der har været behov for (fx kobling af sensorer og lokaler), og dernæst besluttes hvordan de skulle udstilles. Da vi gerne har ville sammenligne data på tværs af kommuner, har vi også skulle "rense" data så det kunne konverteres til data som var sammenlignelig. Hvis der havde fandtes en fælles datastruktur for detaljeret fjernvarme og el-forbrug og standard sensor-formater med metadata havde dataindsamlingen formentlig kunne kortes og været billigere.

Derudover har opgaven i forhold til at gøre brug af data også været en proces, hvor deltager kommunerne har været forskellige steder i den overordnet energiledelse, adgang og tillid til data.

Etik og jura

Vi har i projektet arbejdet med bygningsdata som ikke er personhenførbare, da vi ikke analyserer på enkeltmennesker. Det gør at vi i projektet har kunne dele data på tværs af kommunerne. Projektgruppen har haft stor værdi af at kunne se hinandens data, da det har været meget forskelligt hvilket område en skole har været god og dårlig på. Da vi alle har skulle lære, har det været relevant at kunne sammenligne med andres data.

Projektgruppen ser dog ikke alt data som åbne (open) data, da den potentielt kan give nogle gnidninger mellem borgere og kommuner, fordi driften af bygninger så også kan blive offentlig, hvis alt data kommer ud. Men hvis data kan deles på tværs af kommuner i lukket fora, vil det være meget givtigt.

Yderligere bør der i videreudvikling stilles spørgsmål ved sikkerhed hvis man vil til at forbinde med CTS anlæg og sende data til bygningerne. Bygningers CTS er normalt meget lukkede systemer for at sikre at det ikke er hackere eller andre uønskede som kan komme ind og kigge i bygningernes data. Det skal sikres at en evt. integration til CTS ikke åbner for risici for anden brug end ønsket.

AI bookingmodel

Oprindelig fokuserede projektet på, at vi kunne få energirigtig udnyttelse af skolerne og dermed også energirigtige bookinger på skolerne. For at kunne vurdere energirigtig brug af skolen kiggede vi på

- Lokalets metadata (kommune, skole, lokale, temperatur, CO2)
- Lokalets placering i forhold til andre lokaler
- Lokalets brugshistorik
- Lokalets faciliteter (størrelse, udstyr og type)
- Lokalets energiforbrug

Med udgangspunkt i ovenstående data kunne vi lave eksperimenter, som skulle hjælpe med hvilket lokale som er mest omkostningsneutralt ud fra følgende parametre:

- Fordi der er opvarmet i lokalet før eller efter – eller samtidigt ved siden af
- Fordi lokalet er placeret bedst i forhold til andre bookinger
- Fordi antallet af deltagere passer til lokalets kapacitet
- Fordi lokalets faciliteter passer til de efterspurgte faciliteter.

Ved opstilling af dette scenarie og nærmere kig på data blev det dog synligt for projektgruppen og leverandøren, at der var flere udfordringer som gjorde det svært at komme videre i projektet. Vi gennemgår udfordringerne.

1 Manglende data på lokaler

Det data vi havde var ikke finkornet nok til at der var specificeret lokalets faciliteter og energiforbrug på det enkelte lokale.

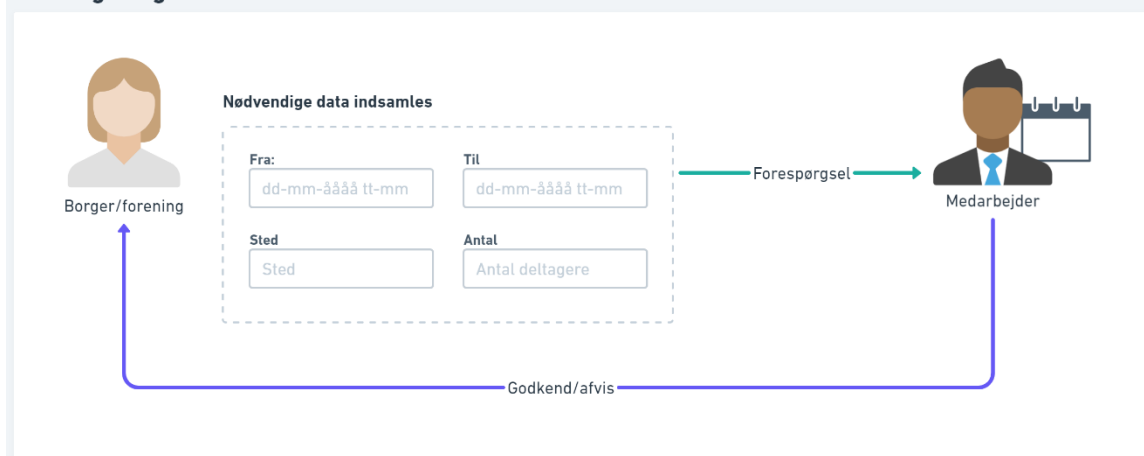
2 Manglende lignende lokalefaciliteter

Da projektet kun havde én skole per kommune, ville der for nogle typer lokaler, fx køkken eller musiklokale ikke være alternativer og derfor ikke nogen reelle analyser, når disse faciliteter blev valgt. Dette gjorde det svært for bygningsmedarbejderne at se potentialet i en anderledes bookingmodel.

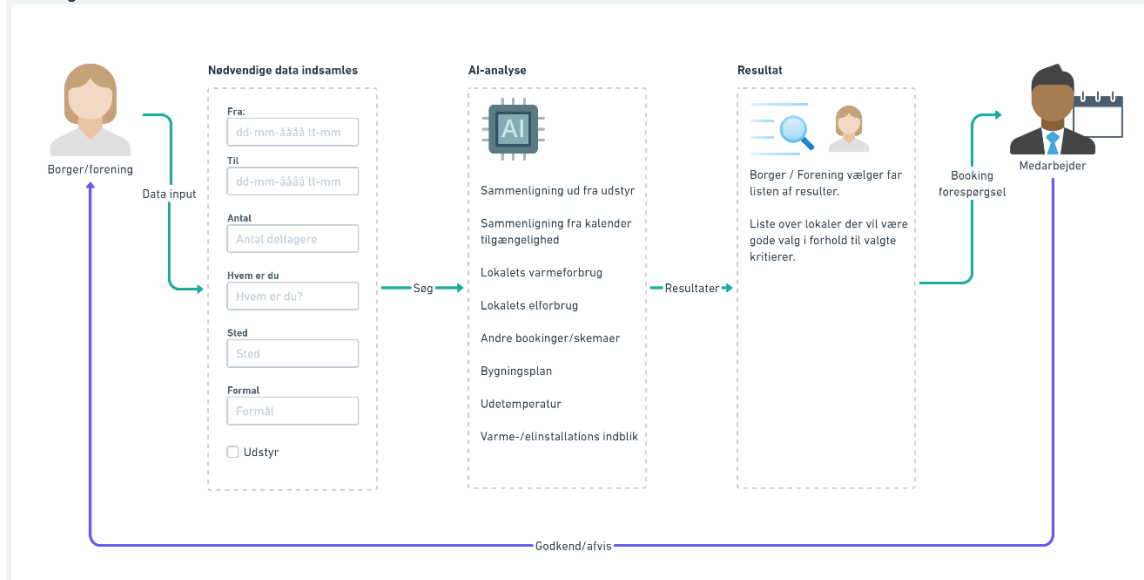
3 Manglende data på bookinger

Bookingsystemerne gjorde det ikke muligt at lave bookingforespørgsel uden at vælge lokalet. En booking i dag foregår ved at vælge et lokale, hvilket ikke var oplægget i AI modellen, som det ses nedenfor.

Booking i dag



Booking med AI



Bookingprocessen eller systemet skulle altså ændres som en del af forsøget, og det var der ikke beføjelser til i projektet.

4 manglende incitament til borgere/foreninger

Mange af de bookinger som foretages på skolerne, er af foreninger som hvert år har faste lokaler, og derfor ikke har ønsket om at flytte til andre eller skiftende lokaler.

5 manglende beføjelser ved medarbejdere

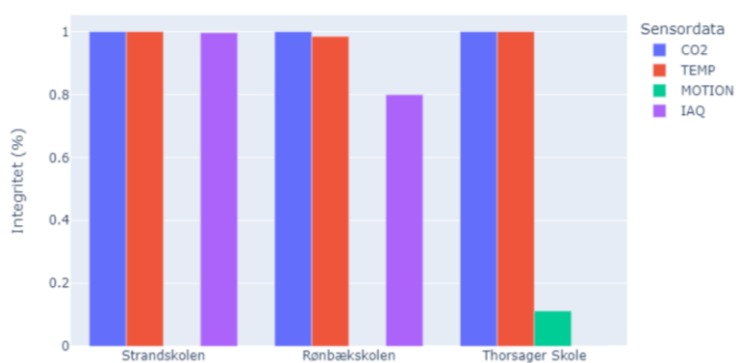
Yderligere blev det diskuteret om det var medarbejdernes opgave at flytte eksisterende bookinger for at lave energibesparende drift og denne beføjelse var hverken givet politisk eller en som medarbejderne som håndterede bookinger havde dialog nok med borgerne, til at kunne gøre. Styringen af dette var yderligere forskelligt på tværs af kommunerne og var derfor endnu et bånd for en anderledes booking proces.

På baggrund af ovenstående parametre droppede projektet at arbejde videre med AI bookingmodellen og fokuserede i stedet på at implementere sladrehanke og driftsoptimeringsmodellen resten af projektet, fordi dette var indenfor det datagrundlag vi havde.

Driftsoptimeringsmodel

Driftsoptimeringsmodellen blev AI erstatningen for bookingmodellen. Bookingmodellen kiggede på at automatisere smartere bookinger, men hvis det ikke kunne lade sig gøre, kunne vi blive klogere på brugen på anden vis. Modellen skulle hjælpe med at definere, hvornår et lokale er i brug, for at kunne verificere at vi opvarmer lokalet til aktiviteter og ikke til tomme lokaler.

Til dette bruger vi sensordata og bookingdata, til at vurdere om lokalet faktisk bliver brugt. I arbejdet med at lave en fælles model blev vi udfordret af, at kommunerne har forskellige sensorleverandører og derfor også forskellige sensorer. Derfor bruger vi i øjeblikket kun CO2 til at definere at der er nogen i lokalet, da det var sensoren som fandtes på tværs af alle skolerne, som kunne sige noget om tilstedeværelse.



Figur 18: Dataintegritet i sensordata per skole

Modellen, som er grundigere beskrevet i Bilag 1 - NTT Data rapport, bruger blandt andet Anomalidetektion og algoritmen Isolation Forest til at analysere, hvornår nogen er til stede og hvornår lokalerne er tomme.

Vi har under udviklingen haft en del problemer med vores sensorforbindelse, hvilket har betydet at der i rapporten fra NTT DATA har været store dataudfordringer som også har været svær for modellen at komme med vurderinger ud fra. Yderligere tvivler vi på dens nøjagtighed fordi den fx for en af kommunerne viser større udsving om natten til at der skulle være nogle, hvilket har gjort at vi føler der er behov for bedre vurdering af vores model.

Vi har valgt at forlænge projektet yderligere 3 måneder for at kigge mere på kvaliteten af modellen, når data nu er blevet bedre samt skabe annotering til at kunne vurdere hvor god vores model er. I denne proces håber vi yderligere på at arbejde på at få mere opbakning til vurderingen af tilstedeværelse på baggrund af andre sensorer, da vi har mere og bedre data end grafen ovenfor viser.

Projekt og proces læring

Vi har også haft læring i vores proces i projektet, som vi her vil uddybe muligheder og problematikker omkring.

Ejerskab

Projektet har bestået af følgende aktører igennem projektet

- Projektgruppe
 - Dataspecialist, Syddjurs kommune
 - IoT specialist, Favrskov kommune
 - Bygningsingeniør, Aarhus Kommune
 - Projektleder, GTM
- Styregruppe
 - Digitaliseringscheferne i hver kommune
- Følgegruppe
 - KL
 - Energistyrelsen
 - Digitaliseringsstyrelsen
 - Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet
 - Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur

Det har været en stærk projektgruppe, som har haft hver deres kompetencer og en god forståelse for forskelligheder og kompleksitet. I løbet af projektet er der blevet erfaret, at det var for langt væk fra bygningsdriften. Bygningsområdet er ikke et område som står stille og den har været ekstra foranderlig med de stigende energipriser.

Derfor lavede vi halvvejs en referencegruppe bestående af bygningsdriftens ledere, samt styregruppen ved projektafslutning erkendte at en styregruppe for forsættelse af initiativet skal placeres i bygningsdriften i stedet for digitaliseringsafdelingerne.

Digitaliseringsafdelingerne har deres styrke i at bringe nye teknologier og nye områder sammen, så digitaliseringsafdelingerne kan stadig have et afsæt til at skabe forståelse og teknisk sammenhæng.

Workshops

Da projektgruppen ikke har bestået af bygningsledere, driftsmedarbejdere og energikonsulenter har det været vigtigt i projektet at holde workshops med disse faggrupper. Formålene med workshopsene i starten var at få indsigt i behov og få kvalificeret visionerne for projektet. Det var også på grund af workshopsene, at projektet skiftede retning, da den oprindelige vision ikke var relevant for bygningsdriften.

I slutningen har workshopsenes formål været at få kvalificeret udviklingsarbejdet og værktøjerne som skal hjælpe dem med at energibespare (Bilag 3 – handlings handouts). Workshopsene har været af ca. 2 timers varighed og fokuseret på både at snakke internt i kommunerne, samt at sikre sparring på tværs af

kommuner. Workshoptene har sikret at produktet er tættere på behovene, hvilket projektet har haft gavn af.

Forskellige sprog på tværs af fagområder

Projektet har også været et samarbejdsprojekt, som har gjort at både bygningsfolk, it-folk og leverandører har skulle skabe et fælles sprog, for kunne komme i mål. Det er både forskellige metoder og sprog, som har været nødvendige at skabe forståelse for, for at kunne skabe fremdrift. I projektet har det været en proces hvor alle har været ligeværdige og målet har været det samme, hvilket har gjort at der er fundet et fælles sprog. Det fælles sprog har også bidraget til at delprojekterne i hver kommune, er blevet styrket ved at have bedre forståelse i hverdagsproblematikkerne. De forskellige sprog der faktisk er parterne imellem, har også bidraget til at få nye vinkler på energioptimering og løsningen, ved at den tekniske vinkel fra andre områder er kommet i spil.

Netværk for vidensdeling på tværs af kommuner

Projektet har været en vigtig faglig sparring mellem kommunerne på, hvordan bygningsdrift kan anskues samt hvordan der findes midler til at agere. Derfor har projektet løbende affødt dialog om hvad der er de største syndere og hvordan energikonsulenter kan få råderum til at foretage besparelserne, som skal laves i kommunerne. Det er også blevet konstateret at besparelserne kan være svære at løfte én mand, hvilket er realiteten i det små kommuner.

Det er projektgruppens forståelse at der i alle kommuner opfindes lignende dybe tallerkener og at læringen på tværs af kommuner er for svær, fordi data er fanget inde i kommunen eller ved leverandøren.

Energioptimeringsmuligheder

Det er selvfølgelig også muligt at lave energibesparelser ud fra vores arbejde og vi har på workshops arbejdet på handouts (Bilag 3 - handlings handouts) for hvilke initiativer man kan igangsætte i bygningsdriften, for at realisere besparelser, som er synlige med sladrehanke.

Sladrehankenes oversigt viste mulige årlige besparelser per kommune på 23.000-119.000 kr. i fjernvarme og el. Vi har endnu ikke kunne konstatere om vi kan spare disse beløb, men har forlænget projektet 3 måneder for at komme nærmere et svar.

Kommunerne har fokuseret på forskellige områder af sladrehankene, for at realisere besparelser, som i dashboardsene har vist sig rentable at kigge på. Ud fra arbejdet med besparelser har vi også fået udarbejdet en potentialevurdering som kigger på det nationale potentiale, som vi kigger på i slutningen af afsnittet.

Ferielukning i Syddjurs

På Thorsager skole i Syddjurs blev det observeret at varme- og elforbruget stort set ikke faldt i ferieperioderne til trods for at SFO og børnehus kun må optage en meget lille del af skolen. Der blev derfor igangsat en indsats for at undersøge om skolen er korrekt sat op i ferieperioderne. Det er afdelingen Ejendommens CTS-ekspert som kastede sig over opgaven i samarbejde med den lokale tekniske

servicemedarbejder. Indsatsen blev udført i november 2023. Effekten af indsatsen testes ved at sammenligne juleferien 2022 med juleferien 2023.

Anvendelsesgrad i Favrskov

Favrskov Kommune kunne se i Enformanten, at der forekommer mange missede timer i forhold til driftsoptimeringsmodellen, når den kigger på de registrerede bookinger. Dette har udløst en undren over om dette også har en stor økonomisk effekt særligt i opvarmningssæsonen (4. & 1. kvartal). Derfor har vi haft en civilingeniør til at kigge på hvad det egentlig koster pr. kvadratmeter i opvarmningssæsonen at tilføre energi til et lokale.

I Favrskov Kommune indtastes alle bookinger manuelt i CTS'ens tidsstyringsfunktion, så der er varme & ventilation i rummene. Derfor så vi et potentiale i at få afklaret hvad disse missede bookinger/timer har kostet. Det viser sig at de ikke udgør en særlig stor omkostning (0-3 kr. per time), og en del mindre end vi havde regnet med. Derfor vil Favrskov yderligere undersøge om omkostningerne er retvisende. Der forekommer nogle faktiske forhold ude på skolen som ikke på nuværende tidspunkt er repræsenteret i modellen. Indsatsen har dog betydet, at vi laver endnu et dashboard til at vise denne omkostning på baggrund af Favrskovs beregning.

Ledelsesbeslutninger

Vi ser nogle klare tendenser til at der er behov for ledelsesmæssige beslutninger som ikke vedrører energioptimering, men vedrører

- at ændre brugstider
- at justere rengøringsudbud

Vores data viser nemlig at der med en brugstid fra 8-16 generelt opvarmes for tomme lokaler de sidste timer, fordi de ofte ikke bruges den sidste time. Det kan betyde at der kan justeres hvor længe bygningen opvarmes og dermed give flere timer i passiv drift, til få omkostninger. Om morgenen kan vi til gengæld også konstatere at der tændes for bygningen meget tidligere end man forventede pga. rengøring og at det betyder at vi i denne tidlige ende bruger mere energi til meget få mennesker.

Det vil være relevant at energiledelsen tager stilling til dette på tværs af bygninger og udbud, så det ikke bliver den enkelte bygningsleder som skal stå på mål for hvilken del af dagen der burde have passivt forbrug.

Implementeringsopgaven

Sladrehankenes fokusering er for bygningsdrift ikke raketvidenskab eller noget de ikke kan gøre uden dashboardsene som vi har lavet. De vil kunne lave alle handlinger, da sladrehankene blot skal ses som en lup der gør det muligt at fokusere på et specifikt område i sine bygninger.

Når man dog ikke har dashboardsene skal man bruge ressourcer på at finde frem til disse tal via udregninger og bruge ressourcer på hvor de skal prioritere at starte, hvis der ikke er tid til at bruge timer på energioptimering i hver bygning. Medarbejderne vil yderligere mangle indsigt i hvor rentabel en øvelse det er at kigge på fx ventilationen.

Da driftsmedarbejderne og energikonsulenterne i deres daglige arbejde havde opnået forskellige fokusområder som effektfulde har vi lavet handouts (bilag 3 – Handlings handouts), for at kunne hjælpe med at dele denne erfaring ud til andre kommuner. Fx var natrunderinger nogle af de opgaver som blev prioriteret højt for at kunne finde sit minimumsforbrug på skolen og se om det var muligt at slukke for endnu mere på skolen om natten.

Når der er lavet forbedringer, er det muligt at se forbedringerne i dashboardsene, hvilket betyder det også her vil være let at se hvordan bygningen er justeret til. Hvis dashboardsene ikke eksisterer skal data hentes og samles igen.

Dashboardsene har været driftet via projektets midler i projektperioden. Og der er mulighed for at medlemskommunerne kan drifte det videre, hvilket kommunerne (indtil videre) har valgt at gøre frem til projektafslutningen. Driftsomkostningen ønskes lavere, hvilket er grund til at kommunerne ikke er klar til at binde sig til på længere sigt, endnu.

Det er muligt at koble flere skoler på projektet for et mindre engangsbeløb. Hertil skal dog lægges support på Data setup og på at mulige fejl kan håndteres.

Kommunerne har valgt at indhente yderligere tilbud på drift ved en anden leverandør, da medlemskommunerne ønsker sig en lavere driftsomkostning. En konkurrent, som dog vil skulle bruge ressourcer på at få systemet fungerende, estimerer de årlige driftsomkostninger til det halve. Leverandøren, NTT DATA, har dog også gjort opmærksom på at det er muligt at prioritere billigere drift i en senere version.

Skalering

Projektet kan skaleres til andre kommuner, som det er i nuværende form. For at få nye kommuner på den eksisterende løsning skal det forventes at der investeres (ud over hardware investeringer), for at få opsat og mappet data op til dashboardsene, hvis kommunerne ikke bruger samme systemer som pilotkommunerne. Vores erfaring for datakvalitet og standarder gør desværre denne omkostning til betydelig. Yderligere skal der bruges timer i kommunen og evt. ved leverandøren for at få adgang til data. Syddjurs Kommune skal fx give ca. 50.000 kr. årligt for at få strukturerede data ud af energisystemet.

Potentialer på landsplan

Vi så i Enformanten potentialer for besparelser og har prøvet at arbejde videre med disse besparelser i en potentialevurdering. Vi har fået lavet en potentialevurdering (Bilag 4) som vurderer at hver kommune kan spare næsten 3 % af deres energiforbrug med den løsning som er beskrevet i nærværende rapport. På landsplan svarer det til omkring 40 mio. kr. og 1 mio. kg. CO₂e forbedring. Skemaet nedenfor viser årligt potentiale.

Nationalt potentiale	Samlet potentiale	Reduktion per skole*	Reduktion ift. totalforbrug
Økonomisk potentiale Enformanten v 1.0 i DKK	37.273.755	34.966	2,91%
Økonomisk potentiale Enformanten v 2.0 i DKK	107.557.591	100.898	6,91%
Økonomisk potentiale Enformanten i DKK	144.831.346	135.864	9,82%
Grønt potentiale Enformanten v 1.0 i kg CO2e	1.092.123		1,85%
Grønt potentiale Enformanten v 2.0 i kg CO2e	5.998.125		8,21%
Grønt potentiale Enformanten i kg CO2e	7.090.248		10,06%

* der er registreret 1066 skoler i Danmark per 2023.¹

Disse tal er fundet ud fra det forbrug kommunerne har og en vurdering af hvilket energibesparingsområde vi rammer.

Der er også lokaliseret potentialer for yderligere 7 % af energiforbrug økonomien ved at udvide til at fokusere mere på dynamiske energjusteringer og bedre indregulering. Disse opgaver kræver mere opsætning og ressourcer ved servicemedarbejderne og er derfor placeret i en version 2.

	EL	Fjernvarme
Potentialer i dag Enformanten v 1.0	<p>Ventilation - indregulering</p> <p>Mange anlæg er ikke indreguleret. Alle skoler er ikke ventileret via anlæg, men der er alligevel et stort potentiale her.</p> <p>Ventilation – optimal drift (anlæg der er indreguleret)</p> <p>Optimal drift af ventilationen handler om at tilpasse efter behov og omgivelser, fx at ventilere, så man ikke lukker fugt ind i bygningen om morgenen og tilsvarende.</p> <p>Standby forbrug</p> <p>Optimal drift af ventilationen handler om at tilpasse efter behov og omgivelser, fx efter bygningernes typiske anvendelsesmønstre mv.</p>	<p>Afkølingsgebyr – besparelse</p> <p>Ofte er det få bygninger, der står for store afkølingsgebyrer til fjernvarmeleverandør. Det forekommer når der leveres for varmt vand tilbage til systemet.</p>
Potentialer fremtid Enformanten v 2.0	<p>Dynamisk energioptimering (pba. anvendelsesdata)</p> <p>Dynamisk energioptimering er det vi kan påvirke via dynamisk styring ud fra om der er brugere i bygningen. Dette inkluderer ventilation & lys, men ikke standby-forbrug.</p> <p>Storforbrugende udstyr</p> <p>Storforbrugende udstyr er store strømslugere, som fx industriopvaskemaskiner, glaskøleskabe mv.</p>	<p>Varmeanlæg - indregulering</p> <p>Indregulering af varme handler om at sikre optimal udnyttelse af varmen i anlægget gennem at konfigurere grundindstilling optimalt.</p> <p>Varmeanlæg – optimal udnyttelse af varmen i anlægget</p> <p>Optimal udnyttelse af varmen handler fx om at have natstyring og <u>prædiktive data</u> om soleffekt og personer i bygninger.</p>

¹ <https://www.folkeskolen.dk/folkeskolen-nr-08-2023-skolenedlaeggelser-skoler/skolestatus-2023/4712911>

Fremtidsperspektiver

Til afslutningsarrangementet udfolder vi på eftermiddagsworkshoppen fremtidsperspektiverne indenfor disse 6 områder. Dokumentationen på inputs tilføjes senere til rapporten.

1. Vidensdeling

Vidensdeling på tværs af kommunerne er meget relevant og mangler som en "hands-on" aktivitet, hvor medarbejdere kan arbejde med specifikke problemstillinger og gøre praksis – sammen. I mange kommuner står fx energikonsulenter alene og derfor er der behov for at mødes som energikonsulenter.

Opgave: Hvordan skal vidensdeling være for at det kan virke for jer?

2. Platformen

Projektgruppen er enige om at det vil være fedt at kunne deles om data i fremtiden, fordi det kan give os så meget indsigt og forståelse på tværs af hinanden – og nogle at se op til. Vi diskuterer i projektgruppen om det er Enformanten, en fælles database eller fælles datastruktur der er løsningen for en fremtidig løsning. Der er fordele og ulemper ved alle løsninger, og forskellige omkostninger.

Opgave: Hvad er det vigtigste at have fokus på i forhold til platform?

3. Varmeforbrug og intelligens i sladrehanke

Potentiale vurderingen viser at fjernvarmeforbrug og CTS-data er nødvendig for at kunne reducere energiforbrug yderligere. Derfor er det nødvendigt at kigge mere på hvordan vi kan reducere varmeforbrug yderligere.

Opgave: Hvordan kan vi vise at der kan energioptimeres på fjernvarmeforbrug?

4. Tovejskommunikation til CTS

Når CTS kan agere på baggrund af data, giver det mulighed for at lave regler som definerer hvornår noget tændes og slukkes.

Opgave: Hvad er det relevant at styre automatisk og vil det kunne udnyttes i forhold til sikkerhed?

5. Booking

Selvom bookingdelen blev konkluderet fra i dette projekt, ser vi stadig et behov for at der bliver afprøvet yderligere. Der kunne være nogle potentialer som skulle afdækkes. Aarhus har lavet et projekt, Book Aarhus, som måske kunne være grundlag for mere metadataopmærkning på bookingerne og der er evt. andre projekter i gang som arbejder på det.

Opgave: Hvordan kan vi afprøve booking på andre øjne?

6. Fremtidsvisionen om 2 år

De ovenstående ting ser vi som realistiske at kigge på i nærmeste fremtid og som en del af en version 2. Vi syntes også at det er relevant at der bliver drømt om fremtidens ønsker, og hvordan energiledelse ville være bedst forvaltet ud fra data i fremtiden.

Opgave: Hvad indeholder fremtidens digitale løsning og hvorfor?

Bilag

Alle bilag er lagt digitalt og derfor får du nedenfor links til dem.

Bilag 1 – NTT DATA rapport

Se <https://govtechmidtjylland.dk/media/cc5gjc4/rapport-optimeret-bygningsanvendelse-govtechmidtjylland.pdf>

Bilag 2 – Github repository

Enformantens open source-kode findes på <https://github.com/Enformanten/enformanten>

Bilag 3 – Handlings handouts

El handlingsperspektiver <https://govtechmidtjylland.dk/media/0gyl5frj/el-besparelse.pdf>

Varme handlingsperspektiver <https://govtechmidtjylland.dk/media/14dhhtlr/fjernvarme-besparelse.pdf>

Bilag 4 – Potentiale vurdering

Se <https://govtechmidtjylland.dk/media/qq4lgkqz/optimeret-bygningsanvendelse-potentiale vurdering-afrapportering-v3.pdf>