

# INTRODUKTION TIL SYSTEMMYDELSER

## SMARTWATTS

### Vores rolle i fremtidens energiforvaltning

Energisystemet i Danmark og store dele af verden gennemgår en omfattende transformation, hvor integrationen af vedvarende energi såsom vind- og solenergi bliver stadig vigtigere for at opfylde målsætningerne om bæredygtighed og klimaneutralitet.

#### **HEATSAVE**

Helge Nielsens Alle 7B  
8723 Løsning  
kontakt@heatsave.dk  
tel: +45 70 60 56 25



# Indholds oversigt

Introduktion	03
Frekvensregulering	04
Energistyringsystem	05
Avancerede systemydelser	06
Balancemarkeder	08
Spot Trading	09
Case-eksempler	10
Fremtiden	11



# Introduktion til systemydelser

## Baggrund for systemydelser

I takt med at energiproduktionen bliver mere uforudsigelig og afhængig af vejret, stiger behovet for systemydelser. Systemydelser er en bred betegnelse for de værktøjer og ressourcer, der opretholder stabilitet og balance i elnettet, og som anvendes af transmissionsoperatører såsom Energinet i Danmark

## 01

### SMARTWATTS

## Hvad er systemydelser og hvorfor er de nødvendige?

Systemydelser er afgørende for at opretholde stabiliteten i elnettet ved at balancere produktion og forbrug. I Danmark opdeles de i tre hovedkategorier: frekvensstabilisering (FCR), frekvensgenopretning (aFRR) og balanceudligning (mFRR). Disse ydelser kan aktiveres automatisk eller manuelt og beskytter mod de ubalancer, der opstår fra variationer i energiproduktion og forbrug.

Danmark er opdelt i to elområder: DK1 (Vestdanmark), der er tilknyttet det kontinentaleuropæiske elnet, og DK2 (Østdanmark), som er en del af det nordiske net. Energinet er ansvarlig for balancen i disse områder og køber systemydelser fra markedsaktører som SmartWatts og EWII. Gennem deres samarbejde leveres fleksible løsninger, der sikrer stabilitet og økonomiske fordele for både erhverv og private.



# Frekvensregulering og systemydelse

## 1.1 Frekvensstabilisering (FCR - Frequency Containment Reserve)

Frekvensstabilisering (FCR) er den hurtigst reagerende systemydelse og fungerer som det første forsvar mod ubalancer i elnettet. Når frekvensen i nettet afviger fra de normale 50 Hz, aktiveres FCR inden for få sekunder for at stabilisere strømforsyningen. Dette sker automatisk ved, at produktions- og forbrugsenheder justerer deres ydelse for at genoprette balancen.

I Danmark er FCR opdelt i to elområder: DK1 (Vestdanmark), der er forbundet med det kontinentaleuropæiske system, og DK2 (Østdanmark), som er del af det nordiske net. Disse områder kræver forskellige krav til frekvensregulering.

I samarbejde med EWII leverer SmartWatts FCR til både erhverv og private ved hjælp af avancerede energistyringssystemer. Systemet overvåger kontinuerligt strømforbrug og produktionsdata, hvilket gør det muligt at reagere hurtigt på frekvensudsving ved hjælp af batterilagring, solcelleanlæg og fleksible forbrugsenheder. Dette sikrer stabilitet og reducerer både energispild og omkostninger.

## 1.2 Frekvensgenopretning (aFRR - Automatic Frequency Restoration Reserve)

Frekvensgenopretning (aFRR) er en sekundær systemydelse, der aktiveres automatisk ved større og mere vedvarende frekvensudsving, som FCR ikke kan håndtere alene. Når frekvensen i elnettet afviger væsentligt fra de normale 50 Hz, sikrer aFRR en gradvis genopretning af balancen over en længere periode ved at justere produktion og forbrug.

Energinet køber aFRR både som kapacitets- og aktiveringsydelse i både DK1 og DK2 gennem daglige auktioner. Markedsaktører som SmartWatts og EWII tilbyder kapacitet ved at stille deres fleksible produktions- og forbrugsenheder til rådighed, hvilket sikrer hurtig respons ved behov.

SmartWatts integrerer aFRR ved at kombinere dataanalyse og machine learning til at forudsæ elforbrug og produktion. Platformen tilpasser energiforbruget ved at aktivere batterilagring, elbil-ladere og varmepumper, hvilket gør det muligt at reagere hurtigt og præcist på frekvensudsving. Samarbejdet med EWII sikrer adgang til aFRR-markedet og maksimerer økonomiske og tekniske fordele for kunderne.

## 1.3 Balanceudligning (mFRR - Manual Frequency Restoration Reserve)

Balanceudligning (mFRR) er en tertiær systemydelse, der aktiveres manuelt for at korrigere større og længerevarende ubalancer i elnettet. mFRR bruges typisk, når produktionsnedbrud eller pludselige stigninger i elforbrug skaber store afvigelser, som kræver omfattende justeringer af energiforsyningen.

Energinet køber både mFRR-kapacitet og aktiveringsydelser gennem daglige auktioner i både DK1 og DK2. Aktører som SmartWatts og EWII kan tilbyde kapacitet ved at stille fleksible produktions- og forbrugsenheder til rådighed, som hurtigt kan tilpasses efter behov.

SmartWatts' energistyringsplatform gør det muligt at aktivere varmepumper, batterier og store elforbrugere på tidspunkter, hvor Energinet kræver ekstra strøm. Dette sker i tæt samarbejde med EWII, som sikrer adgang til mFRR-markedet og koordinerer budgivningen i både DK1 og DK2. Ved at kombinere avancerede dataanalyser og markedskendskab kan SmartWatts optimere balancen i elnettet og samtidig opnå økonomiske fordele gennem betaling for kapacitet og aktivering.



# Hvordan **SMARTWATTS** integrerer systemydelser i sin energistyringsteknologi

Smartwatts' energistyringssystem er designet til at optimere forbrug og produktion gennem en række automatiserede og intelligente processer. Ved at integrere systemydelser i sin styringsteknologi kan Smartwatts tilpasse sig dynamikken i elsystemet og reagere på de forskellige markedsmekanismer og tekniske krav, der opretholder stabilitet i nettet. Nedenfor gennemgås, hvordan Smartwatts anvender disse mekanismer til at sikre stabilitet og økonomiske fordele for sine kunder.

## 2.1 Dataindsamling og Real-Time Analyse

En af de centrale komponenter i Smartwatts' teknologi er dens evne til at indsamle, analysere og anvende real-time data. Ved konstant at overvåge data fra både elforbrug, produktion og frekvensændringer kan Smartwatts hurtigt identificere, hvornår der er behov for at justere energiforbruget eller produktionen. Med disse data kan platformen afgøre, om der skal aktiveres FCR, aFRR eller mFRR, og hvilke ressourcer der skal bruges til at opretholde balancen i systemet.

Dataanalyse gør det også muligt at forudsige fremtidige behov og optimere energiforbruget på tværs af flere tidspunkter og energikilder. Dette betyder, at Smartwatts kan justere og planlægge energiforbruget efter de mest omkostningseffektive tidspunkter og bidrage til at holde elpriserne lave for kunderne. For eksempel kan batterier oplades, når strømmen er billig, og energien kan frigives, når efterspørgslen stiger, og strømprisen er højere. Dette kaldes ofte "peak shaving," hvor man undgår at købe energi, når prisen er høj, og i stedet anvender lagret energi.

## 2.2 Avanceret Energistyring med AI og Maskinlæring

Smartwatts benytter avancerede algoritmer og AI-baserede systemer til at optimere energiforbruget baseret på prognoser for både forbrug og produktion. Ved at anvende maskinlæring kan Smartwatts forudse, hvornår det vil være mest fordelagtigt at aktivere forskellige energikilder. Algoritmerne justerer kontinuerligt energiforbruget og opretholder et optimalt niveau af energiforsyning, hvilket ikke kun gavner brugerne økonomisk, men også understøtter den generelle stabilitet i elsystemet.

Når Smartwatts fx forudser en stigning i strømpriser eller en faldende produktion fra solceller, kan platformen proaktivt tilpasse sig ved at forberede batterierne på at tage over eller ved at aktivere reservemidler. Samtidig gør AI det muligt for systemet at lære fra tidligere mønstre og udvikle en stadigt mere præcis model for, hvornår og hvordan energien skal bruges. Dette reducerer afhængigheden af dyre eksterne energikilder og sikrer, at kunderne har et økonomisk fordelagtigt energiforbrug.





# Systemydelsler i samarbejde med EWII

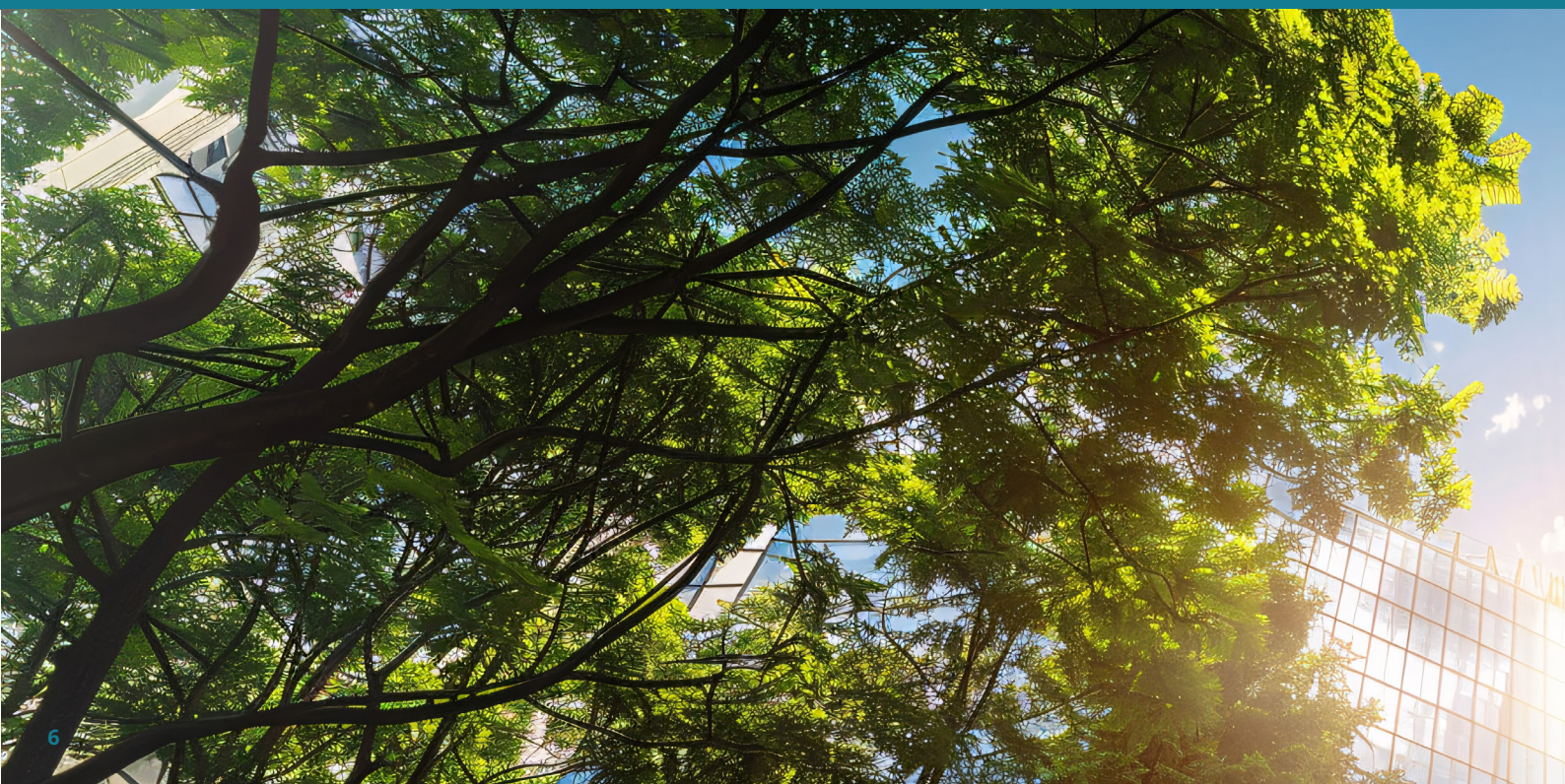
Energinet sikrer stabilitet i elnettet gennem en række forskellige frekvensregulerende reserver. Smartwatts arbejder tæt sammen med EWII for at udnytte potentialet i disse ydelser til at levere et intelligent, automatiseret energistyringssystem, der kan reagere hurtigt og effektivt på de skiftende forhold i energimarkedet. For at opnå dette er det afgørende at forstå de unikke egenskaber ved systemydelsler som FFR, FCR-D og FCR-N.

## Fast Frequency Reserve (FFR)

Fast Frequency Reserve (FFR) er en yderst hurtig reserve, der aktiveres i situationer med lav inert i elsystemet – det vil sige, når systemets evne til at modstå hurtige frekvensændringer er begrænset. FFR er specielt designet til hurtigt at stabilisere frekvensen i systemet, hvilket gør den ideel til perioder med høj variabilitet i energiproduktionen fra vind og sol. Denne reserve bliver særlig relevant om sommeren, hvor den lavere energieferspørgsel reducerer den samlede inert i systemet. Aktiveringen af FFR sker inden for få sekunder, og det er derfor en meget hurtig og effektiv metode til at modvirke pludselige frekvensfald.

### Integration i Smartwatts:

I Smartwatts' platform muliggør FFR, at systemet kan reagere lynhurtigt, når der opstår ubalancer i elnettet. Ved at kombinere dataindsamling og real-time frekvensmåling kan Smartwatts integrere FFR-aktiveringer direkte i energistyringen. Dette sker i samarbejde med EWII, som hjælper med at levere kapacitet til FFR-markedet, hvor der dynamisk indgives bud time for time. Når Smartwatts' system registrerer et behov for frekvensstabilisering, kan det hurtigt udnytte batterilagring eller reducere energiforbruget i større enheder. Gennem FFR kan Smartwatts bidrage til netstabilitet, især under uforudsete driftsforstyrrelser, hvilket understøtter platformens langsigtede mål om at sikre driftssikkerhed for kunderne.





### **Frequency Containment Reserve - Disturbance (FCR-D)**

Frequency Containment Reserve - Disturbance (FCR-D) er en reserve, der aktiveres under større frekvensforstyrrelser, eksempelvis ved udfald af større produktionsenheder eller transmissionslinjer. FCR-D reagerer, når frekvensen falder under 49,9 Hz eller overstiger 50,1 Hz, hvilket kan ske under alvorlige driftsforstyrrelser. Denne reserve skal levere kapacitet meget hurtigt og stabilisere frekvensen, inden situationen udvikler sig til en trussel mod elsystemets integritet.

#### **Integration i Smartwatts:**

Gennem FCR-D kan Smartwatts tilbyde en høj grad af driftsstabilitet til erhvervs- og privatkunder ved at agere som en buffer mod store frekvensudsving. Sammen med EWII deltager Smartwatts i det dansk-svenske FCR-D marked, som kræver høj reaktionsevne fra energilagringenheder som batterier og invertorer. FCR-D bruges i Smartwatts' energistyring ved at koble platformens overvågningssystem med hurtige reserver, der kan frigive eller absorbere energi efter behov. Når en uventet forstyrrelse rammer nettet, kan Smartwatts hurtigt aktivere de relevante ressourcer til at stabilisere frekvensen og sikre kontinuerlig drift for kunderne.

### **Frequency Containment Reserve - Normal (FCR-N)**

Frequency Containment Reserve - Normal (FCR-N) arbejder inden for det normale frekvensområde og sikrer, at små frekvensændringer holdes under kontrol. FCR-N reagerer, når frekvensen ligger mellem 49,9 Hz og 50,1 Hz, og aktiveres, når der opstår mindre afvigelser i produktion og forbrug. Denne reserve kan aktiveres kontinuerligt og er designet til at finjustere frekvensen i hele driftsdøgnet.

#### **Integration i Smartwatts:**

FCR-N er vigtig for Smartwatts, fordi den giver mulighed for at stabilisere frekvensen gennem mindre, men vedvarende justeringer i energiforbruget. Samarbejdet med EWII gør det muligt for Smartwatts at deltage på FCR-N markedet gennem et fælles svensk-dansk marked med daglige auktioner. Dette skaber et fleksibelt og dynamisk miljø, hvor Smartwatts kan byde ind med kapacitet på timebasis, afhængigt af de skiftende behov i elnettet. Ved at integrere FCR-N kan Smartwatts holde energiforbruget stabilt og derved levere en pålidelig løsning, der tilpasser sig efter behovet på markedet, hvilket styrker kundernes forsyningssikkerhed.



# Balancemarkeder og strategiske brugerfordele

Balancemarkederne, herunder aFRR kapacitetsmarkedet og mFRR energiaktiveringsmarkedet, spiller en afgørende rolle i Smartwatts' energistyring. Disse markeder giver Smartwatts mulighed for at handle aktivt og hurtigt på ubalancer i elnettet og optimere omkostningerne gennem fleksibilitet og præcision i energiforbruget.

## Automatic Frequency Restoration Reserve (aFRR)

aFRR bruges til at genoprette systemets balance efter frekvensudsving og fungerer både som kapacitets- og aktiveringsmarked. Energinet køber kapacitet dagligt og aktiverer reserverne ved behov. SmartWatts og EWII arbejder tæt sammen om at tilbyde kapacitet i aFRR-markedet og sikre hurtig respons ved ubalancer.

### Hvordan fungerer det?

EWII byder kapacitet ind gennem daglige auktioner.

Når systemet oplever en ubalance, sender Energinet et signal, og SmartWatts' platform aktiverer batterier og justerer forbrugsenheder for at stabilisere systemet.

## Manual Frequency Restoration Reserve (mFRR)

mFRR fungerer som et aktiveringsmarked, der aktiveres manuelt ved større og længerevarende ubalancer. SmartWatts samarbejder med EWII om at stille kapacitet til rådighed i mFRR-markedet og tjene indtægter gennem både rådigheds- og aktiveringsbetalinger.

### Økonomiske fordele for kunderne:

Indtægter fra både kapacitets- og aktiveringsbetalinger.

Ved at op- og aflade batterier gennem deltagelse i mFRR-markedet kan kunderne købe og sælge strøm mere fleksibelt. Dette reducerer afhængigheden af at handle direkte på spotbørsen og gør det muligt at drage fordel af markedets udsving.



# Spot Trading og økonomisk optimering i samarbejde med EWII

## Hvad er Spot Trading?

Spot trading handler om at købe og sælge el på det daglige elmarked, hvor priserne fastsættes time for time baseret på udbud og efterspørgsel. SmartWatts samarbejder med EWII for at udnytte markedets svingninger og opnå de laveste elpriser.

## Hvordan fungerer Spot Trading?

### 1. Prisovervågning:

- SmartWatts' AI-plattform overvåger konstant elmarkedet og analyserer fremtidige elpriser baseret på data fra markedets prissignaler.
- Når priserne forventes at stige, køber systemet strøm i forvejen og oplagrer den i batterisystemer.

### 2. Lagerstyring (Peak Shaving):

- Når priserne er lave, oplader SmartWatts' system batterier og lagrer overskudsenergi fra solceller og andre vedvarende energikilder.
- Når priserne stiger, bruges lagret energi til at dække energibehovet i stedet for at købe dyr strøm.

### 3. Integration med EWII's Handelsplatform:

- EWII bruger deres markedsadgang til at handle større mængder el i Energinets elmarked.
- SmartWatts optimerer energiforbruget baseret på EWII's købsaftaler og markedsprognoser.

### Fordele for Kunderne:

- Lavere elregninger: SmartWatts' automatiske handelssystem sikrer, at kunderne kun køber strøm, når priserne er lavest
- Mindre afhængighed af Markedspriser: Ved at kombinere handel med energilagring kan kunderne undgå de højeste spotpriser.
- Bæredygtig energistyring: Brug af vedvarende energikilder og lagerkapacitet betyder, at SmartWatts kan reducere CO<sub>2</sub>-aftrykket.

## Sammenfatning og fremtidsperspektiver for Smartwatts' brugeroplevelse

Smartwatts' samarbejde med EWII styrker integrationen af systemydelser som FFR, FCR-D, FCR-N og balancemarkederne i deres energistyringsteknologi. Gennem en dyb forståelse af disse markeder og deres muligheder kan Smartwatts skabe en omkostningseffektiv og stabil løsning, der reducerer kundernes energiforbrug og fremmer bæredygtige energivaner. Samarbejdet omkring spot trading sikrer yderligere en økonomisk fordel ved at gøre det muligt at handle på markedets udsving og reducere de samlede energiomkostninger.

Disse systemydelser skaber også et solidt grundlag for Smartwatts til at udvikle sig yderligere som en integreret aktør i fremtidens intelligente elnet. Ved at udnytte de teknologiske muligheder i real-time dataanalyse, AI og maskinlæring er Smartwatts i stand til at levere avancerede energistyringsløsninger, der er tilpasset de dynamiske markedsforhold og kundernes individuelle behov.

# Case-eksempler

For at give et klart billede af, hvordan Smartwatts udnytter systemydelser i praksis, præsenteres her en række case-eksempler og scenarier. De illustrerer, hvordan Smartwatts kan reagere under forskellige omstændigheder ved hjælp af sin integration med EWII og avancerede styringsalgoritmer. Disse eksempler viser også, hvordan fleksibilitet og hurtig reaktion kan opnå både økonomiske fordele og styrke kundernes forsyningsikkerhed.

## Case 1: Brug af FFR under en sommerspids

Sommeren er kendetegnet ved lavere elforbrug og dermed også lavere systeminerti, hvilket kan skabe sårbarhed for frekvensudsving. I dette scenarie opstår en hurtig nedgang i solproduktionen på grund af skydække, mens vindproduktionen også er lav. Som følge heraf falder frekvensen hurtigt under 49,9 Hz. Ved at have FFR aktiveret og tilgængelig kan SmartWatts hurtigt reagere. Systemet modtager signaler om den faldende frekvens, og på få sekunder aktiveres en række lagrede energikilder, især batterilagring, som hurtigt kan levere ekstra energi. Gennem samarbejdet med EWII kan SmartWatts sikre, at den tilgængelige kapacitet på FFR-markedet anvendes effektivt, hvilket gør det muligt at levere de nødvendige reserver og stabilisere frekvensen inden for få sekunder. Dette skaber sikkerhed for alle tilkoblede enheder og undgår potentielle afbrydelser.

## Case 2: Håndtering af FCR-D ved nedbrud på store enheder

Forestil dig, at der sker en større frekvensforstyrrelse i Østdanmark. SmartWatts aktiverer automatisk FCR-D og anvender energireserver fra batterier og fleksible forbrugsenheder, der hurtigt kan kompensere for ubalancer.

**Løsning med Smartwatts og FCR-D:** Med FCR-D integreret kan Smartwatts hurtigt aktivere energireserver, som udnytter data fra real-time målinger til at identificere behovet for øjeblikkelig opregulering. I samarbejde med EWII kan Smartwatts bidrage med kapacitet fra batterier og fleksible forbrugsenheder, som justerer deres belastning for at imødegå faldet i produktionen. På denne måde kan Smartwatts støtte frekvensen og modvirke nedbrud, hvilket skaber et stabilt og sikkert miljø for kunderne.

## Case 3: Optimal brug af FCR-N for kontinuerlig frekvensregulering

Frekvensudsving i elsystemet opstår konstant og kan skyldes mindre afvigelser i forbrug og produktion. FCR-N bruges til at regulere disse små, men vedvarende udsving.

**Løsning med Smartwatts og FCR-N:** I dette tilfælde kan Smartwatts integrere FCR-N gennem EWII's daglige auktionsplatform, hvor der bydes på timebasis. Med dette setup kan Smartwatts konstant tilpasse forbruget og produktionen i små mængder og sikre, at frekvensen holdes tæt på 50 Hz. Dette gøres ved at bruge systemets AI-algoritmer til at analysere data og foretage små justeringer i energiforbruget, så kunderne kan opleve et konstant stabilt strømforbrug uden afbrydelser eller unødvendige prisstigninger.



# Økonomiske fordele og fremtidige muligheder for SMARTWATTS kunder

## Omkostningsbesparelser gennem systemydelser og spot trading

Ved at deltage i systemydelser og spot trading kan Smartwatts reducere kundernes samlede energiregninger. Deltagelse i aFRR og mFRR-markederne giver mulighed for at tjene indtægter gennem rådighedsbetaling og aktiveringsbetaling, som reducerer omkostningerne ved energiforbrug.

**Eksempel på Besparelser:** Ved at stille 100 kWh kapacitet til rådighed på mFRR-markedet kan Smartwatts opnå betaling for både tilgængelighed og aktivering. Når der er overskudskapacitet på grund af lavere efterspørgsel fra kunderne, kan Smartwatts tjene penge på at stille denne kapacitet til rådighed for Energinet. Indtægterne fra markedet bruges til at reducere kundernes månedlige regninger.

## Forudsigelser om Energiforbrug og Prisoptimering

Med maskinlæring og predictive analytics kan Smartwatts udvikle præcise forudsigelser for energipriser og -forbrug. Ved at analysere historiske data og real-time markedsinformation kan Smartwatts tilbyde kunderne en løsning, hvor energiforbruget planlægges efter de laveste priser.

**Fremtidige Fordele:** Gennem samarbejdet med EWII kan Smartwatts forbedre sine forudsigelsesmodeller og skabe en mere fleksibel energiforsyning, der gør det muligt for kunderne at tilpasse deres forbrug til de bedste priser. Dette vil især være en fordel, når markedet i fremtiden bliver endnu mere dynamisk.





Helge Nielsens Alle 7B  
8723 Løsning  
kontakt@heatsave.dk  
tel: +45 70 60 56 25



**EWii**  
**Claus Møller**

Direktør for Kommerciel Infrastruktur



**HEATSAVE**  
**Claus Rønnow**

Administrerende Direktør / Partner