

Målinger og analyser, D26

Projektet skal følge op på erfaringerne med [energirenoveringsprojektet](#) ved en række målinger (2014-2015) der kan give andre beboere og offentligheden bedre indsigt i hvilke fordele der kan opnås ved forskellige typer af energirenovering - og hvad der kan spares ved hvert enkelt tiltag: Isolering, solceller, ventilation med varmegenindvinding, dag- og natsænkning af termostater, mv.

Målingerne kan sammenlignes med et tilsvarende rækkehus uden energirenovering. Evalueringen kan vise de faktiske effekter og besparelser – fordelt på hver enkelt energibesparende tiltag, herunder

- Energiforbrug til opvarmning efter isolering.
- Besparelse ved Danfoss Air ventilation til sammenligning med ventilation uden varmegenindvinding.
- Energibesparelse ved Danfoss Living Connect med dag- og natsænkning.
- Strømproduktion og -forbrug dag for dag så rentabilitet af solcelleanlæg efter de nye regler (2013) kan beregnes.

Nedenfor gennemgås de planlagte målinger og de analyser der kan gennemføres på baggrund af målingerne. Den samlede afrapportering fra projektet vil omfatte både disse kvantitative målinger/analyser og andre kvalitative vurderinger af energirenoveringen (miljø, komfort, æstetik mv.).

1 Målinger

Målingerne omfatter temperatur, luftfugtighed, fjernvarme, ventilation samt elforbrug og -produktion.

1.1 Temperatur

Måles konstant i alle rum samt udendørs, se bilag A.

1.2 Luftfugtighed

Måles konstant i stue og trapperepos, se bilag A.

1.3 Fjernvarmeforbrug

Følgende værdier aflæses manuelt, 1 gang pr. uge:

- Forbrugt energi, E1, MWh
- Forbrugt fjernvarmevand, vol, m³
- Antal driftstimer, h
- Aktuel fremløbstemperatur, t1, °C
- Aktuel returløbstemperatur, t2, °C
- Aktuel differenstemperatur (afkøling), t1-2, k
- Aktuelt vandflow, vol, l/h
- Aktuel varmeeffekt, kW
- volA
- volB

- Forbrugt fjernvarmevand til vandvarmer, m³
- Forbrugt forbrugsvand, m³

1.4 Ventilation

Elforbruget til ventilationsanlæg aflæses manuelt, 1. gang pr. uge, kWh.

Danfoss Link CC logger ca. 170MB data/uge, inkl. temperatur i alle rum, ventilationsvolumen, luftfugtighed, indgående temperatur, udgående temperatur, temperaturafkast, mm. 32 GB USB er indkøbt til log data. Log-data skal først til Danfoss før de kan aflæses.

1.5 El

Elforbruget (samlet husstand) aflæses manuelt, 1. gang pr. uge, kWh.

Elforbruget logges også af de to opsatte målere fra Teknologisk Institut som kan aflæses med Kamstrup udstyr.

Elforbrug til ventilation måles med [BX-11 Energimåler](#) og aflæses manuelt 1. gang pr. uge.

El-produktion (solceller) aflæses manuelt, 1. gang pr. uge, kWh.

El-produktionen logges af Sunny Webbox (og vises på internettet via [Sunny Portal](#)). Data opdateres/logges hver 4. time.

El-produktionen logges også på SunnyView's backup (32 GB micro SDHC kort indkøbt).

2 Analyser

2.1 Samlet energibesparelse

Effekten af alle energibesparende tiltag måles i forhold til fjernvarmeforbruget til opvarmning:

- Sammenligning af fjernvarmeforbruget pr. år med tidligere år før energirenoveringsprojektet.
- Der korrigeres for udetemperatur (graddagekorrigeres).
- Der korrigeres for fjernvarmevand til vandvarmer (måles som del af projektet og antages ens alle år).
- Fjernvarmeforbruget kan tillige vises grafisk uge for uge, dog uden sammenligning med tidligere år før isolering.
- Effekten af isolering kan estimeres ved at fratække bidrag fra nat- og dagsænkning af termostater (se afsnit 2.4) og ventilation med varmegenindvinding (se afsnit 2.5).

2.2 Isolering af gavl

Tidligere målinger i Godthåbsparken har vist, at enderækkehuse bruger væsentlig mere fjernvarme end huse uden endegavl.

Effekten af isoleringen af gavlen måles ved sammenligning med tilsvarende vestvendt uisolert gavlhus. I begge huse måles:

- Temperaturen ved gavlen: Testo 174 måler (se bilag A) sættes indvendigt på gavlvæggen og isoleres med styrofoam så kun væggen temperatur måles.
- Temperatur i stuen måles med anden Testo 174H måler (som også måler luftfugtighed, se 2.5).
- Der sammenlignes med udetemperatur og korrigeres for forskellig indetemperatur.

2.3 Velux energigardiner

Velux vinduerne har givet mærkbart kuldenedfald, specielt om natten når der er frost. Velux energigardiner reducerer kuldenedfaldet og forbedrer vinduets isolering med op til 34 % (kilde: [Velux](#)).

Effekten af Velux energigardiner måles ved et eksperiment i januar-februar 2014:

- Temperaturen måles hvor lysskaktens møder loftet ved alle tre lysskakter (soveværelse, trapperepos, badeværelse), se bilag A.
- Temperaturen måles i rummet, se bilag A
- Velux vinduernes energigardiner programmeres til automatisk at blive trukket for når det er mørkt¹ på ugedagene mandag-onsdag-fredag-søndag (jf. 'Mit program', Velux GGL/GGU Integra brugsvejledning, pp. 38-43).
- Nedsættelsen af kuldenedfaldet sammenlignes med temperaturmålingerne hvor lysskaktens møder loftet uden brug af gardinerne (tirsdag-torsdag-lørdag) og effekten beregnes i %
- Da målingerne laves hhv. med/uden gardiner hver anden dag antages de at kunne sammenlignes uden graddagekorrektion.
- Målingerne kan sammenholdes med udetemperaturen i vindueshøjde (temperaturen på taget logges af Danfoss Link CC).

2.4 Nat- og dagsenkning af termostater

Termostatstyring, inkl. nat- og dagsenkning med Danfoss Living Connect kan give besparelse på op til 23% (kilde: [Danfoss](#)). I et tæt og velisoleret hus som Degnehusene 26 forventes dog en mindre besparelse.

Effekten af nat- og dagsenkning måles:

- Indstilling af nat- og dagsenkning holdes konstant².
- Rummenes gennemsnitstemperatur sammenlignes med komfortindstilling og forskel beregnes som besparelse. En forskel på 1 °C

¹ Mørkeperioden (twilight) i januar-februar varierer fra kl. 16:38 – 7:51 (01.01.2014) til 18:23 – 6:24 (28-02-2014) (kilde: [JekoPhoto](#)). I den periode benyttes energigardinerne fra kl. 18:30 til 6:30, dvs. i 12 timer, ½ døgn.

² Pt. haves en komfort-temperatur på 21,5 °C på 1. etage og 20,0 °C på 2. etage. Økonomitemperaturen ved nat- og dagsenkning er sat til 17 °C. Tidspunktet for senkning afhænger af ugedag og rum, fx i soveværelse kl. 22.30-5.00 og kl. 8.00-16.00 på hverdage.

mellem komfort-temperatur og gennemsnitstemperatur er ca. lig med 5% besparelse (kilde: [Bolius](#)).

Effekten af natsænkning har negativ virkning for varmekædet idet fjernvarmenettet blive yderligere belastet i morgentimerne. D26's udvendige isolering giver en stor opvarmet masse i betonelementerne. For at vurdere denne effekt laves et eksperiment for at måle afkølingen af huset:

- På udvalgte dage (fx når vi er bortrejst) slukkes der helt for varmen.
- Temperaturen måles før der slukkes – og efter 24 timer.
- Der sammenlignes med udetemperaturen.
- Der laves tilsvarende eksperimenter med uisoleret enderækkehus (se bilag A).

Living Connect termostaterne (frem) kører sammen med de oprindelige termostater (retur). Living Connect termostaten (frem) forhindrer at temperaturen bliver for høj mens den oprindelige termostat (retur) øger afkølingen (jf. [Ingeniøren](#)). Dette kan anskueliggøres ved:

- At sammenholde rummets temperatur sammenlignet med tilsvarende uisoleret enderækkehus: Fx hvor ofte stiger temperaturen til over 21,5 °C?
- At sammenligne afkølingen af fjernvarmevandet for de to huse (opgøres pr. år)

2.5 Ventilation med varmegenindvinding

Danfoss Air systemet og effekten af varmegenindvinding måles:

- Temperaturer (ind- og udgående) og ventilationsvolumen måles.
- Effekten af varmegenindvinding måles og sammenholdes med udetemperatur (effekt svinger ca. mellem 75%-95%).
- Strømforbruget til Danfoss Air måles og sammenholdes med strømforbrug for ældre RVP-ventilation med tilsvarende volumen (kan ses i specifikation for ventilator).
- Den sparede energi fra varmegenindvinding omregnes til besparelse sammenlignet med tilsvarende ventilation i RVP, hvor der ventileres uden varmegenindvinding.
- Besparelsen korrigeres for forskel i strømforbrug mellem Danfoss Air og ældre RVP-ventilation.

Danfoss Air systemet er indstillet til at holde en luftfugtigheden under³ 75%:

- Luftfugtigheden indendørs sammenholdes med luftfugtigheden udendørs (udendørs luftfugtighed måles med Danfoss Link CC eller fås fra Meteorologisk Institut).
- Luftfugtigheden indendørs med Danfoss Air sammenlignes med ældre RVP-ventilation (se bilag A).

³ Det kan dog være svært fx på en lummer-fugtig august-dag, - og systemet kan ikke tilføre fugt en knastør vinter.

2.6 Solceller

Solcellernes produktion måles og sammenholdes med strømforbrug:

- El-produktion totalt måles (kan vise rentabilitet ift. regler indtil 2013).
- El-produktion måles time for time og sammenlignes med elforbrug time for time (kan vise rentabilitet ift. regler fra 2013, jf. artikel i [Ingeniøren](#)).
- Sammenligning af el-produktion og forbrug time for time kan give en indikation på effekt ved investering i intelligent el-styring, opladning af el-bil, mv.
- El-produktion offentligøres på internettet og sammenholdes med relativ besparelse i CO₂, tilsvarende antal km. kørt i bil og antal træer der skal til for at optage CO₂ mængden.

2.7 Afkøling

Isoleringen hjælper også til, at huset ikke bliver for varmt om sommeren.

Danfoss Air systemet kan stilles til at køre med 'bypass' og afkøle huset om natten. Velux vinduerne kan programmeres til at lave 'energibalance' automatisk at ventilere/afkøle huset (jf. 'Energibalance', Velux GGL/GGU Integra brugsvejledning, pp. 52-59). Den samlede effekt af afkølingen kan illustreres ved sammenligning med tilsvarende vestvendt uisolere gavlhus. I begge huse måles:

- Temperaturen i et eller flere rum på 1. sal. Her forventes en væsentlig større overophedning i det uisolerede hus ved høje udendørstemperaturer/hedebølger.

Bilag A: Temperatur og luftfugtighed

Temperaturen måles med 8 stk. [Testo 174 Data Logger](#) fra MicroDAQ. Målerne kalibreres før og efter ibrugtagning. Temperaturen i alle rum logges tillige med Danfoss Link CC. Link CC logger også luftfugtigheden.



Testo 174 målerne er nummeret 5-12:

- Nr. 5: Temperatur, udendørs
- Nr. 6: Temperatur og luftfugtighed, stue (1,5 m. over gulv)
- Nr. 7: Temperatur, trapperepos (1,6 m. over gulv)
- Nr. 8: Temperatur og luftfugtighed, trapperepos, under Velux vindue
- Nr. 9: Temperatur, soveværelse, under Velux vindue
- Nr. 10: Temperatur, soveværelse, rummet (1,7 m. over gulv)
- Nr. 11: Temperatur, badeværelse, under Velux vindue
- Nr. 12: Temperatur, badeværelse, rummet (1,7 m. over gulv)

Når målingerne af Velux vinduerne er færdige benyttes de ledige målere (nr. 10 og 11) til at måle temperaturen på den indvendige side af gavlvæggen i D26 samt i andet vestvendt uisoleret gavl (fx D36). Samtidig måles der temperatur og luftfugtighed i stuerne (nr. 6 og 8).