



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Automatisering af aftræk gennem brændeovn og skorsten

Miljøprojekt nr. 1511, 2013

Titel:

Automatisering af aftræk gennem brændeovn og skorsten

Redaktion:

Jesper Højer Kristensen, exodraft a/s
(tidl. Exhausto CDT)

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2013

ISBN nr.

978-87-92903-41-9

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	6
BAGGRUND OG FORMÅL	6
UNDERSØGELSEN	6
HOVEDKONKLUSIONER	7
PROJEKTRESULTATER	7
<i>Optænding</i>	8
<i>Forbrænding</i>	8
<i>Genfyring</i>	8
<i>Efterløb</i>	9
SUMMARY AND CONCLUSION	10
1 INDLEDNING	14
2 KONSTANTTRYKREGULERINGEN	15
3 BRUG AF KONSTANTTRYKREGULERINGEN	16
3.1 KOMPONENTERNE	16
3.1.1 <i>Betjeningspanelet</i>	16
3.1.2 <i>Reguleringsenhed</i>	17
3.1.3 <i>Temperaturføler</i>	17
3.2 VED DRIFT AF BRÆNDEOVNEN	18
3.2.1 <i>Optænding</i>	18
3.2.2 <i>Forbrænding</i>	20
3.2.3 <i>Genfyring</i>	20
3.2.4 <i>Efterløb</i>	20
4 MARKEDSPOTENTIALE FOR LØSNINGEN	22
UDBYGNING AF SYSTEMET.	22
5 KONKLUSION	24

Bilag A - Test af konstanttrykreguleringen

Bilag B - Miljøstyrelsen – Fyr miljørigtigt med brændeovnen

Forord

*Den 1.3.2011 skiftede EXHAUSTO CDT navn til **exodraft**, men da test og størstedelen af rapporten blev lavet inden navneskiftet, har vi valgt at lade det oprindelige navn stå.*

I **exodraft** (tidligere EXHAUSTO CDT) besluttede vi at gøre en indsats for at lave en ny styring til vores allerede eksisterende røgsugere.

Vi så et behov for at lave en styring, der både tilgodeså miljøet og økonomien, og tillige gav brændeovns- og pejsebrugere en øget sikkerhed. Der fandtes intet tilsvarende produkt på markedet, der kunne garantere brugerne en tilsvarende sikkerhed.

Der blev afsat tid til projektet og søgt midler til udviklingen.

Projektet afklarede de tekniske barrierer og gav en løsningsmulighed for automatisering af skorstensaftræk til brændeovne og pejse. De kommercielle barrierer, og hvordan de kan løses, blev også berørt.

Projektet blev forsinket på grund af leveringsproblemer i elektronikindustrien. Det blev svært at skaffe komponenter til prototyper og test, også gængse komponenter, som tidligere havde 12 ugers leveringstid, men som nu var på 30-40 uger grundet den økonomiske krise. Komponenterne var ikke længere lagervarer.

Og derudover var opbygningen af z-wave-know-how mere tidskrævende end planlagt.

Der blev lavet adskillige afklarende tests på, hvordan løsningen kan kommercialiseres. Funktionaliteten skal stadig finpudses og optimeres.

Sammenfatning og konklusioner

Baggrund og formål

Undersøgelser fra Miljøstyrelsen har vist, at røgen fra brændeovne i Danmark udgør en væsentlig forureningskilde, fordi der, gennem forbrændingen i de mange ovne, bliver udledt et stort antal sodpartikler, som bliver spredt med vind og vejr. Generelt gælder det, at mængden af forurening fra den enkelte brændeovn er stærkt påvirket af:

- typen af det brænde (brændsel), der anvendes
- brugerens viden om korrekt fyring
- trækket gennem skorstenen.

Trækket bliver påvirket direkte af temperatur og undertryk i skorstenen. Se f.eks. Miljøprojekt Nr. 1164: Brændeovne og små kedler – partikelemissioner og reduktionstiltag, 2007.

Det optimale træk i skorstenen er det grundlæggende og afgørende forhold for det bedste udbytte af brændeovnens forbrænding. Det betyder mindst mulig udledning af partikler i røgen og dermed bliver forureningen bragt ned. Det kræver et godt, naturligt træk og tilstrækkelig tilførsel af forbrændingsluft. Problemer med utilstrækkeligt naturligt skorstenstræk resulterer i uens forbrænding i brændeovnen, idet betingelserne for en optimal forbrænding ikke er til stede gennem forbrændingsforløbet fra start til slut .

Målet er at udvikle en løsning, der medvirker til en velfungerende og optimal forbrænding i brændeovnen i hele forbrændingsforløbet. Det kan gøres ved at lave en styring, der holder et konstant træk i skorstenen, uanset omstændighederne ude og inde. Det giver også mulighed for en enklere betjening af brændeovnen, f.eks. ved at det ikke er nødvendigt for brugeren at regulere ovnens trykfald over spjældet løbende – dette sker alligevel ikke i praksis.

Denne styring vil forbedre og stabilisere forbrændingen i ovnen og dermed reducere forureningen.

Undersøgelsen

Der er udviklet en løsning til automatisering af træk gennem brændeovnen og skorstenen. Løsningen er en *konstantryksregulering* til pejse og brændeovne i form af en trådløs styring med en trykmåler til røgsugerens.

Projektet er opdelt sådan, at specifikation og test er gennemført ved EXHAUSTO CDT – nu **exodraft** – og udvikling af styringsmodulet er gennemført ved Eltwin elektronikudviklingshus.

Der er simuleret en brændeovnsbrugers anvendelse af sit ildsted i forskellige tests for at vise, hvordan konstantryksreguleringen kan forbedre betjeningen af brændeovnen og optimere forbrændingen. Projektet er styret via en stage-gate-udviklingsmodel.

Hovedkonklusioner

Der er skabt en konstanttrykregulering, som kan kompensere for de fleste udefrakommende faktorer, der ellers er en forhindring i at opnå det bedste træk i skorstenen. Med konstanttrykreguleringen kan man nu sikre den optimale forbrænding i brændeovnen.

Systemet kompenserer for:

- 1) Varierende tryk på grund af:
 - a. temperaturforholdene i skorstenen
 - b. vind i kystnære områder
 - c. turbulens
 - d. barometerstand
 - e. ventilationsforhold

- 2) Forskel i installationsforholdene
 - a. nye, tætte huse
 - b. ventilationsforhold med stort luftskifte
 - c. kort eller lang skorsten (træk)
 - d. skorstenstype (isolationsevne)

Styringen sikrer det træk, som fabrikanten anbefaler. Når brændeovnen arbejder med fabrikantens anbefalede træk, kan man opnå optimal forbrænding i ovnen og dermed reduceres forureningen.

Styringen guider brugeren igennem fyringssekvensen på en enkel måde, og opnår på den måde en god forbrænding, når brændeovnen betjenes. Der er ikke samme behov for kontinuerligt at foretage justeringer på brændeovnens spjæld. En yderligere fordel er, at betjeningspanelet er trådløst. Derved har brugeren mulighed for at kunne følge forbrændingen, når rummet kort forlades. Konstanttrykreguleringen forenkler brugen og sikrer en optimal forbrænding i brændeovne og pejse. Derved bliver mængden af forurenende partikler markant reduceret.

Projektræsultater

Der er udviklet en konstanttrykregulering, som, sammen med en røgsuger, udgør et system, der sikrer optimal forbrænding i en brændeovn. Der er arbejdet på at gøre det nemt for brugeren at fyre optimalt.

Konstanttrykreguleringen består af:

- et betjeningspanel
- en reguleringsenhed med temperaturføler
- trykprobe, koblet til en røgsuger monteret på toppen af skorstenen.

Styringen reguleres ved montage så arbejds punktet svarer til brændeovnsfabrikantens specifikation for træk i skorstenen. Trækket måles via en probe i skorstenen, og via en tryktransmitter bliver data sendt til reguleringsenheden, som tilpasser røgsugerens hastighed og dermed trækket.

Projektet viste, at der er behov for en præcisionstransmitter til lavt tryk (0-150 Pa), som bevarer sin kalibrering i produktets levetid, og som kan kompensere for

temperaturændringer i området -25 til +40 °C. Denne blev derfor udviklet som en del af projektet.

Styringen giver mulighed for at vise aktuelt strømforbrug og energiforbrug. Den overholder *Z-wave-protokollen og det er muligt at udlæse data, (effektforbrug, aktuelt strømforbrug og aktuel status på systemet), så de står til rådighed for eksterne systemer.

**Z-wave er en standardprotokol for datakommunikation. Et trådløst system, som gør, at elektroniske enheder kan tale sammen via en fjernbetjening.*

Der er arbejdet med brugervenligheden af betjeningspanelet baseret på tilbagemeldinger fra felt-tests. Det resulterede i udviklingen af en grafisk opbygget brugerflade, så det letter forståelsen af informationerne fra styringen. Displayet guider brugeren igennem de forskellige sekvenser i en fyring: optænding, forbrænding, genfyring og efterløb.

Optænding

Under optænding ligger en stor, potentiel miljøgevinst. Styringen sikrer, at temperaturen hurtigt stiger under optænding ved at køre på fuld hastighed på røgsugerens i en kort periode – boost. Herved opnås den optimale forbrænding hurtigt og perioden uden optimal forbrænding, kan reduceres til 1-2 minutter. Ved naturligt træk, uden røgsuger, er denne periode minimum 6 minutter ved forsøgsopstillingen. Den kan endda komme op på over 15 minutter, når skorstenen er kold.



Forbrænding

Styringen sikrer, at brændeovnen har optimale forhold i hele forbrændingsperioden. Konstanttrykreguleringen tager højde for de trykpåvirkninger fra omgivelserne, som ellers vil påvirke forbrændingen i brændeovnen. Styringen er testet i ekstreme situationer i bygninger med undertryk op til 100 Pa, uden det har påvirket forbrændingen. Brugerens eventuelle justering af brændeovnens luftindtag og spjæld, og den visuelle kontrol af forbrændingen, er ikke længere så vigtigt.



Eksempel på en god forbrænding



Eksempel på en dårlig forbrænding, hvor temperaturen er lav og der er stor røgudvikling.

Genfyring

Ofte opdager brugeren først, at genfyring er nødvendig, når brændeovnen er blevet kold. Styringsens betjeningspanel giver brugeren et signal om, at det er tid til at genfyre, inden temperaturen er faldet så meget, at det er svært at tænde nyt, indfyret brændsel. Efter genfyringen øges trækkes i 3 minutter ved hjælp af røgsugerens, for hurtigt igen at få gang i forbrændingen og øge temperaturen.



Efterløb

Når ilden i brændeovnen brænder ud, sikrer styringssystemet en hurtig udbrænding af de resterende gløder ved at fastholde trækket. Det betyder, at de sidste gløder ikke forurener med sort røg og partikler på grund af forbrænding ved lav temperatur, hvilket ellers kan ske ved naturligt træk.

Summary and conclusion

Studies by the Danish Environmental Protection Agency have shown that particles in the smoke emitted from wood burning stoves in Denmark are a significant pollution source. Large amounts of particles are emitted and spread due to wind and weather conditions.

In general, the amount of pollution from the individual wood-burning stove is strongly influenced by: the type of fuel, material used, the user`s knowledge of correct wood-burning techniques and the draught through the chimney, which again is influenced by the temperature and negative pressure in the chimney. The optimal draught in the chimney is the fundamental and decisive factor for the best utilisation of the combustion of fuel in wood-burning stoves – and, consequently, for ensuring the lowest possible level of particle emission in the smoke thereby reducing the emission of pollutants.

The objective of the project was to develop a viable solution for the automation of the chimney draught to compensate for most exogenous factors and thereby developing a solution that maintains the optimal chimney draught for wood-burning stoves. The aim was to ensure optimal combustion conditions in the wood-burning stove and, consequently, a lower concentration of the emitted and polluting smoke particles. The solution developed in the project is a constant pressure regulator for fireplaces and wood-burning stoves, consisting of a wireless controller with a pressure sensor that regulates chimney fans so as to maintain a constant draught in accordance with the recommendations of the stove manufacturer.

*The project was divided into two parts: specification and testing was conducted by EXHAUSTO CDT – now **exodraft** - and the development of control modules was carried out by Eltwin, a Danish electronics development company. A series of tests simulating the utilisation of a wood-burning stove under varying conditions has demonstrated how constant pressure control can improve combustion and the thermal efficiency of the wood-burning stove.*

The system compensates for:

- 1) Varying pressure due to –
 - a. chimney temperature*
 - b. windy conditions e.g. in coastal areas*
 - c. turbulence*
 - d. barometric pressure*
 - e. ventilation influences**

- 2) Differences in the installation conditions such as:
 - a. new construction methods (increased insulation thicknesses) and less draughts/external ventilation in modern houses*
 - b. ventilation in houses causing a negative pressure in the building*
 - c. short or tall chimneys*
 - d. chimney types**

The controller ensures that the recommended chimney draught is maintained at all times. When the stove is operated with the manufacturer's recommended chimney draught specifications, optimal combustion can be maintained and the emission of pollutants is thereby reduced.

The controller guides the user through the combustion sequence thus enabling the user to maintain good combustion, when using the stove, and minimizing the need for the adjustment of air vents and dampers on the wood-burning stove.

Automated constant pressure regulation simplifies operation and ensures optimal combustion in wood-burning stoves, thereby ensuring a significant reduction of the emission of pollutants from each stove.

The constant pressure control unit for wood-burning stoves that has been developed in this project consists of a controller unit including a temperature sensor and a pressure probe, connected to a chimney fan mounted on top of the chimney and a wireless control display unit.

When installed, the controller must be commissioned. This is done by establishing a set-point which corresponds with the stove-manufacturer's specifications relating to draught requirements to the chimney. The draught is measured via the probe in the chimney and data is transferred to the control unit via a pressure transmitter. The control unit continuously regulates the chimney fan, ensuring that the chimney draught is maintained at the recommended level.

The project demonstrated a need for a precision pressure transmitter for low pressures (0-150 Pa.) which maintains its calibration over time and which can compensate for temperature changes ranging from -25 to +40 degrees Celsius. Such a precision pressure transmitter was developed as part of the project.

The display was changed during the project to afford greater user-friendliness based on feedback from field-trials, and resulted in the development of a graphic user-interface making it easier for the user to understand the information from the controller. The display guides the user through the various processes related to the operation of wood-burning stoves: lighting, combustion, re-stoking and burnout.

The controller ensures a rapid temperature increase when lighting the fire by running the fan at full speed for a short boost period. Optimal combustion is thereby reached faster. The period with incomplete combustion can be reduced to 1-2 minutes. Tests proved that this period lasted at least 6 minutes when the wood-burning stove only utilized the natural chimney draught. The period with incomplete combustion could, however, last up to 15 minutes, in a cold chimney.

The controller also ensures that the fire in the wood-burning stove has optimal conditions throughout the entire combustion period. The constant pressure controller takes into account the pressure effects from the environment that would otherwise affect combustion in the wood-burning stove. Furthermore, an extreme scenario was tested in which the building had a negative ambient pressure of up to 100 Pa. The constant pressure controller allowed combustion to be unaffected by the negative ambient pressure. Additionally, the user's adjustments of the wood-burning stove air intake, damper and visual combustion control were no longer as significant in relation to maintaining optimal combustion – resulting in subsequent reductions of emitted pollutants.

The controller display alerts the user when it is necessary to re-stoke, and before the temperature has fallen to a level that makes it difficult to kindle new fuel /

material. After re-stoking, the fan speed is increased for 3 minutes, in order to revive the fire and increase the temperature to a level where optimal combustion is achieved and maintained. When the fire in the stove is in the process of burning out, the constant pressure control system ensures a quick burnout of the remaining embers by maintaining the chimney draught level. This means that the last embers do not generate the black smoke and particles that would normally be seen as the result of combustion at decreasing temperatures. Black smoke from embers is an issue in wood-burning stoves operating solely with natural draught.

*As an additional feature the controller complies with the *Z-Wave protocol which enables it to transmit data to external systems or components, such as radiators or dampers, provided that an interface between the controller and the external systems is developed.*

* Z-wave is a standard protocol for data communication. A wireless system that allows electronics to talk via a remote control.

1 Indledning

Optimal forbrænding kræver optimalt skorstenstræk. Det er skorstenens opgave at lede røgen ud af bygningen samt, gennem et undertryk, at trække frisk luft til forbrændingen. Den opgave er ikke helt let. Ikke alene varierer det naturlige aftræk over året på grund af vind, vejr og temperaturforhold, men nye bygninger er i dag særdeles tætte for at opfylde energiregulatorerne.

Selv ved nye brændeovne med certifikat kan det give problemer, da de ofte har en høj virkningsgrad, og hermed en lavere skorstenstemperatur. Det påvirker det naturlige træk i en negativ retning, pga. mindre termisk opdrift. Fugtigt brændsel påvirker ligeledes det naturlige træk negativt.

Dertil kommer at brændeovne og skorstene bliver udviklet og godkendt hver for sig, hvilket betyder, at en typegodkendelse af brændeovnen ikke er nok til at imødegå forurening, da det er samspillet mellem brændeovn og skorsten, der sikrer, at forholdene for en optimal forbrænding er til stede.

Det optimale træk i skorstenen er det grundlæggende og afgørende forhold for det bedste udbytte af brændeovnens udnyttelse af brændet – og dermed den mindst mulige udledning af partikler i røgen, altså nedbringelse af forurening.

Aftrækket i en skorsten påvirkes af:

- Varierende tryk på grund af
 - temperaturforholdene i skorstenen
 - vind i kystnære områder
 - turbulens
 - barometerstand
 - ventilationsforhold

- Forskel i installationsforholdene
 - nye, tætte huse
 - ventilationsforhold med stort luftskifte
 - kort eller lang skorsten (træk)
 - skorstenstype (isoleringsevne)

Naturligt træk vil ofte ikke fungere eller have svært ved at fastholde det optimale træk for ildstedet. Ved hjælp af en røgsuger kan det nødvendige træk blive skabt, men det er stadig op til brugeren manuelt at justere trækbehovet og dermed opnå den optimale forbrænding.

Målet har derfor været at udvikle en automatiseret styring, der hjælper til en velfungerende og optimal forbrænding i brændeovnen fra start til slut uanset omstændighederne ude og inde, ved at holde et konstant træk i skorstenen i overensstemmelse med typegodkendelsen på brændeovnen. Derudover skulle styringen gøre det nemmere for brugeren at fyre energirigtigt ved at kommunikere vha. Z-wave-teknologi med andre Z-wave-komponenter samt give mulighed for at aflæse driftsdata.

2 Konstanttrykreguleringen

Den udviklede løsning til automatisering af træk gennem brændeovn og skorsten består af en konstanttrykregulering, som, sammen med en røgsuger beregnet til montering på toppen af skorstenen, holder et jævnt træk i skorstenen.

Konstanttrykreguleringen udgøres af:

- et betjeningspanel (monteres i stuen)
- reguleringsmodul til røgsugeren (strømforsyning) med indbygget trykmåler
- temperaturføler til montage under røgsugeren.

Via Z-wave-teknologien står betjeningspanelet i trådløs forbindelse med reguleringsmodulet, som sørger for, at røgsugerens hastighed varieres i forhold til forbrændingscyklussen. Dermed holdes et jævnt træk i skorstenen svarende til det trækniveau, som brændeovnsfabrikanterne anbefaler. Dette er ikke muligt med naturligt træk.

Når brændeovnen arbejder med fabrikantens anbefalede aftræk opnås optimal forbrænding i ovnen og forureningen reduceres.



Effekt:

- Trækforhold = brændeovnsproducentens anvisning
- Mindre udledning af uforbrændte kulbrinter og partikler
- Højere virkningsgrad under drift

3 Brug af konstanttrykreguleringen

3.1 Komponenterne

3.1.1 Betjeningspanelet

Brugeren styrer konstanttrykregulering ved hjælp af betjeningspanelet.



I konceptfasen blev der brugt lang tid på at udvikle et lethåndterligt betjeningspanel med en brugerflade, der giver en intuitiv betjening og et display, som giver let forståelige informationer for lægmand. De foreslåede løsninger blev brugertestet, da de første prototyper var klar.

Der er arbejdet med både ikoner og et grafisk opbygget display, lyd og baggrundsbelysning.

Styringen er minimalistisk opbygget med så få knapper og synlige valgmuligheder som muligt, for at forhindre teknologiforskrækkede brugere i at afvise løsningen.

Der er fire touch-knapper på betjeningspanelet. Knappen til venstre er større end de andre tre. Det er for at understrege, at det er den, som starter og stopper røgsugereren. OK-knappen til højre giver adgang til servicemodus, hvor der er adgang til forskellige indstillinger.

Displayet giver brugeren mulighed for at følge driftsdata:

- I toppen af displayet vises det aktuelle modus – ventilation, opstart, i drift, genfyring, efterløb, service eller fejlmeldinger.
- Nederst i venstre hjørne vises temperaturen i stuen.
- Til højre vises det valgte arbejds punkt i 0-150 (Pa).
- Bjælken til højre viser, hvordan trykket i skorstenen varierer i forhold til arbejds punktet. Eventuelle justeringer af det ønskede aftræk sker ved hjælp af de to små piletaster (op/ned).
- I nederste højre hjørne vises temperaturen i toppen af skorstenen. Hvis temperaturen er så høj, at røgsugereren ikke kan slukkes, vises desuden et lille ikon med et termometer.

I servicemodus er det muligt at ændre indstillinger og udlæse aktuelt strømforbrug samt røgsugerens energiforbrug. Med pileknapperne (op/ned) og OK-knappen kan man vælge mellem og ændre på forskellige indstillinger.

Systemet giver brugeren et auditivt og visuelt signal, når:

- der skal genfyres: displayet bipper 3 gange og der vises ”genfyring”.
- skorstenstemperaturen bliver for høj: displayet bipper 5 gange og der vises ”FEJL - 03 høj temperatur”. Lyset i displayet bliver tændt og fejlbeskrivelsen bliver stående, indtil der trykkes på OK

- der er strømudfald: der vises ”FEJL - 04 strømudfald” i displayet og det bipper kontinuerligt. Lyset vil være tændt i displayet og fejlbeskrivelsen bliver stående, indtil der trykkes på OK
- der registreres en følerfejl i systemet: der vises ”FEJL - 02 følerfejl” i displayet. Fejlbeskrivelsen bliver stående, indtil der trykkes på OK.

Effekt:

- Bruger får information om dårlige drift forhold
- Bruger bliver opmærksom på problemet
- Bruger tilskyndes til at ændre adfærd
- Der opnås en bedre forbrænding og dermed mindre udledning af uforbrændte kulbrinter og partikler

3.1.1.1 Dataopsamling via Z-wave

Den trådløse kommunikation mellem betjeningspanelet og reguleringsenheden arbejder med Z-wave. Ved at benytte Z-wave er det også muligt at stille data om effektforbrug, aktuelt strømforbrug og aktuel status på systemet til rådighed for eksterne systemer. Perspektivet er, at der fra centralt sted over tid kan indsamles data (som ved en elmåler) til brug for identifikation af problemer, brug i databank, information, m.m.

Der er ingen eksterne Z-wave-systemer, der pt. kan håndtere data fra et røgsugersystem, men i test kunne vi logge data via z-wave-protokollen (se bilag A).

3.1.2 Reguleringsenhed

Reguleringsenheden tilsluttes mellem strømforsyningen (230 V) og røgsugeren. Derudover tilsluttes den til skorstenen med en probe, som via en transmitter måler trykket i skorstenen under røgsugeren i forhold til omgivelserne. Når trykket falder til under det ønskede træk, bliver spændingen til røgsugeren øget, indtil trækket har den ønskede værdi.

Projektet viste, at der var behov for en præcisionstransmitter til lavt tryk (0-150 Pa), som bevarer sin kalibrering i produktets levetid, og som kan kompensere for temperaturændringer i området -25 til +40 grader. Denne blev derfor udviklet som en del af projektet.



3.1.3 Temperaturføler

Temperaturføleren måler temperaturen ved toppen af skorstenen, lige under røgsugeren, og den er tilsluttet reguleringsenheden. Nu kan temperaturen læses i betjeningspanelets display i nederste højre hjørne. Hvis temperaturen er så høj, at det må antages, at der stadig er gang i ildstedet, kan røgsugeren ikke slukkes (sikkerhedsfunktion).

Når temperaturen er faldet så meget, at ilden må antages at være brændt ud, slukker røgsugeren selv efter en indstillelig efterløbstid. Det sparer energi og sikrer fuldständig udbrænding.

Hvis temperaturen overstiger den indstillede maksimumværdi (default 330 °C), bipper styringen 5 gange og viser ”FEJL - 03 høj temperatur”. Lyset bliver tændt i displayet og fejlbeskrivelsen bliver stående, indtil der trykkes på OK.

3.2 Ved drift af brændeovnen

Når konstanttrykreguleringen til pejse og brændeovne bliver installeret, bliver der samtidig foretaget en regulering af systemet, så det skorstenstryk, som brændeovnsleverandøren opgiver (f.eks. 15 Pa) bliver fastholdt under drift. Brændeovnen får på den måde optimale arbejdsforhold uanset vind- og vejrforhold, når røgsugerens og konstanttrykreguleringen er aktive.

Systemet hjælper brugeren med at fyre optimalt i brændeovnen. Det reducerer de udfordringer, der ligger i at styre ovnsens forbrænding i et moderne hus. Styringen sættes op til brændeovnsfabrikantens specifikation for optimalt træk og displayet guider brugeren igennem de forskellige sekvenser i en fyring.

Nu er skorstenstrækket forenklet til:

1. Tryk ON/OFF for at starte røgsugerens
2. Displayet viser OPSTART. Nu kan der tændes op
3. Når ovndøren lukkes, blusser ilden op, indtil der er en god forbrænding
4. Efter en tid går systemet ned til fabrikantens anbefalede aftræk
5. Når forbrændingen lukker ned, anbefaler systemet, at man genfylder.

Systemet sikrer, at forbrændingstemperaturen holdes på et højt niveau længst muligt. På sigt kan man udbygge systemet med et ekspertsystem, som råder brugeren til at ændre adfærd. Hvis temperaturen eksempelvis ikke stiger tilstrækkeligt ved optænding, kan systemet foreslå at måle brændets fugtighed.

3.2.1 Optænding

Et væsentligt bidrag til forurening fra brændeovnen sker ved optænding. Ved hjælp af konstanttrykstyringssystemet forkortes denne tid til en tredjedel eller mindre i forhold til naturligt træk, hvilket også har betydning for perioden, hvor der kan være generende lugtemissioner fra skorstenen.

Under projektet blev det klart, at ved at øge skorstenstrækket til maksimum i optændingsperioden, for efterfølgende at gå ned på det anbefalede aftræk, kunne man opnå den hurtigste optændingsperiode og dermed formindske forureningen og lugtgener.

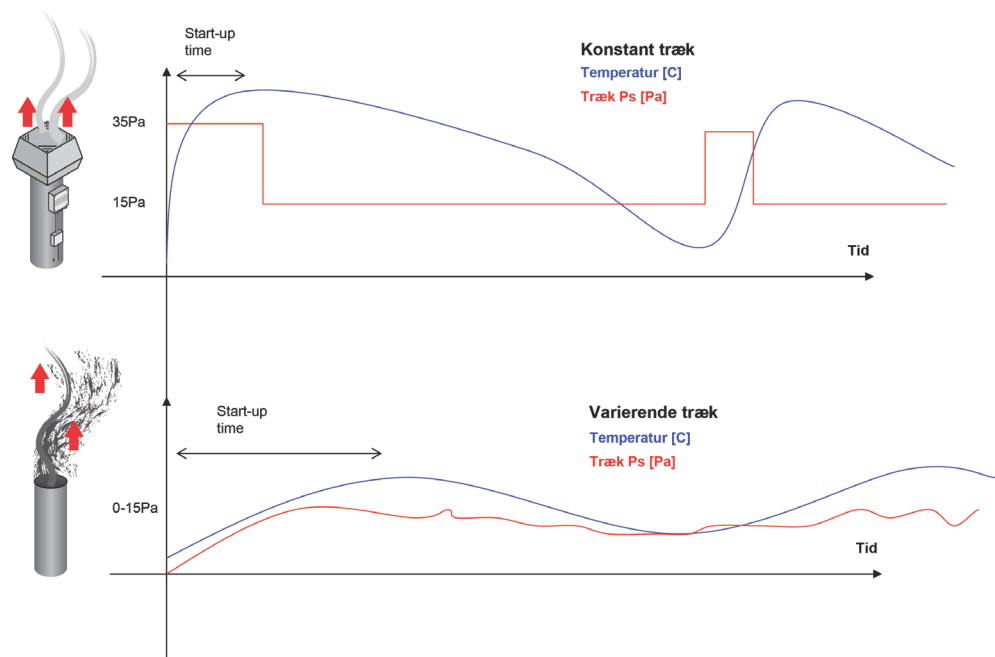


Diagram: forskellen mellem opstartstid ved brug af røgugersystem og ved naturligt træk

Ved test (se bilag A) er det vist, at temperaturen i ovnen allerede efter 2 minutter oppe over 250 °C ved normal optænding med ca. 2 kg træ, når konstanttrykreguleringen starter røgugeren på fuld hastighed i opstartsperioden, inden den går ned på det anbefalede træk.

Ved et lignende optændingsforløb med naturligt træk, gik der 6 minutter.

Forsøget blev gennemført under optimale forhold. Skorstenen var allerede halvvarm og uden fugt, den var 7 meter høj, hvilket er højere end en normal parcelhusskorsten.

I et andet tilfælde med opstart ved naturligt træk, gik der mere end 15 minutter før temperaturen kom over 250 °C, fordi skorstenen var helt kold.

Fugtigt træ gør forskellen endnu større, da der bruges energi på at tørre træet.

For at undgå, at der trænger røg eller aske ind i lokalet, er det nødvendigt at starte konstanttrykstyringssystemet, før man åbner lågen til brændeovnen. Det modvirker det undertryk i lokalet som bygningsreglementet kræver. I nyt byggeri er dette i særdeleshed et problem, fordi bygningerne er blevet tættere. Det giver undertryk i rummet, og ofte har man "glemt", at der skal være friskluftspjæld i nærheden af brændeovnen for at opnå en god forbrænding.

Effekt:

- Hurtig temperaturstigning i ovn, som giver:
 - Kortere tid med røgudvikling
 - Mindre udledning af uforbrændte kulbrinter
 - Ingen røg/støv i stuen (DMU, Århus Universitet: Wooduse 2006-2009)
 - Færre fejlbetjeneringer v.h.a. automatisk justering

3.2.2 Forbrænding

En optimal forbrænding sker ved høj temperatur. Brugerens eneste mulighed for at vurdere kvaliteten af forbrændingen ved naturligt træk, er det visuelle billede af flammerne.

De gennemførte partikelmålinger under forskellige forbrændingsforhold har vist, at flammebilledet, sammenholdt med temperaturen, giver et godt billede af, hvor god forbrændingen er (bilag A).

Ved at sikre brændeovnen et konstant aftræk under brug af konstanttrykreguleringen og en røgsuger, sikres en høj temperatur ved fyring med tørt træ. Under forbrændingsperioden fastholder konstanttrykreguleringen det træk i skorstenen som brændeovnsproducenten anbefaler som optimalt.

Løsningen med konstanttrykregulering er testet i omgivelser, hvor trykket i bygningen har varieret fra et undertryk på 100 Pa og til et lille overtryk på grund af vindtryk (se bilag A). Under alle disse forhold har styringen opretholdt de optimale forhold for brændeovnen. Når brændeovnen kørte med konstanttrykreguleringen og røgsugeren tændt, blev der målt et lavt partikelniveau ved udgangen af skorstenen. Når systemet ikke var tilkoblet, var der tydelig røgudvikling i lokalet, og der blev målt et højere partikelniveau ved udgangen af skorstenen.

3.2.3 Genfyring

Når brændslet er reduceret til et glødelag falder temperaturen i skorstenen. Når temperaturføleren måler, at temperaturen er faldet til et lavt niveau ved toppen af skorstenen, giver betjeningspanelet brugeren et signal om, at det er tid til at genfyre. Når der genfyres, fastholder konstanttrykreguleringen automatisk trækket i skorstenen ved at øge røgsugerens hastighed, mens lågen er åben. Derved trænger der heller ikke røg ud i rummet.

Efter genfyring trykker brugeren på betjeningspanelet, og styringen øger røgsugerhastigheden til maksimal i 3 minutter for hurtigt at øge temperaturen. Når temperaturen er optimal, sætter røgsugeren igen hastigheden ned, så trækket kan fastholdes til det anbefalede skorstenstræk for brændeovnen.

3.2.4 Efterløb

Sker der ingen genfyring, vil konstanttrykreguleringen fortsat opretholde det fastsatte træk og dermed sikre en hurtig udbrænding af de resterende gløder – i modsætning til naturligt træk, hvor trækket falder ved faldende temperatur i skorstenen. Konstanttrykreguleringssystemet sikrer, at de sidste gløder ikke forurener med sort røg og partikler på grund af forbrænding ved for lav temperatur.

3.3 Udledning af partikler

Ved forsøget blev der foretaget partikelmålinger ved skorstenens top. Disse målinger viste vigtigheden af, at fabrikantens minimumskrav om træk på studs af ovnen overholdes. Ved et træk på ca. 20 Pa udledes langt færre partikler, end når trækniveauet er helt nede på ca. 5 Pa. Det er af stor betydning, at trækket fra

fabrikantens anvisning overholdes, da man også får den varme ud af brændslet, der er til rådighed (høj virkningsgrad) og samtidig skåner miljøet.

4 Markedspotentiale for løsningen

Vi vurderer, at markedet for et automatisk system til optimering af tryk og luftgennemstrømning i brændeovn og skorsten er stort og relevant, specielt når husene er meget tætte og der er installeret ventilationssystemer. Her er konstanttrykreguleringen den eneste måde at få en brændeovn til at fungere tilfredsstillende. Konstanttrykreguleringssystemet vil være løsningen i mange situationer, hvor kunden har problemer eller ønsker sig ekstra komfort (lettere betjening af brændeovn).

Salgsprisen vurderes til at ligge omkring DKK 14.000 inkl. moms for den mindste røgsuger med en konstanttrykregulering.

Da konstanttrykreguleringen anvender den nyeste Z-wave-teknologi, giver det mulighed for, at styringen kan anbefales af El-sparefonden ved at indgå i "Det intelligente hjem".

Derudover kan konstanttrykreguleringen levere data vedrørende installationens brugsmønster til en ekstern dataopsamlingsenhed igennem Z-wave-protokollen.

Der er desværre endnu ikke udviklet eksterne Z-wave-systemer, der pt. kan håndtere data fra et røgsugersystem.

Udbygning af systemet.

Konstanttrykreguleringen er forberedt til at kommunikere med andre Z-wave-komponenter. Disse kan, sammen med konstanttrykreguleringen, forenkle og optimere brugen af en brændeovn endnu mere, når de kan håndtere data fra røgsugersystemet.

Eksempelvis:

- Røgalarm (som også giver alarm ved strømudfald)
- Radiatorventil (slukker for varmen, når brændeovnen er aktiv)
- Spjæld (et reguleret motorspjæld, som åbner for den nødvendige luft)
- Automatisk registrering af brugsmønstre f.eks. på El-sparefonden's hjemmeside om "Det intelligente hjem".

Projektforløbet har desuden givet ideer til ny funktionalitet, der kan forbedre konstanttrykreguleringen til pejse og brændeovne i fremtiden. Desto flere funktioner, der bliver lagt ind i systemet, desto færre fejlbetjeninge vil der være af brændeovnen.

Eksempler på ideer:

- Lågekontakt på brændeovnen. Dette er taget bort fra den oprindelige specifikation, da det, på grund af tætheden i nyere bygninger, er nødvendigt, at konstanttrykreguleringssystemet startes, før lågen åbnes til optænding eller genfyring. Det ligger i overvejelserne, om det er muligt at udvikle et system, der kan tage højde for dette.
- Et alarmsystem, der overvåger trykforholdene i huset. I testfasen skete det en enkelt nat, mens røgsugeren ikke var monteret, at trykket i bygningen var højere end normalt. Dette betød, at lokalet næste morgen lugtede af gammel skorstensrøg. Konstanttrykreguleringssystemet kunne udbygges med en

overvågningsfunktion, som starter røgsugereren og giver alarm, hvis der er overtryk i skorstenen.

- En software-algoritme, der detekterer vindstød og dernæst informerer brugeren eller selv justerer arbejds punktet.
- En software-algoritme, der detekterer vådt brænde og dernæst informerer brugeren.
- Udvidet funktionalitet i form af en trådløs pressostat til montering bag på brændeovnen, som måler trykket i opstillingsrummet, så systemet også kan reagere på variationer i trykket i bygningen, f.eks. hvis emhætten bliver tændt, mens brændeovnen er i drift.

5 Konklusion

Projektets målsætning om at udvikle et system til automatisering af træk gennem brændeovn og skorsten er blevet opfyldt.

Der er udviklet en konstanttrykregulering bestående af et trådløst betjeningspanel og en reguleringsenhed med tilhørende temperaturføler samt probe og tryktransmitter til måling af trækket i skorsten.

Konstanttrykreguleringen fungerer sammen med en røgsuger og holder automatisk trækket i skorstenen til et fastsat niveau, tilsvarende det træk som brændeovnsproducenten anbefaler for at opnå den bedst mulige forbrænding.

Styringen optimerer fyring, genfyring og skorstenstræk, alarmerer ved for høje temperaturer i skorstenen og reducerer forurenende partikler i optændingslokalet. Den udnytter brændet optimalt og reducerer derved brændelseskostninger.

Styringen minimerer brugerens indflydelse på forbrændingen gennem hele fyringsperioden fra optænding til efterløb og gør det nemmere at opnå optimal forbrænding i brændeovnen og dermed udlede en mindre mængde farlige partikler.

Konstanttrykreguleringen overholder Z-wave-protokollen og kan bruges til registrering af brugeradfærd og vil f.eks. kunne implementeres i El-sparefondens "Det intelligente hjem". Styringen vil desuden kunne integreres sammen med andre Z-wave-komponenter.

Den endelige slagspris kan begrænse målgruppen til primært kommercielle og semikommercielle kunder samt privatkunder, der kigger på design og funktion, før pris. Ved et øget produktfremstilling, ville konstantstyringssystemet kunne falde betydeligt i pris.

Bilag A

Test af konstanttrykstyringsystemet

Indhold

1	OPTIMAL FORBRÆNDING	3
	OPTÆNDING	3
	FORBRÆNDING	4
	EFTERLØB	4
	GENFYRING	4
2	TRYKFORHOLD UNDER TESTEN	5
	KONKLUSION	5
3	OPSTILLING TIL TEST AF FORBRÆNDING	6
	TESTUDSTYR	7
	A. Brændeovn Aduro 1	7
	B. & C. røgrør og skorsten	7
	D. RSV200-røgsuger	8
	1. Udstyr til temperaturmåling 1	8
	2. Udstyr til temperaturmåling 2	8
	3 Udstyr til trykmåling i forhold til rummet	8
	4 Udstyr til måling af spænding	9
	6 Udstyr til vurdering af røg – måling af partikler	9
	7 Udstyr til måling af tryk i rummet – trykmåling C	9
4	FYRING MED VÅDT TRÆ	10
	NATURLIGT TRÆK	10
	BOOST MED RØGSUGER	10
	FORBRÆNDING VED 50 PA	10
5	FYRING VED NATURLIGT TRÆK OG UDEN RØGSUGER	11
	OPTÆNDINGSFASEN	12
	FORBRÆNDING	12
	GLØDELAGSFASEN	12
6	FYRING MED RØGSUGER OG KONSTANTTRYKSTYRINGSSYSTEM	13
	OPTÆNDING	13
	FORBRÆNDING	14
	SAMMENLIGNING MELLEM MED OG UDEN KONSTANTTRYKREGULERINGSSYSTEM	14
7	FORBRÆNDING UNDER FORSKELLIGE TRYKFORHOLD	16
	UNDERTRYK I BYGNINGEN	16
	RØGNEDSLAG PGA. TURBULENT VIND	16
	TRYKÆNDRING PGA. VINDSTØD.	16
	BRÆNDEOVNENS OPTIMALE ARBEJDSTRYK	17
8	DATAOPSAMLING MED Z-WAVE	18

1 Optimal forbrænding

Miljøstyrelsen har udgivet råd til, hvorledes man bedst bruger sin brændeovn og undgår sundhedsskadelig røg og dårligt indeklima. Ved at følge disse råd kan man opnå en optimal forbrænding. Se bilag B eller

http://www.mst.dk/Nyheder/Pressemeddelelser/2009/Fyr_miljoerigtigt_med_braendeovnen.htm

Fyringssekvensen består af fire dele

- Optænding
- Forbrænding
- Efterløb
- Genfyring

En normal fyring ligger på omkring 2 kg træ afhængig af brændeovnens størrelse. 2 kg tørt træ ved optimal forbrænding vil brænde omkring 1 time.

Det gælder om at opnå en god forbrænding. Sod og andre giftige partikler bliver især dannet, når forbrændingen er ufuldstændig. Det er derfor vigtigt at styre mængden af luft, da en god forbrænding sker ved tilstrækkeligt luft og høj temperatur i ovnen.

Skorstenstrækket har stor betydning for en optimal forbrænding, da den både skal lede røgen væk og trække luft til forbrændingen. Skorstenstrækket kan skabes enten ved mekanisk aftræk vha. en røgsuger eller ved naturligt aftræk, som er termisk opdrift i skorstenen. Termisk opdrift skabes af massefyldeforskellen mellem luft og røg, som igen afhænger af forskellen på temperaturen uden for i forhold til røggastemperaturen. Jo mere effektivt en brændeovn udnytter varmen, jo lavere bliver røggastemperaturen og dermed også forskellen i massefylden mellem luft og røg, og aftrækket i skorstenen forringes.

Optænding

Optænding er en væsentlig del af forbrændingen i brændeovnen. Dels udskilles en del partikler og miljø- og sundhedsskadelige stoffer i denne periode, dels danner optændingen baggrund for den følgende forbrænding. For at opnå en god forbrænding i hele fyringssekvensen, er det vigtigt hurtigt at opnå en høj temperatur. For at opnå dette skal der masser af luft til forbrændingen.

Det vil normalt være en fordel at tænde op med mindre stykker træ. Derved opnår man hurtigere en høj temperatur.



Eksempel på optænding med mindre stykker træ.

Forbrænding

Efter optændingen skrues der ned for lufttilførslen. Flammerne skal være gule uden slørede spidser. Temperaturen skal ligge højt i hele forbrændingsperioden. Gule flammer er et godt tegn. Glaslågen skal desuden være helt klar. En bruntonet eller sort glaslåge indikerer dårlig forbrænding.



Eksempel på en god forbrænding.

Efterløb

I slutningen af forbrændingen falder temperaturen. Før temperaturen falder for meget, skal der genfyres. Med et godt glødelag er det muligt at genfyre med lidt større stykker træ. Genfyres der ikke, vil temperaturen falde yderligere og til slut er der kun aske tilbage.



Eksempel på et godt glødelag til genfyring.

Genfyring

For igen at opnå en optimal forbrænding er det vigtigt hurtigt at få temperaturen op. Ved igen at tilføre masser af luft minimeres tiden, hvor forbrændingen ikke er optimal.



Eksempel på genfyring med større træstykker.

2 Trykforhold under testen

Trykforholdene for forbrændingen påvirkes af installationsforhold og bygningen. Disse forhold er belyst ved at teste i EXHAUSTO CDT's (exodraft) bygning, der er ny og netop trykprøvet i forhold til bygningsregulativet.



Følgende, der påvirker trykforholdene:

- Ventilationssystem
- Punktudsugning til toilet og bad
- Røgsuger til en gaspejs
- Åbning af vinduer

Disse påvirkninger har vi testet og de giver følgende resultater:

Tabel: Trykforhold i lokalet ved forskellige situationer

Alle ventilatorer kører maksimalt	-100pa
Slukket røgsuger ved gasskorsten i hall	-62pa
Normaldrift af toiletventilator (70 %)	-43pa
Slukket toiletventilator	-24pa
Ventilation fra trin 10 til 5	-17pa
Ventilation slukket	-10 til -15pa
Slukket røgsuger	-10 til -15pa
Åbnet hoveddør (til uden for)	+0 til -2

På grund af vind (omkring 7 m/sek) varierer trykket lidt i forhold til vindstød. For at simulere, at der er tændt op i brændeovnen, er røgsugeren tændt under det meste af forsøget. Målingerne blev gennemført på en halvvarm skorsten.

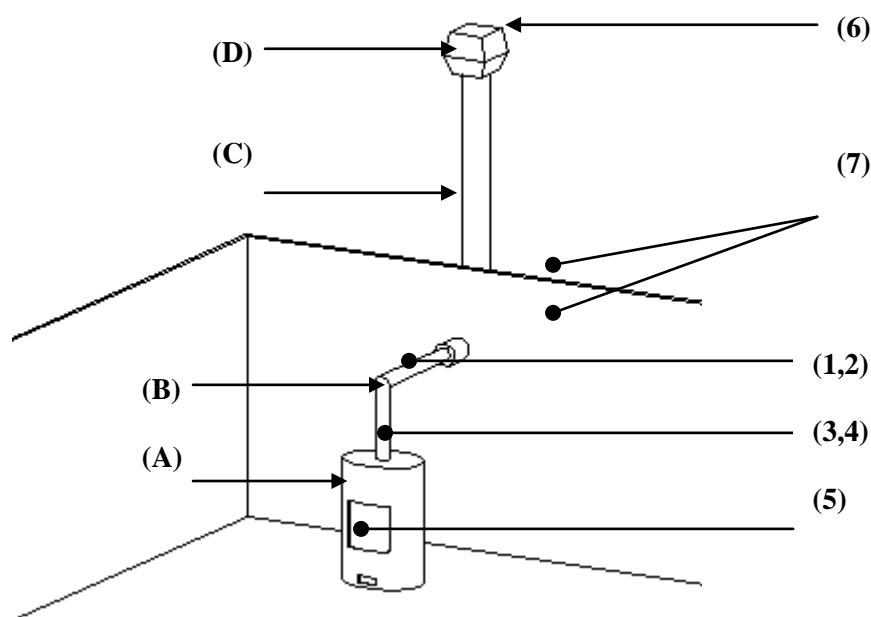
Konklusion

Bygningen giver store udfordringer i at få et ildsted til at fungere. Ved naturligt træk vil ildstedet ikke kunne fungere uden at åbne døren, da skorstenen skal overkomme både de 100 Pa og brændeovnens anbefalede skorstenstræk. Når døren bliver åbne, bliver trykket i rummet udlignet. Ved dimensionering af røgsuger vil det være nødvendigt at regne med et undertryk på op til 100 Pa. Desuden vil det være nødvendigt med et automatisk skorstenstræksystem, hvis der i perioder ikke skal komme "røgnedslag" i rummet på grund af ændringer i husets ventilation.

3 Opstilling til test af forbrænding

Testens udgangspunkt er at vise, hvordan forbrændingen bliver påvirket af forskellige forhold. Flammebilledet vurderes som et udtryk for forbrændingen. Dette bliver sammenholdt med målinger af partikler i afkastet fra skorstenen. Under testen varierer modtrykket i skorstenen for at simulere det varierende tryk på grund af temperatur, vind, turbulens og ventilationsforhold.

Illustration 1: Testopstilling



Udstyr	Målepunkter
A. Brændeovn Aduro1	1. Temperaturmåling (Viking 1000)
B. 2 m røgrør Ø150 mm	2. Temperaturmåling EW41
C. 7 m stålskorsten Ø150 mm isoleret	3. Trykmåling i forhold til rummet med A (EW41) og B (Kontrol)
D. EXHAUSTO CDT (exodraft) Røgsuger RSV200	4. Spænding 0-10V logges på Fluke ScopeMeter 199C
	5. Vurdering af flammebillede
	6. Vurdering på røgen, vha. partikelmåler
	7. Måling af tryk i rummet

Eksterne forhold, der kan påvirke forsøget, bliver vurderet. Vandindholdet måles vha. en simpel (trælast) brænde-fugt-måler. Forbrændingen bliver vurderet gennem videooptagelse samt ved at observere røgen.

Forsøgene er gennemført uden at stille på brændeovnens spjæld og luftindtag under brug.

Testudstyr

A. Brændeovn Aduro 1

Angivelser fra producenten:
Godkendelser: EN 13240, NS 3058,
Aduro 1 er yderligere Svanemærket.

Den optimale forbrænding opnås ved et konstant skorstenstræk på 10 til 14 Pa målt i røgrøret over ovnen.



Tekniske data

Nominel effekt: 6 kW
Skorstenstræk 12 Pa
Maksimal afbrændingsmængde pr. time: Træ ca. 3,4 kg
Varmeeffekt i bygninger med optimal isolering: 150 m ²
Varmeeffekt i bygninger med gennemsnitlig isolering: 100 m ²
Varmeeffekt i bygninger med dårlig isolering: 60 m ²
Røgafgang diameter: 150 mm

B. & C. røgrør og skorsten

Bygningen er omkring ti meter høj og ligger meget åbent, til tider i blæst.
Røgrøret består af 2 m Ø150 mm røgrør med en 90-graders bøjning
Skorstenen er en 7 meter isoleret stålskorsten med en 90 graders bøjning.



D. RSV200-røgsuger

EXHAUSTO CDT (exodraft) RSV200-4-1-røgsuger



1. Udstyr til temperaturmåling 1

Der er brugt en Thermocoupler TYPE K og et Viking 1000-digitaltermometer med måleområde:

fra -30 °C til 400 °C tolerance: +/- 0,5 °C

2. Udstyr til temperaturmåling 2

Konstantrykregulering EW

Temperatur PT1000-føler

Tolerancer:	-30-0 °C	= +/- 2 °C
	0-40 °C	= +/- 1 °C
	40-50 °C	= +/- 2 °C
	>50 °C	= +/- 5 °C
	>150 °C	= +/- 10 °C
Trykinput:	0-10V	= +/- 1 %

3 Udstyr til trykmåling i forhold til rummet

Trykmåling A

Nyudviklet tryktransmitter XTP150G

Tolerable overload: 20000 Pa
Medium: Air and exhaust gases
Response time: <0,2 s
Resolution from digital sensor: 0,01 Pa
Repeatability: +/- 0,1% Full scale
Combined non-linearity and hysteresis: +/- 0,05 % full scale
Offset longtime drift 1 year: +/- 0,7 Pa max.
Temperature drift: +/- 1,0% full scale
Transfer ratio: 0,6 (250 Pa signal/150 Pa output)

Trykmåling B

EBC20 inkl. XTP (HUBA)

Konstantrykssystemet bruges kun som kontrolmåling af tryk.

4 Udstyr til måling af spænding

Fluke ScopeMeter 199C

Datalogning af spænding for tryk.

6 Udstyr til vurdering af røg - måling af partikler

Der blev benyttet en TSI DustTrak™ 8520 Aerosol Particulate Monitor.

Måleområde: 0,1 til ca. 10 µm

Der blev ikke benyttet en udtyndingskanal til målingerne (som prøvningsnormen foreskriver), men i stedet målt lige over røgsugerens direkte i røggassen. Da der ikke benyttes et fortyndingssystem til prøveoptagelse er der stor usikkerhed på målingerne. Målingerne blev foretaget to cm over røgsugerens og benyttes kun som vejledende omkring partikel niveau.

Koncentrationsniveauer:

Baggrund niveau:	< 0,1 mg/m ³
Lav	0,1-50 mg/m ³
Mellem	50-100 mg/m ³
Høj	100-150 mg/m ³
Ekstra høj	>150 mg/m ³

Brugerdefinerede kalibreringer

I de fleste situationer, kan DUSTTRAK med indbygget datalogger give god information om, hvordan koncentrationen af aerosol forandrer sig i forskellige processer over tid. Fabrikskalibrering til den respirable fraktion af ISO-standard 12103-1, A1 teststøv (tidligere Arizona Test Dust) giver mulighed for sammenligninger mellem målinger, hvor kilden til eller typen af støv er overvejende den samme. Fordi optiske masse målinger er afhængige af partikelstørrelse og materialeegenskaber, kan der være tidspunkter, hvor en brugerdefineret kalibrering vil forbedre præcisionen for en bestemt aerosol.

7 Udstyr til måling af tryk i rummet - trykmåling C

KAL 84 til måling af trykket i rummet.

4 Fyring med vådt træ

For at få det naturlige træk til at fungere, er det nødvendigt at åbne vinduer i lokalet. Optændingsforholdene er meget realistiske. En kold, fugtig efterårsskorsten.

Træet er af ”trælasttypen” (blandet løvtræ), med et vandindhold på ca. 40 %. For at opnå en god optænding, benyttes kløvet træ i mindre stykker.

Det koster meget energi, når vandet i det våde træ skal fordampe, det betyder, at der skal fyres aggressivt for overhovedet at holde ild i træet i brændeovnen.

Naturligt træk

Det lykkes ikke at opnå en temperatur, der kan få forbrændingen rigtigt i gang.

Temperaturen kommer ikke over 40-50 °C. Der løber kondensvand ned af glasruden og røgdviklingen er voldsom.



Fyring ved naturligt træk

Boost med røgsuger

Ved at booste med røgsugeren lykkes det at få temperaturen op på ca. 200 °C i røgrøret, men forbrændingen dør igen ud, når der ikke boostes.



Boost med røgsuger

Forbrænding ved 50 Pa

Det lykkes at få en forbrænding i gang ved 50 Pa. Forbrændingen er stadig meget dårlig på grund af det høje vandindhold. Temperaturen kommer op på omkring 200 °C i røgrøret.



Forbrænding ved 50 Pa

5 Fyring ved naturligt træk og uden røgsuger



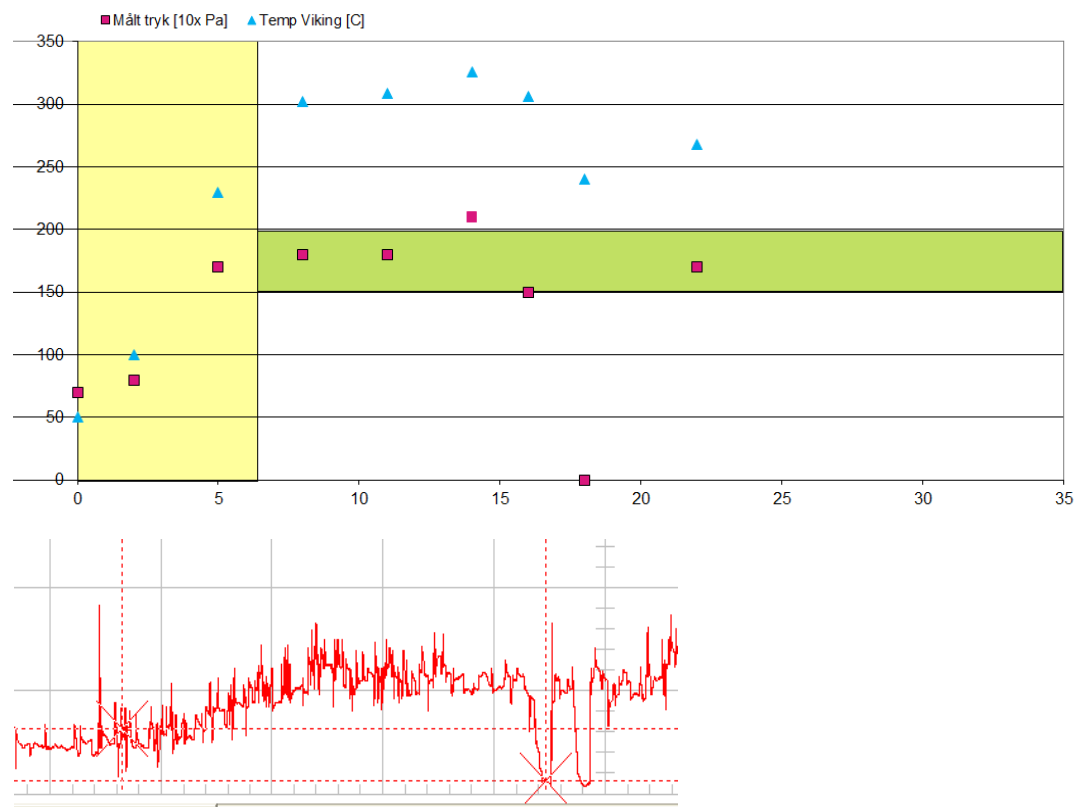
Skorstenen

Fyringssekvensen gennemføres efter ”Optimal forbrænding”. For at få det naturlige træk til at fungere er det nødvendigt at åbne vinduer i lokalet. Skorstenen er syv meter høj og vinden ligger på 14-15 m/s.

Optændingsforholdene er bedre, end man normalt kan forvente, da der har været fyret i skorstenen inden for de sidste to timer. Der er derfor allerede fra start en naturlig opdrift i skorstenen.

Træet er af ”trælasttypen” (blandet løvtræ), med et vandindhold på 18 %. For at opnå en god optænding, benyttes kløvet træ i mindre stykker.

Diagram: Fyringssekvens ved fyring med tørt træ uden røgsuger



Diagrammet viser fyringssekvensen de første 20 min. Det tager omkring seks min. før temperaturen er oppe på omkring 250 °C. Forbrændingen forløber tilfredsstillende efter fem min. Her sikrer skorstenen et tryk på mellem 15 Pa og 20 Pa (gult område). Det ses imidlertid ud fra grafen, at trykket varierer en del i forhold til vindstød.

Optændingsfasen

Der ses tydeligt ubrændte gasser fra træet under optændingsfasen. Her måles også en høj koncentration af partikler i røgen. Det tager omkring seks minutter at nå forbrændingsfasen.



Optændingsfasen ved åbent vindue

Forbrænding

Skorstenen giver et tilfredsstillende træk på 15-20 Pa. Forbrændingen sker også tilfredsstillende med træ der har et vandindhold på 18 %, så længe referencetrykket i opstillingsrummet er tæt på 0 Pa.

Det vil være svært at holde temperaturen oppe og dermed det naturlige træk på et tilfredsstillende niveau med store stykker træ, og den tilfredsstillende forbrænding skyldes udelukkende, at træet er kløvet i mindre stykker. Mindre stykker træ giver mere overflade

pr. kg, og herved større afgasningsmulighed, hvilket igen giver varme hurtigt ved den rigtige luftmængde. I modsætning til en forbrænding ved høj temperatur, hvor større stykker er bedre, da afgasningen er mindre og brændet holder længere (herunder mindre afbrændt effekt).



Forbrænding ved åbne vinduer

Efter 17 og igen ved 18 minutter lukkes vinduerne forsøgsvis i rummet. Den manglende tilføring af luft skaber et undertryk på ca. 10-30 Pa. Det resulterer øjeblikkeligt, at ilden slukker og der sker røgudvikling i rummet.



Forbrænding ved lukket vindue

Glødelagsfasen

På grund af den høje skorsten er det muligt under glødelagsfasen at opretholde et træk, der giver en fornuftig udbrænding, efter at der igen er åbnet for tilluftsmuligheder.

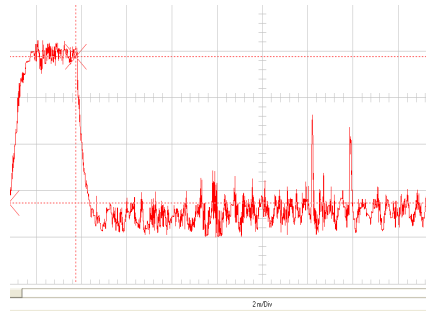
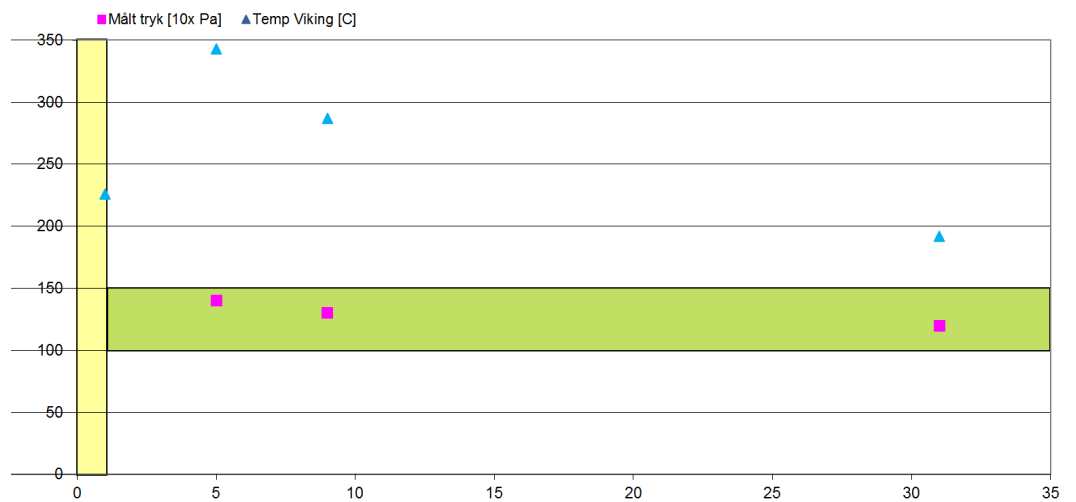


Forbrænding ved glødelag efter vinduet igen er åbnet

6 Fyring med røgsuger og konstanttrykstyringsystem

Fyringssekvensen gennemføres efter ”Optimal forbrænding”. Da der benyttes en røgsuger er det ikke nødvendigt at åbne vinduer for at få aftrækket til at fungere. Trykforhold i bygningen under testen svarer til trykforholdene under de tidligere beskrevne forsøg.

Diagram: Fyringssekvens ved fyring med konstanttrykreguleringssystem og røgsuger



Diagrammet viser fyringssekvensen. Det tager omkring 2 min. før temperaturen er oppe på omkring 250 °C. Efter fem min. stopper røgsugerens boost periode. Her sikrer det automatiske system at trykket forbliver på 15-20 Pa under resten af forbrændingsperioden.

Optænding

Optændingen er enkel.

Man trykker start på styringen, hvorefter der etableres et undertryk i skorstenen i forhold til opstillingslokalet. Herefter kan



Forbrænding ved optænding

brændeovnsdøren åbnes uden, der kommer røg eller aske ind i lokalet.
Der tændes op efter "Optimal forbrænding".
Temperaturen i brændeovnen stiger væsentlig hurtigere end ved naturligt træk.

Forbrænding

Forbrændingen forløber ved en temperatur på over 250 °C i røgrøret.
Flammebilledet ser fint ud og partikelmålingen siger "Lavt niveau".

Sammenligning mellem med og uden konstanttrykreguleringssystem

Den største forskel mellem naturligt træk og konstanttrykreguleringssystemet er optændingstiden. Selv under optimale forhold er konstanttrykreguleringssystemet fire minutter hurtigere til at opnå den nødvendige temperatur for optimal forbrænding.

Derudover sikrer konstanttrykreguleringssystemet altid optimale trykforhold i skorstenen. Selv når trykket i bygningen hele tiden ændrer sig.

Diagram: Naturligt træk

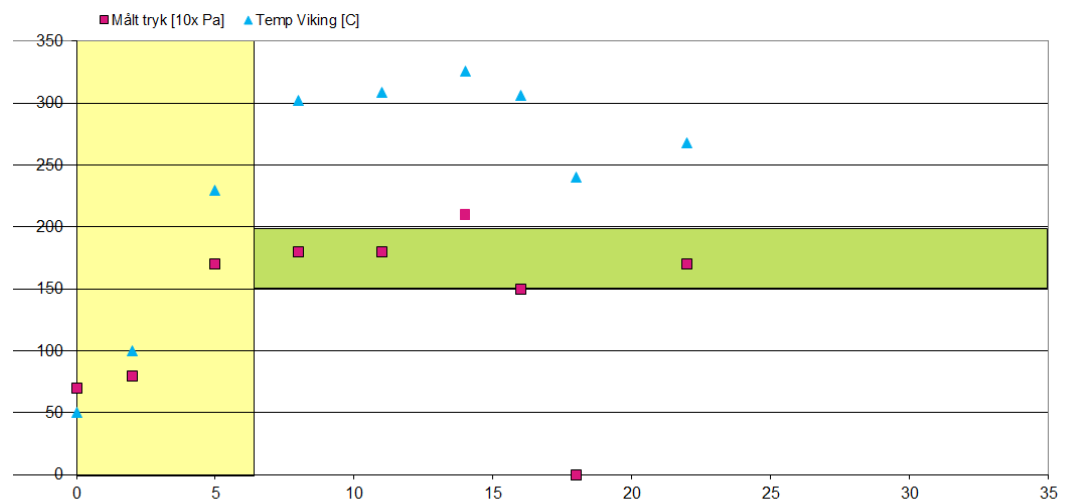
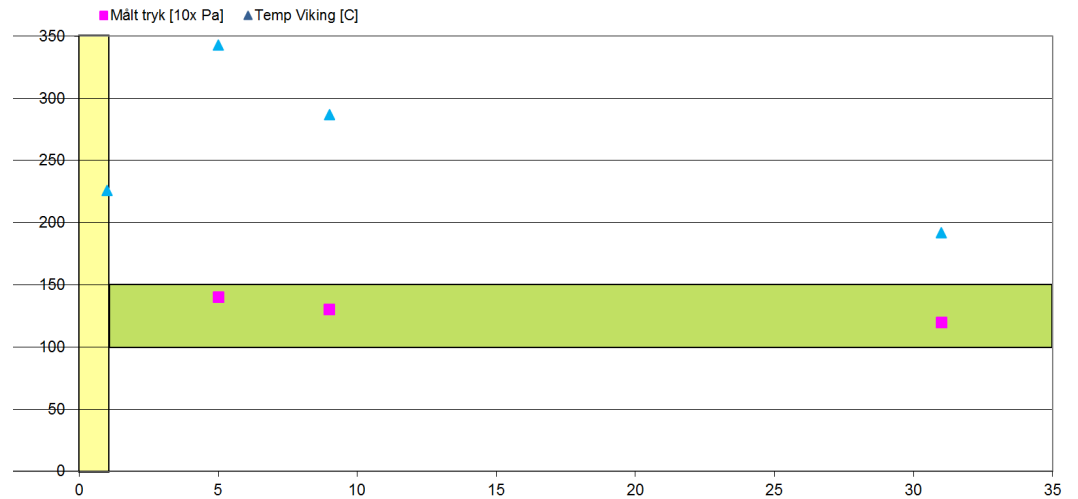


Diagram: Konstantrykreguleret træk med røgsuger



Automatisk trykssystem

Trykket i skorstenen er først stabilt efter 8 minutter ved naturligt træk, hvorimod systemet opnår det fastlagte træk i skorstenen med det automatiske trykssystem efter 1 minut. (Der kan vælges i intervaller fra 1 til 15 minutter. Her var valgt 1 minut). Partikelforureningen vurderes til at være henholdsvis middel ved naturligt træk og lavt ved brug af konstantrykreguleringssystemet. Der er dog en vis usikkerhed i denne måling.

7 Forbrænding under forskellige trykforhold

Den optimale forbrænding er meget afhængig af trykforholdene uden for og i bygningen. Konstantrykreguleringsystemet kan afhjælpe de fleste problemer ved varierende tryk.

Undertryk i bygningen

I flere situationer er det testet, at det automatiske system kan afhjælpe problemer med undertryk i bygningen.

Forbrændingen går helt i stå, når trykket i skorstenen falder til nul Pa. Helt galt går det, når trykket bliver større end nul i skorstenen. Så tvinges røgen ind i lokalet.

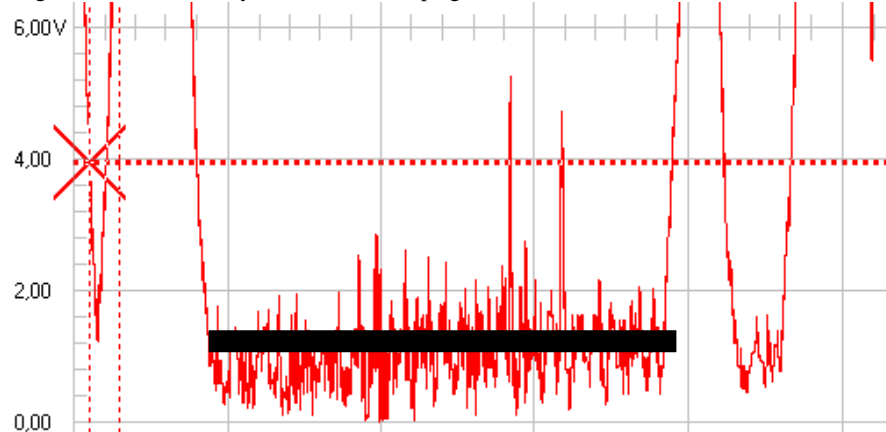
Røgnedslag pga. turbulent vind

Dette er ikke set under testene. Erfaringen siger, at løsninger med røgsugersystemer er mere immune over for turbulent vind.

Trykændring pga. vindstød.

Vindstød giver små, hurtige variationer i trykket i skorstenen.

Diagram: Variationer i trykket i skorstenen på grund af vindstød



Middelværdien for trykket i forbrændingsperioden i ovenstående test er:

$$(1,2 \text{ V}/10 \text{ V}) \times 150 \text{ Pa} = 18 \text{ Pa}$$

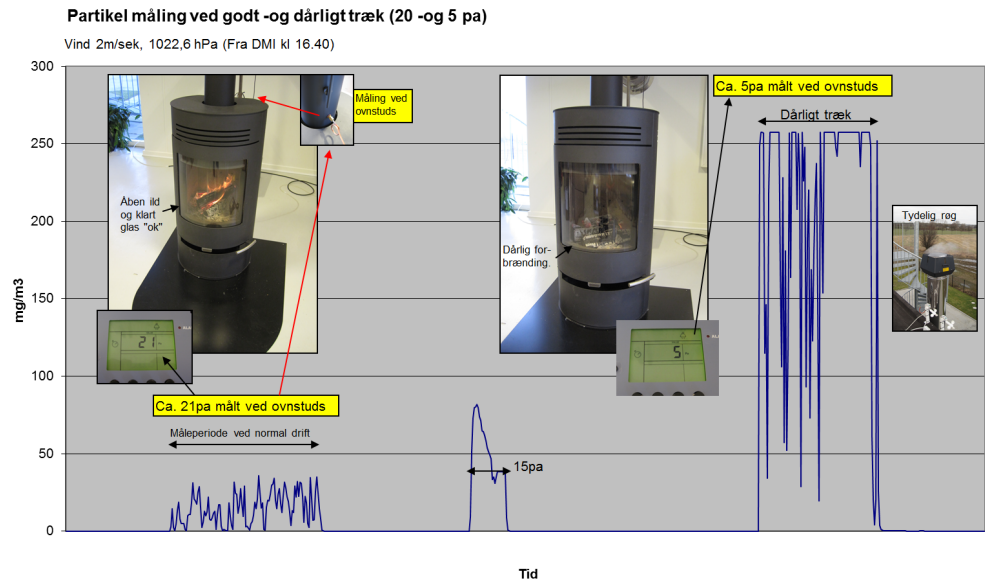
Der er ikke væsentlig forskel på variationerne ved naturligt træk og det automatiske system. I ovenstående eksempel kan der være problemer i de få tilfælde trykket nærmer sig 0,00, dvs. ingen træk eller flow i skorstenen.

I det automatiske system har brugeren mulighed for at ændre arbejds punktet, således at trykvariationerne forårsaget af vindstød ingen betydning får.

Brændeovnsens optimale arbejdstryk

Det har ikke været muligt at vise brændeovnsens optimale trykomsråde. Der er ingen tvivl om, at forbrændingens kvalitet forringes væsentligt ved undertryk der ligger under fabrikantens opgivne arbejdstryk for brændeovnen. Det har dog ikke været muligt at teste, hvorledes et større tryk påvirker kvaliteten af forbrændingen.

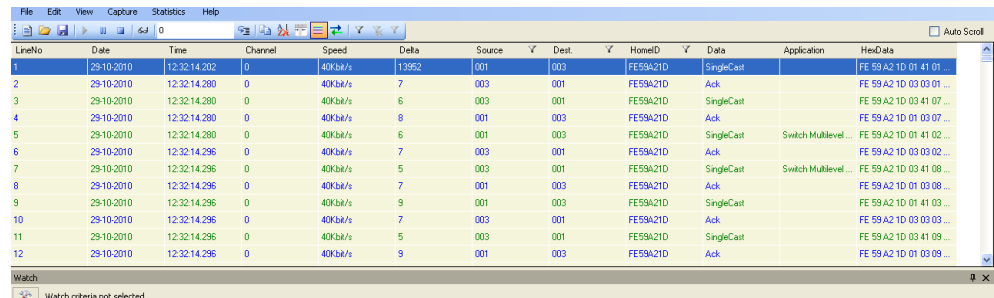
Ved at sætte skorstenstrækket til henholdsvis ca. 20 Pa (bedre end brændeovnsfabrikantens angivne arbejdstryk) og ca. 5 Pa (ringere end brændeovnsfabrikantens angivne arbejdstryk) vha. konstanttrykreguleringen kunne det, i dette forsøg, ses, hvordan udledningen af partikler til atmosfæren blev kraftigt forøget ved et dårligt og utilstrækkeligt skorstenstræk.



8 Dataopsamling med Z-wave

Der er desværre ingen eksterne systemer, der pt. kan håndtere data fra et røgsugersystem. Ved at benytte Z-wave-teknologi, er det imidlertid muligt at stille data til rådighed for eksterne systemer.

Informationer om effektforbrug, aktuelt strømforbrug og aktuel status på systemet bliver tilgængelige. Under testen blev disse data logget ved hjælp af Z-wave-protokollen.



The screenshot shows a software interface for capturing Z-wave data. The main window displays a table of captured messages with the following columns: LineNo, Date, Time, Channel, Speed, Delta, Source, Dest, HomeID, Data, Application, and HexData. The data rows show a sequence of messages, including 'Ack' and 'SingleCast' types, with various source and destination IDs and HomeIDs. The 'HexData' column contains hexadecimal representations of the message payloads.

LineNo	Date	Time	Channel	Speed	Delta	Source	Dest	HomeID	Data	Application	HexData
1	29-10-2010	12:32:14.202	0	40Kb/s	13952	001	003	FE59A21D	SingleCast		FE 59 A2 1D 01 41 01 ...
2	29-10-2010	12:32:14.280	0	40Kb/s	7	003	001	FE59A21D	Ack		FE 59 A2 1D 03 03 01 ...
3	29-10-2010	12:32:14.280	0	40Kb/s	6	003	001	FE59A21D	SingleCast		FE 59 A2 1D 03 41 07 ...
4	29-10-2010	12:32:14.280	0	40Kb/s	8	001	003	FE59A21D	Ack		FE 59 A2 1D 01 03 07 ...
5	29-10-2010	12:32:14.280	0	40Kb/s	6	001	003	FE59A21D	SingleCast	Switch Multilevel...	FE 59 A2 1D 01 41 02 ...
6	29-10-2010	12:32:14.296	0	40Kb/s	7	003	001	FE59A21D	Ack		FE 59 A2 1D 03 03 02 ...
7	29-10-2010	12:32:14.296	0	40Kb/s	5	003	001	FE59A21D	SingleCast	Switch Multilevel...	FE 59 A2 1D 03 41 08 ...
8	29-10-2010	12:32:14.296	0	40Kb/s	7	001	003	FE59A21D	Ack		FE 59 A2 1D 01 03 08 ...
9	29-10-2010	12:32:14.296	0	40Kb/s	9	001	003	FE59A21D	SingleCast		FE 59 A2 1D 01 41 03 ...
10	29-10-2010	12:32:14.296	0	40Kb/s	7	003	001	FE59A21D	Ack		FE 59 A2 1D 03 03 03 ...
11	29-10-2010	12:32:14.296	0	40Kb/s	5	003	001	FE59A21D	SingleCast		FE 59 A2 1D 03 41 09 ...
12	29-10-2010	12:32:14.296	0	40Kb/s	9	001	003	FE59A21D	Ack		FE 59 A2 1D 01 03 09 ...

Automatisering af aftræk gennem brændeovn og skorsten, Exodraft (tidligere Exhausto)

Der er udviklet en løsning til automatisering af træk gennem brændeovnen og skorstenen. Løsningen er en konstantryksregulering til pejse og brændeovne i form af en trådløs styring med en trykmåler til røgsugerens. Konstantryksregulering, som, sammen med en røgsuger er beregnet til montering på toppen af skorstenen, holder et jævnt træk i skorstenen og kan dermed hjælpe til mere optimale forhold under bl.a optænding i brændeovn.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

[www. mst.dk](http://www.mst.dk)