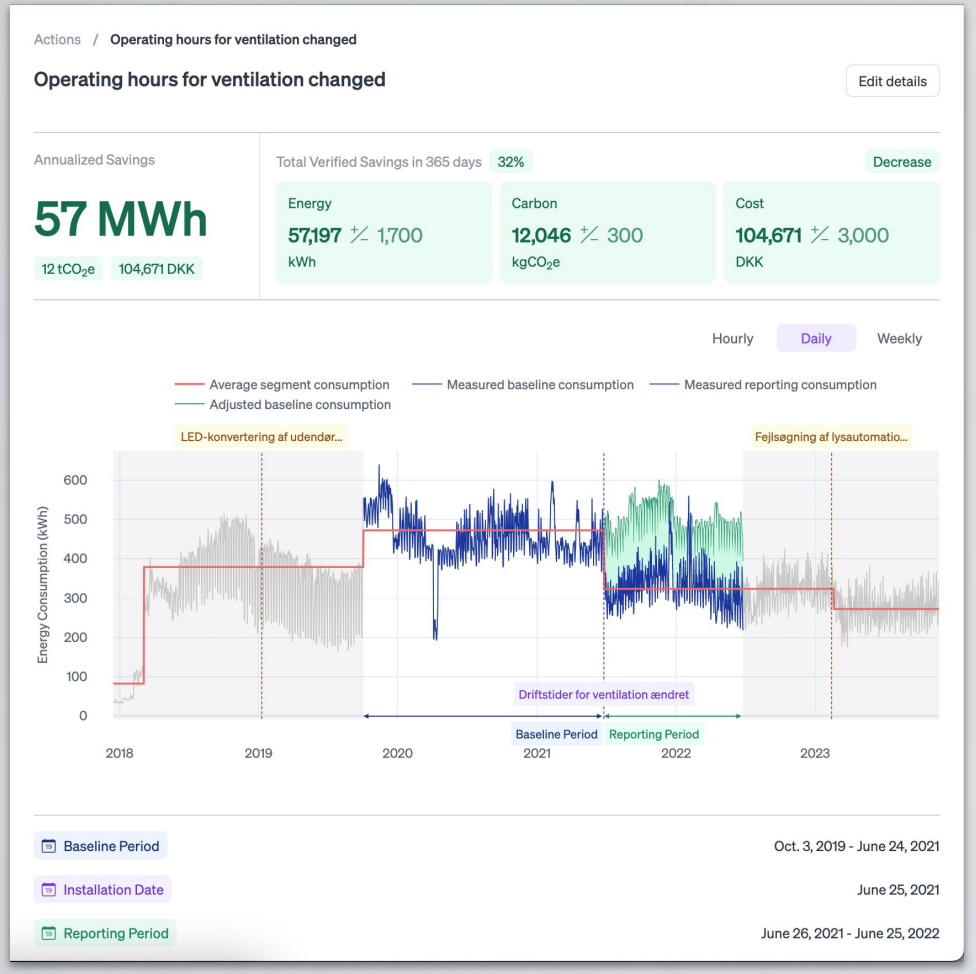
Effektmåling af energibesparelser

Metode, eksempler …og automatisering

Malte Frederiksen
malte@ento.ai
81927213

ENTO



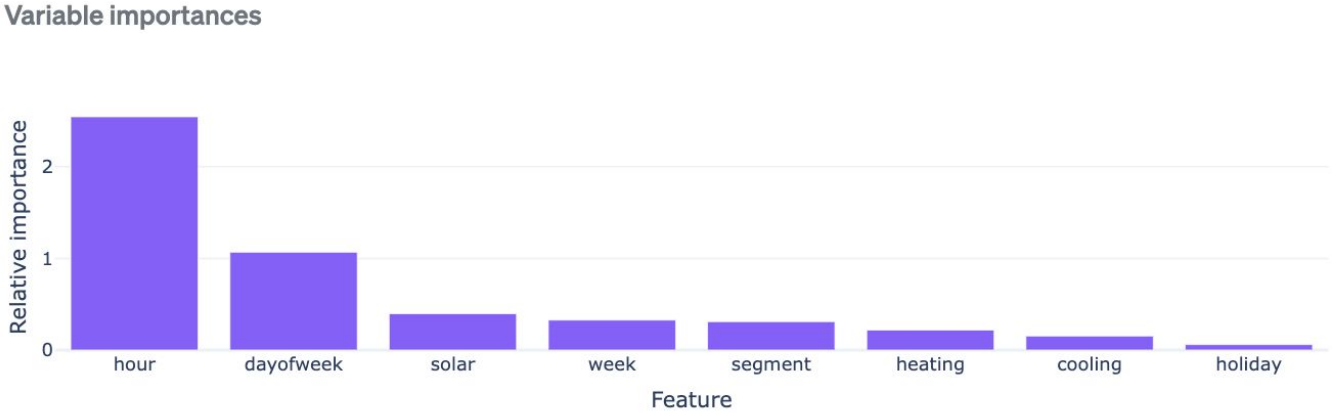
Er der nogle **bygningsejere** i publikum,
der **måler** på deres energiforbedringer,
og har lyst til at dele deres **erfaringer**?

15. Januar i år sælger Lucia Lys LED belysning til Sørens skole.

Lucia har lovet Søren at han kan spare 20.000 kwh/år,
tilsvarende 12% af skolens totale elforbrug.

Før Lucia får sine penge, skal de mål på effekten, for at se om Lucias beregninger passer.

Hvad kunne dog gå galt?!😩😅



2024

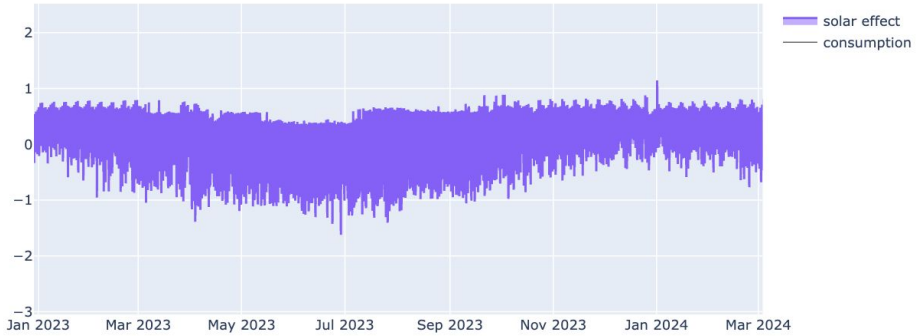
February

M	T	W	T	F	S	S
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29			

2025

February

M	T	W	T	F	S	S
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28		



Problemet med at måle energibesparelser..

Undgået forbrug kan ikke måles

Problemet med at måle energibesparelser..

Undgået forbrug kan ikke måles

De fleste energiprojekter baseres derfor på estimerede besparelser

Problemet med at måle energibesparelser..

Undgået forbrug kan ikke måles

De fleste energiprojekter baseres derfor på estimerede besparelser

Men...

Hvis vi vil nå vores klimamål, har vi behov for at måle på den relle effekt

Problemet med at måle energibesparelser..

Undgået forbrug kan ikke måles

De fleste energiprojekter baseres derfor på estimerede besparelser

Men...

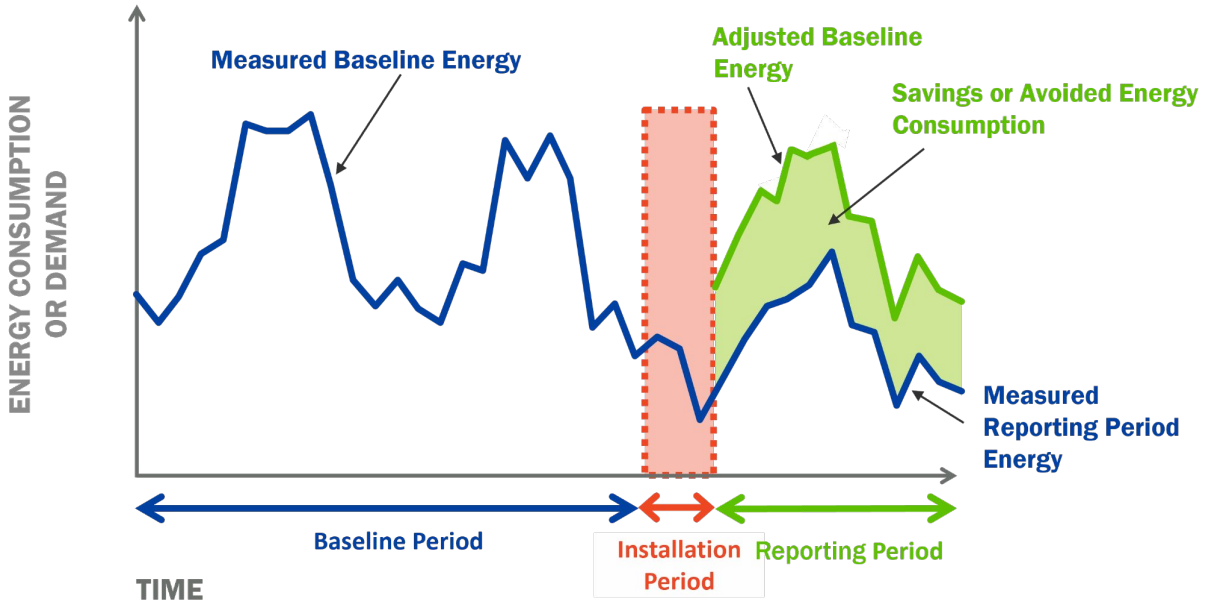
Hvis vi vil nå vores klimamål, har vi behov for at måle på den relle effekt

og...

Hvis vi investere mange penge i noget, har vi behov for målbart afkast

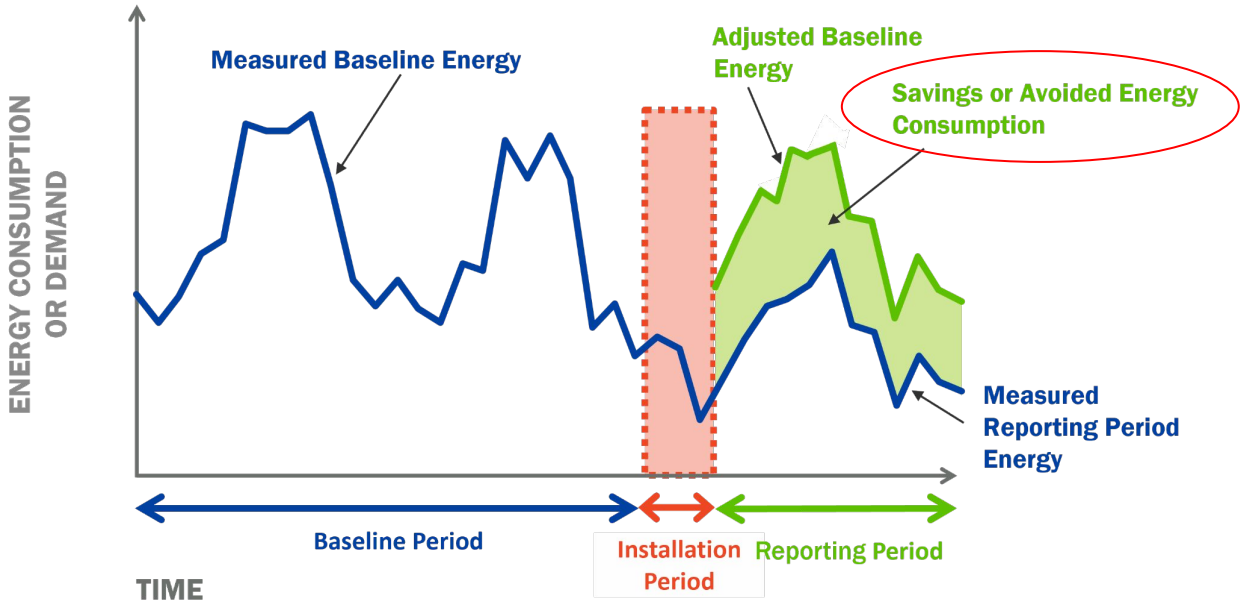
IPMVP to the rescue

IPMVP®
INTERNATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT & VERIFICATION PROTOCOL



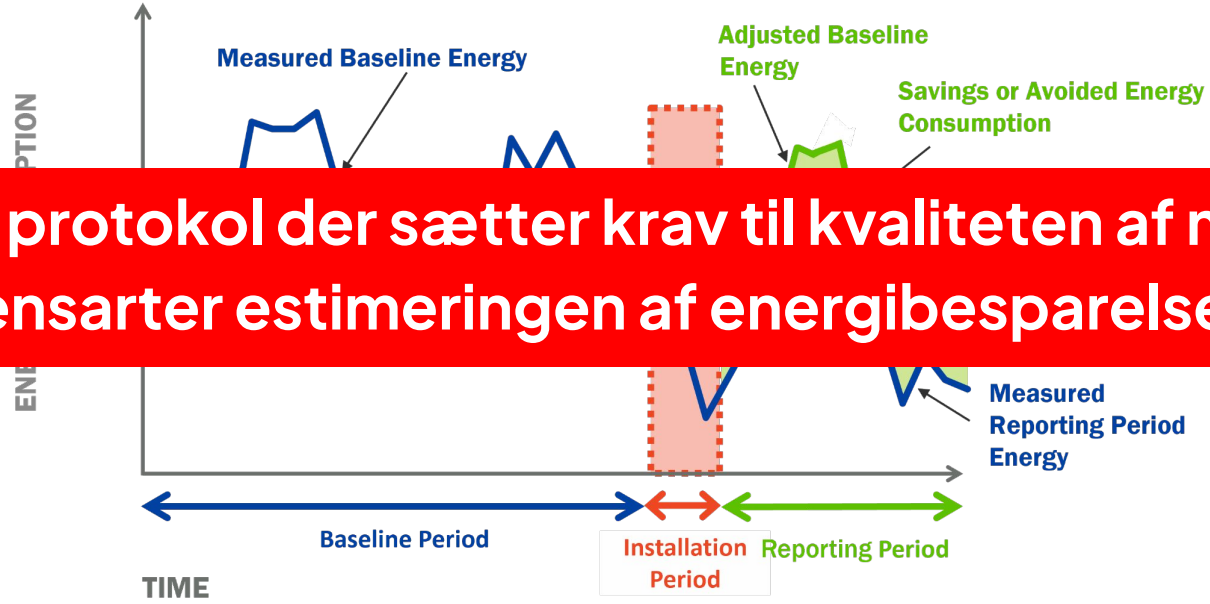
IPMVP to the rescue

IPMVP®
INTERNATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT & VERIFICATION PROTOCOL



IPMVP to the rescue

IPMVP®
INTERNATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT & VERIFICATION PROTOCOL



IPMVP= En protokol der sætter krav til kvaliteten af målingen og ensarter estimeringen af energibesparelser

How it’s done manually…

Hey Mathieu, I'm doing a presentation on Measurement and Verficaitons on Energy Savings using IPMVP w Machíne Learning. I was wondering if you could describe in bullets how you did M&V projects when you were working in France?

IPMVP process for energy savings verification - France

1. Project and requirements analysis
2. Scope definition
3. Set up option (A, B, C or D)
4. Baseline establishment:
    a. Period
    b. Consumption data history
    c. Independent variables (weather, degree days, occupation, etc.)
    d. Baseline energy model
5. Data collection for verification (consumption + independent variables)
6. Normalization and adjustments
7. Energy savings calculation and reporting

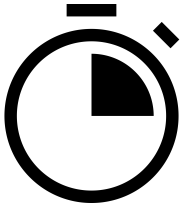


EIFFAGE ÉNERGIE SYSTÈMES

ENGIE Solutions

Kan vi gøre det nemmere.. ?

Tidskrævende at samle data



Svært at analysere manuelt

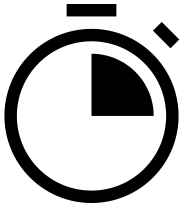


Usikkerhed i værdien og forståelsen



Kan vi gøre det nemmere.. ?

~~Tidskrævende at samle data~~



Bruger afregningsvalid forsyningsdata

~~Svært at analysere manuelt~~



Få klik for at starte en verifikation, der automatisk tager højde for diverse påvirkninger

~~Usikkerhed i værdien og forståelsen~~



Dokumenterer besparelsen jævnfør kravene fra IPMVP

Hvordan får man en AI til at lave det sure arbejde?

→ Importerer tidsserie data på energiforbruget sammen med forklarende variable:

- Outdoor temperature
- Solar irradiance
- Wind speed and direction
- Precipitation
- Hour of the day
- Week of the year
- Local bank holidays
- Covid

Hvordan får man en AI til at lave det sure arbejde?

- → Importerer tidsserie data på energiforbruget sammen med forklarende variable:
  - Outdoor temperature
  - Solar irradiance
  - Wind speed and direction
  - Precipitation
  - Hour of the day
  - Week of the year
  - Local bank holidays
  - Covid
- → Bygger en statistisk model, der "forstår forbruget" i hver enkelt bygning (automatisk "feature selection" og "vægt" i modellen) – hver bygning er unik!

Hvordan får man en AI til at lave det sure arbejde?

- → Importerer tidsserie data på energiforbruget sammen med forklarende variable:
  - Outdoor temperature
  - Solar irradiance
  - Wind speed and direction
  - Precipitation
  - Hour of the day
  - Week of the year
  - Local bank holidays
  - Covid
- → Bygger en statistisk model, der "forstår forbruget" i hver enkelt bygning (automatisk "feature selection" og "vægt" i modellen) – hver bygning er unik!
- → Bruger den statistiske model til at forecaste hvad forbruget **ville have været** hvis vi ikke havde gjort noget.

Hvordan får man en AI til at lave det sure arbejde?

- → Importerer tidsserie data på energiforbruget sammen med forklarende variable:
  - Outdoor temperature
  - Solar irradiance
  - Wind speed and direction
  - Precipitation
  - Hour of the day
  - Week of the year
  - Local bank holidays
  - Covid
- → Bygger en statistisk model, der "forstår forbruget" i hver enkelt bygning (automatisk "feature selection" og "vægt" i modellen) – hver bygning er unik!
- → Bruger den statistiske model til at forecaste hvad forbruget **ville have været** hvis vi ikke havde gjort noget.
- → Måler på forskellen mellem det forecastede forbrug og det faktiske forbrug.

Hvordan får man en AI til at lave det sure arbejde?

- → Importerer tidsserie data på energiforbruget sammen med forklarende variable:
  - Outdoor temperature
  - Solar irradiance
  - Wind speed and direction
  - Precipitation
  - Hour of the day
  - Week of the year
  - Local bank holidays
  - Covid
- → Bygger en statistisk model, der "forstår forbruget" i hver enkelt bygning (automatisk "feature selection" og "vægt" i modellen) – hver bygning er unik!
- → Bruger den statistiske model til at forecaste hvad forbruget **ville have været** hvis vi ikke havde gjort noget.
- → Måler på differencen mellem det målte forbrug og det faktiske forbrug.
- → 95% konfidensinterval viser hvor "sikker" modellen er på forståelse for bygningen.

Actions / **Operating hours for ventilation changed**

Operating hours for ventilation changed

Site:

Edit details

Annualized Savings

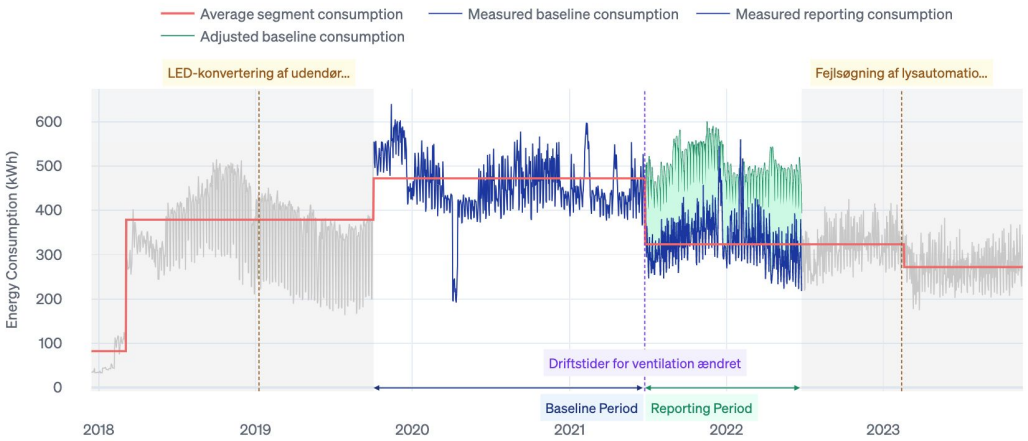
57 MWh

12 tCO_2e | 104,671 DKK

Total Verified Savings in 365 days 32% Decrease

Energy	Carbon	Cost
57,197 ± 1,700 kWh	12,046 ± 300 $kgCO_2e$	104,671 ± 3,000 DKK

Hourly | Daily | Weekly



Baseline Period	Oct. 3, 2019 - June 24, 2021
Installation Date	June 25, 2021
Reporting Period	June 26, 2021 - June 25, 2022

Actions / Varmecentral renoveret ny vvb+veksler

Varmecentral renoveret ny vvb+veksler

Edit details

Site:

Annualized Savings

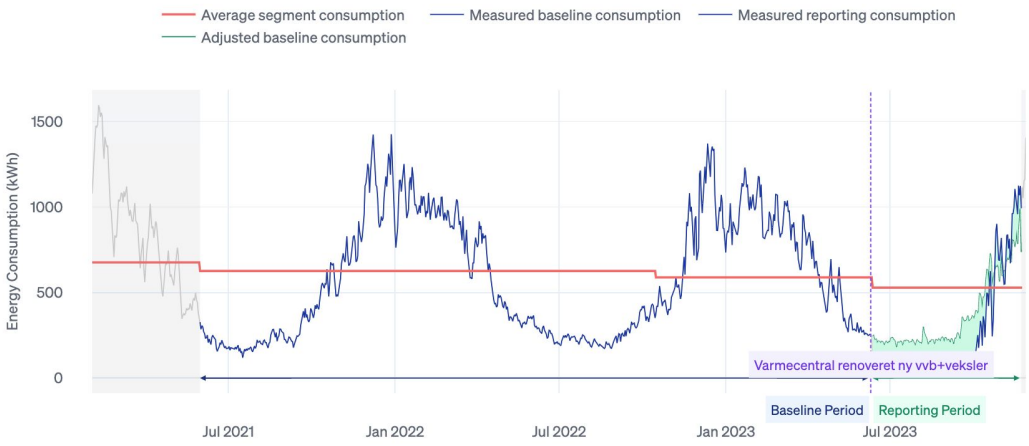
67 MWh

5 tCO_2e | 39,767 DKK

Total Verified Savings in 171 days 31% | Running

Energy	Carbon	Cost
18,342 ± 2,900 kWh	1,368 ± 200 $kgCO_2e$	10,913 ± 2,000 DKK

Hourly | Daily | Weekly



Baseline Period	May 31, 2021 - June 9, 2023
Installation Date	June 10, 2023
Reporting Period	June 12, 2023 - June 10, 2024

Verifications / Fjernvarme - 2021 vs 2023

Fjernvarme - 2021 vs 2023

Site: H

Edit details

Annualized Savings

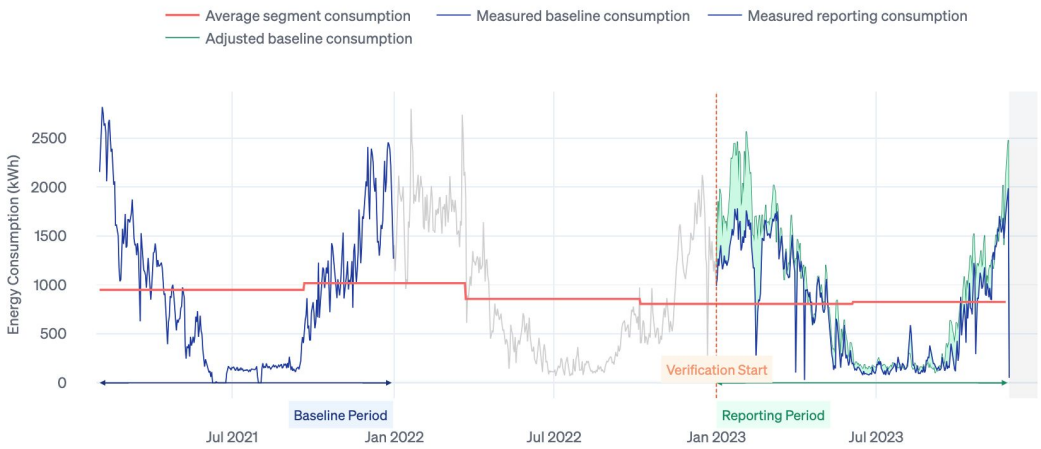
72 MWh

5 tCO_2e | 42,696 DKK

Total Verified Savings in 333 days 19% | Running

Energy	Carbon	Cost
59,794 ± 12,100 kWh	4,460 ± 900 $kgCO_2e$	35,577 ± 7,000 DKK

Hourly | Daily | Weekly



Baseline Period	Feb. 1, 2021 - Dec. 31, 2021
Reporting Period	Jan. 1, 2023 - Dec. 31, 2023
Verification Progress	333/365 days

Verifications / **Daginstitutioner - 2021 vs. 2023**

Daginstitutioner - 2021 vs. 2023

Edit details

Industry: Aldersintegrerede institutioner
Number of sites: 7

Annualized Savings

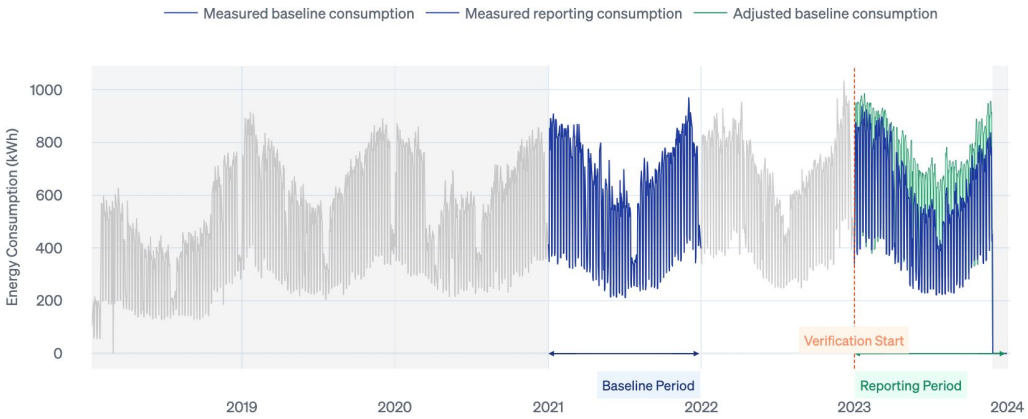
34 MWh

6 tCO_2e | 61,760 DKK

Total Verified Savings in 333 days 14% | Running

Energy	Carbon	Cost
30,272 ± 2,100 kWh	**5,495** ± 400 $kgCO_2e$	**55,399** ± 4,000 DKK

Hourly | Daily | Weekly



Baseline Period	Jan. 1, 2021 - Dec. 31, 2021
Reporting Period	Jan. 1, 2023 - Dec. 31, 2023
Verification Progress	333/365 days

Verifications / **Daginstitutioner - 2021 vs. 2023**

Daginstitutioner - 2021 vs. 2023

Edit details

Industry: Aldersintegrerede institutioner
Number of sites: 7

Annualized Savings

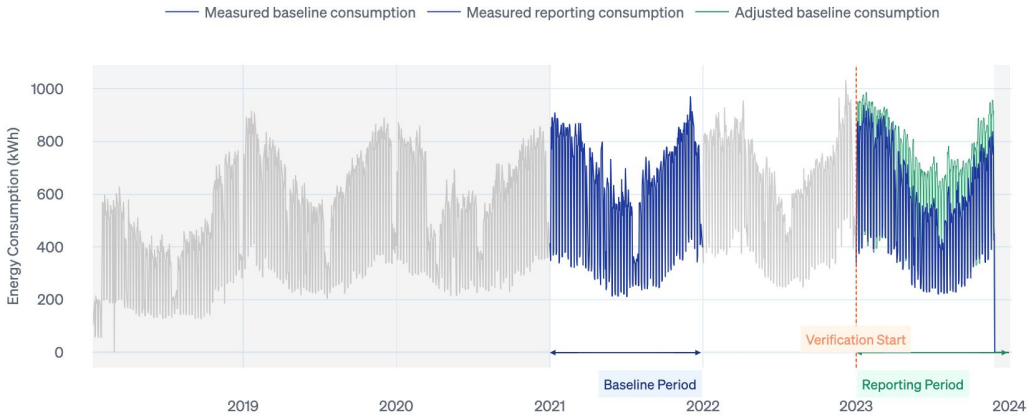
34 MWh

6 tCO_2e | 61,760 DKK

Total Verified Savings in 333 days 14% | Running

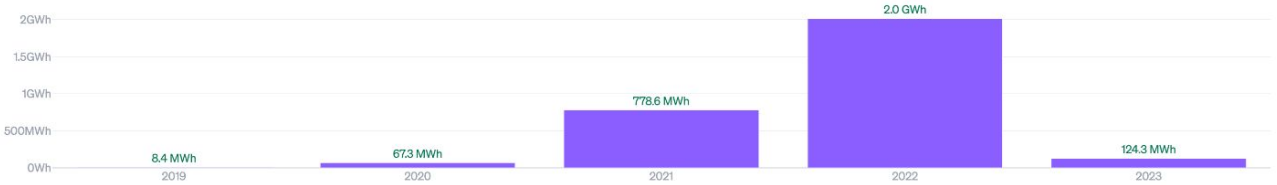
Energy	Carbon	Cost
30,272 ± 2,100 kWh	**5,495** ± 400 $kgCO_2e$	**55,399** ± 4,000 DKK

Hourly | Daily | Weekly



Baseline Period	Jan. 1, 2021 - Dec. 31, 2021
Reporting Period	Jan. 1, 2023 - Dec. 31, 2023
Verification Progress	333/365 days

Annualized Savings for Registered Actions



Total Annualized Savings

2,992 MWh

349 tCO_2e | 3,863,698 DKK | 2,296 m^3

Savings are equivalent to:

- 78 yearly passenger car emissions — 349 tCO_2e

Showing 1 to 50 of 70 actions

Register Action | Filters | Toggle Columns | CSV | Excel | Quick Search ...

Previous 1 2 Next

Date	Site	Action	Type	Assigned	Status	Verification Progress	Annualized Savings Energy	Annualized Savings Carbon	Annualized Savings Cost	Annualized Savings Volume	Savings vs Expec
13.04.202		Lysoptimering v. publikum i Hørsholm Hallen	Electricity		Decrease	300/300 days	24 MWh	4 tCO_2e	44,264 DKK	-	-
11.06.202		Diverse indstillinger af ventilationsanlæg	Electricity		Decrease	272/272 days	33 MWh	7 tCO_2e	60,594 DKK	-	-
04.12.202		Diverse indstillinger af ventilationsanlæg	Electricity		Decrease	133/133 days	63 MWh	11 tCO_2e	114,787 DKK	-	-
12.05.202		Energirenovering af VE01 installation 2 stk kammerventilator m. frekvensformer	Electricity		Decrease	365/365 days	6 MWh	1 tCO_2e	11,670 DKK	-	-
09.01.201		LED-konvertering af udendørsbelysning	Electricity		Decrease	898/898 days	8 MWh	2 tCO_2e	15,359 DKK	-	117%
21.05.202		Eltracing er slukket	Electricity		Decrease	365/365 days	7 MWh	1 tCO_2e	12,298 DKK	-	-
25.06.202		Driftstider for ventilation ændret	Electricity		Decrease	365/365 days	57 MWh	12 tCO_2e	104,671 DKK	-	-
14.03.202		Montering af automatik til lysstyring+ lovliggørelse	Electricity		Decrease	798/798 days	5 MWh	0.812 tCO_2e	8,455 DKK	-	-

Lidt at tænke over..

- → Hvornår er noget en besparelse?
  - Toilet løber i 24 timer.. Kan jeg dokumentere en årlig besparelse? Hvad hvis toilettet havde løbet i 2 år?
- → Vær opmærksom på baseline perioden. Er der sæsonudsving i forbruget, så sørg for at have sæsoner med i både baseline og rapporteringsperioden.
  - For kort = dårlig forståelse. For lang = muligvis ikke representativt for driften op til ændringen.
- → Kan man bruge IPMVP til ESCO-finansiering?
  - "Fælles spilleregler" og mindre diskussion om måling af effekten.
- → Skal energiprojekter tage højde for "bounce" effekter?
  - Højere indetemperatur efter ny facade..
  - Opgradering af belysning = større behov for varmetilførsel..
- → De største energibesparelser på tværs af 2000 energiprojekter i Ento har ikke kostet noget..