

# KONDENS I SKORSTENER

Av

sivilingeniør Hallvard Hagen

OSLO 1960

---

Særtrykk av Norsk VVS, nr. 10, 1960

# KONDENS I SKORSTENER

AV SIVILINGENIØR HALLVARD HAGEN

Norges byggforskningsinstitut

*Blant de spesialutvalg som arbeider innenfor Norges byggforskningsinstitut finnes også et skorstensutvalg, som i en tid har arbeidet med problemer i tilknytning til skorstener i boligbygg.*

*I fyringssesongen 1958/59 er det utført endel forsøk med sikte på å forebygge de stadig mer alminnelige skader som er oppstått ved petroleumsfyring. Dette arbeidet er vesentlig utført av sivilingeniør Bjarne Spilsberg ved N. B. I. med velvillig bistand fra Oslo Brannvesen.*

*Resultatene av disse undersøkelser og forsøk presenteres i den etterfølgende artikkel som av forfatteren tidligere er holdt som foredrag på Norges byggforskningsinstitut den 15. og 16. oktober 1959.*

Problemet med kondens i skorstener er på ingen måte nytt, selv om det først er i de siste par årene — etter at petroleumsbrennerne kom på markedet — at det har blitt mer alminnelig kjent.

Nå vil det nok være galt å slå saken stort opp og påstå at kondensering i skorstener er et alminnelig problem, men på den annen side er det sikkert riktig at folk — spesielt de som har installert petroleumsbrennere — er klar over muligheten for kondensplager i skorstenen, slik at de i tide kan gjøre sitt til å redusere sjansene for disse ubehagelighetene. For ubehagelighetene kan være store for de forhåpentligvis få som virkelig er plaget, kanskje så alvorlige at skorstenen må mures om allerede etter første fyringssesong. Dette har ofte skapt vanskeligheter f. eks. i boligselskap, hvor det kan være et stort spørsmål hvem som skal bekoste reparasjonene. Det finnes derfor i dag både store og små byggelag som generelt nekter medlemmene å bruke petroleumsbrennere, selv om dette kan gå ut over de mange som må rive ut sine brennere og gå over til en annen og mer arbeidskrevende fyringsform. Dette til tross for at den store mengden sannsynligvis aldri vil få noen ubehageligheter med petroleumsfyring.

*Hvorfor blir røkgassen så fuktig?*

Hva kommer det så av at så betydelige vannmengder kan slå seg ned inne i skorstensløpet slik at hele skorstenen blir gjennomvåt og vannet kan renne ned skorstensvangene både utvendig og innvendig? Hvis vi ser på hvilke muligheter det er for å få tilført fuktighet til røkgassen, ser vi at det er tre forskjellige ting som kan bidra til dette:

1. Det vil alltid være en del fuktighet i forbrenningsluften, og denne fuktigheten finnes selvsagt igjen i røkgassen.
2. Brenselet kan dessuten inneholde en del vann som går over til vanddamp i røkgassen.
3. Brenselets innhold av vannstoff vil reagere med luftens surstoff og som sluttprodukt gi vann dvs. vanddamp.

For å få en bedre forståelse av betydningen av hver av disse tre faktorer er det nødvendig å kjenne litt til hvordan forbrenningen skjer, og siden kondensproblemet i dag utvilsomt er størst ved petroleumsfyring, er dette brenselet her nyttet i et illustrerende eksempel med ganske enkel forbrenningskjemi.

Tabell I.

## Forbrenningsligninger for petroleum

Kjemisk sammensetning:	Kullstoff (C)	85,5 vekt-%	
	Vannstoff (H <sub>2</sub> )	14,5	»
Forbrenningsreaksjoner	C + O <sub>2</sub> → CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> + 1/2 O <sub>2</sub> → H <sub>2</sub> O	
Vektforholdstall	12 + 32 → 44	2 + 16 → 18	

Til forbrenning av 1 kg petroleum medgår en surstoffmengde på  $0,855 \cdot \frac{32}{12} + 0,145 \cdot \frac{2}{16} = 3,44$  kg, tilsv. 12,0 nm<sup>3</sup> luft.

Ved forbrenning av 1 kg petroleum dannes

$$0,145 : \frac{2}{18} = 1305 \text{ gram vann}$$

som ved minste lufttilførsel må opptas i 13,24 nm<sup>3</sup> røkgass, dvs. ca. 100 gram vann pr. nm<sup>3</sup> røkgass.

En kjemisk analyse av petroleum viser at brenselet består av 85,5 % kullstoff (C) og 14,5 % vannstoff (H<sub>2</sub>). Ved fullstendig forbrenning reagerer kullstoff med surstoff og danner kulldioksyd etter ligningen C + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub>. Nyttet her molekylvektene, som for kullstoff er 12 og for surstoff 32, reagerer altså 12 gram kullstoff med 32 gram surstoff og danner 44 gram kulldioksyd. Vannstoffet reagerer med surstoff og danner vann etter ligningen H<sub>2</sub> + 1/2 O<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>O, og siden vannstoffets molekylvekt er 2, reagerer 2 gram vannstoff med 16 gram surstoff og danner 18 gram vann.

Til forbrenning av 1 kg petroleum — som består av 0,855 kg kullstoff og 0,145 kg vannstoff — medgår en surstoffmengde på

$$0,855 : 32/12 + 0,145 : 16/2 = 4,44 \text{ kg,}$$

noe som tilsvarer 2.6 nm<sup>3</sup>. Siden vanlig luft består av 21 volum% surstoff, vil teoretisk nødvendig luftmengde for forbrenning av 1 kg petroleum være 2.6/0.21 = 12.4 nm<sup>3</sup>. (Betegnelsen normal kubikkmeter (nm<sup>3</sup>) angir volumet ved vanlig atmosfæretrykk og 15–20° temperatur.)

Forbrenningsligningen for vannstoff viste altså at 2 vektdeler vannstoff forbrenner med 16 vektdeler surstoff og danner 18 vektdeler vann. Siden 1 kg petroleum inneholder 145 gram vannstoff, dannes ved forbrenningen en vannmengde på 145 : 18/2 = 1305 g. Det dannes altså mer vann enn det forbrennes petroleum. Denne vannmengden må opptas av røkgassen, som ved minste lufttilførsel har et volum på vel 13 m<sup>3</sup> (ved atmosfæretrykk og 20° temperatur). Røkgassvolumet er altså noe større enn volumet av forbrenningsluften, noe som kommer av at et 1/2 molekyl surstoff er med og danner 1 molekyl vanddamp, altså en fordobling av volumet. Hver m<sup>3</sup> røkgass må altså oppta ca. 100 gram vann. Dette gir et betydelig fuktighetsinnhold. Til sammenligning inneholder vanlig rumluft kanskje 6 gram vann pr. m<sup>3</sup>. Disse 6 gram som også da finnes i forbrenningsluften kommer dessuten i tillegg til det vann som dannes ved forbrenningen, dvs. at det i alt blir over 100 gram vann pr. m<sup>3</sup> røkgass.

Fuktigheten i en gass blir ofte angitt ved duggpunktet. F. eks. kan vanlig tørr rumluft ha et duggpunkt på ca. 5°, mens duggpunktet i fuktig kjøkkenluft kanskje ligger på 15°. På enhver flate — f. eks. en vindusrute — som er kaldere enn disse temperaturene, vil det felles ut dugg. Tilsvarende vil den fuktige røkgassen i eksemplet felle ut vann på alle flater som har en lavere temperatur enn 53°, og jo lavere temperaturen er, desto mer vann felles ut. Ved avkjøling av røkgassen til f. eks. 40° vil det kunne felles ut 0.65 liter vann for hver kg forbrent petroleum.

Som en enkel konklusjon på selve forbrenningsprosessen kan det være greit å huske: 1 liter petroleum danner ved forbrenning vel 1 liter vann.

Som allerede nevnt er den fuktige røkgassen ikke noe enestående for petroleumsfyring. Alle vannstoff-

rike brensel, i første rekke de gassformige og flytende brensel, men også ved og torv og i mindre grad kull vil produsere til dels betydelige mengde vanddamp. Til dette kommer at enkelte av de faste brensel kan inneholde store mengder fritt vann som fordampes og går over i røkgassen. Det er vanlig praksis ved de faste brensel å referere alle størrelser til 1 kg tørt brensel, slik at f. eks. ved med 30 % fuktighetsinnhold vil si at for hver kg tørr ved finnes det dessuten 300 gram vann. Siden forbrenningsligningen bare er bestemt av det tørre brensel, vil det oppgitte vanninnholdet uten videre komme i tillegg til det vannet som dannes under forbrenningen.

#### Røkgassens fuktighet ved ulike brensel.

I tabell 2 er det satt opp en sammenstilling over de forskjellige brensel, deres kjemiske sammensetning og røkgassens vanddampinnhold ved forbrenning med teoretiske nødvendig luftmengde. De brenselene som er vist i tabellen, er petroleum, fyringsolje 1 og gass fra gassverk. For ved er det regnet med forskjellig fuktighetsinnhold. 15 % fuktighet har vi i den tørreste ved vi kan få i praksis, idet disse 15 % omtrent tilsvarer likeveksforholdet mellom fuktigheten i luften og fuktigheten i alt trevirke.

Ved med 40 % fuktighet kan nærmest betegnes som halvtørr ved, idet ved på rot inneholder 70 % fuktighet. Når ved blir utsatt for lengre tids fuktighet i form av fritt vann, som f. eks. ved fløting, kan fuktighetsinnholdet komme opp i over 100 %, dvs. vannvekten er større enn tørrstoffvekten.

Kull og koks har en normalfuktighet på ca. 3 %, men hvis de har ligget ute i langvarig regnvær, vil fuktigheten øke, spesielt i den porøse koksen hvor den kan komme opp i 15 %.

De to neste kolonnene viser brenselets innhold av kullstoff og vannstoff, hvor vi tidligere har sett at vannstoffinnholdet er avgjørende for hvor fuktig røkgassen blir. Det er forresten ikke direkte de absolutte tall for vannstoffinnholdet som er av-

Tabell II.

De alminneligste brensel, deres kjemiske sammensetning og røkgassens vanddampinnhold ved forbrenning av 1 kg «tørt» brensel med minste luftmengde som gir fullstendig forbrenning.

	Kullstoff vekt-%	Vannstoff vekt-%	Røkgass- mengde nm <sup>3</sup>	Vanddamp i røkgassen				Vanddamp pr. nm <sup>3</sup> røkgass g/nm <sup>3</sup>	Røkgassens duggpunkt °C
				Brenselets vanninnhold g	Dannet ved forbrenning g	Med for- brennings- luften g	Sum g		
Petroleum .....	85,5	14,5	13,2	0	1305	75	1380	104	53
Fyringsolje I .....	86,8	12,4	12,7	0	1110	70	1185	94	51
Bygass .....	22,6	9,9	4,9	0	890	30	920	187	65
Skogsved, 15 % fukt	50,4	6,2	7,0	150	560	40	750	107	53
» 40 % »	50,4	6,2	7,3	400	560	40	1000	136	59
» 70 % »	50,4	6,2	7,7	700	560	40	1300	168	63
Kull 3 % »	85,0	5,0	9,7	30	450	55	535	55	40
Koks 3 % »	97,0	0,5	9,5	30	45	55	130	14	17
» 15 % »	97,0	0,5	9,7	150	45	55	250	26	27



gjørende, men forholdet mellom vannstoffinnholdet og kullstoffinnholdet. Et brensel kan gjerne inneholde store mengder av ubrennbare bestanddeler som f. eks. surstoff og kvelstoff; dette er tilfelle med både bygass og ved, og siden disse stoffer ikke trenger forbrenningsluft — surstoffet vil til og med redusere behovet for forbrenningsluft — vil den dannede røkgassmengde ble relativt liten og følgelig fuktighetsprosenten høy. Vi ser av tabellen at forholdet mellom innholdet av vannstoff og kullstoff er størst ved bygass og så i rekkefølge: petroleum, fyringsolje 1, ved, kull og til slutt koks som er nesten fritt for vannstoff. Den vannstoffrike gassen er jo nettopp et produkt som blir utskilt ved koksframstilling.

De neste kolonner viser hvordan fuktigheten i røkgass oppstår og hvor mange gram vanddamp som dannes ved forbrenning av 1 kg brennstoff regnet etter tørrstoffets vekt. Første kolonne angir den vanddampmengde som kommer fra det frie vann i det fuktige brensel, altså direkte de tall som er angitt som brenselets fuktighetsinnhold. Neste kolonne angir den vandmengde som dannes ved forbrenning av brenselets vannstoff, dvs. tall som er proporsjonale med de oppførte prosenttall for vannstoff. Derpå vandmengden som følger med forbrenningsluften og endelig den totale vanddampmengden. For å få et riktig mål for hvor fuktig røkgassen er, må den totale vanddampmengde sees i forhold til røkgassmengden, og i nest siste kolonne er oppført hvor mange gram vanddamp hver  $\text{m}^3$  røkgass inneholder.

Den fuktige røkgassen kan vi altså få ved gassfyring, og dernest ved fyring med rå ved, siden petroleum, olje og kull. Den tørreste røkgassen får vi ved koksfyring. I tabellens siste kolonne er fuktigheten angitt ved den temperatur røkgassen begynner å skille ut kondens. Holder vi hånden inne i røkgassen, f. eks. i en feiluke på loftet, vil alle røkgassene, bortsett fra den fra koksfyring, felle ut fuktighet på hånden. Vi må være klar over at alle disse tallene gjelder under forutsetning av at lufttilførselen holdes på et teoretisk minimum for fullstendig forbrenning, altså en forbrenningsform som alltid tilstrebes i praksis, men som en aldri helt kan oppnå.

Jeg har gått så nøye inn på fuktighetsforholdene ved de forskjellige brensel for å understreke at det øyensynlig ikke er noen ting som skulle gjøre at en lettere får kondensskader ved petroleum enn ved enkelte andre brensel. Det er nemlig reist kritikk mot brennerfabrikanter og forhandlere over at publikum ved kjøp av brennere ikke var gjort oppmerksom på den større kondensfare ved petroleumfyring. Jeg tror imidlertid at alle forhandlere først på et senere tidspunkt er blitt oppmerksom på problemet etter at de har fått erfaring med brennere fra praktisk bruk.

#### Luftoverskudd reduserer kondensfaren.

I de to tabellene som er vist, var det regnet med at det ikke var noe luftoverskudd ved forbrenningen; dette betegnes vanligvis med luftoverskuddstall 1. Hvis lufttilførselen er dobbelt så stor som nødvendig for fullstendig forbrenning, sies at luftoverskuddstallet er 2, osv. Det er innlysende at jo større luftoverskuddstallet og dermed røkgassmengden er, desto mindre blir innholdet av vanddamp pr.  $\text{m}^3$  røkgass. Dette fremgår av fig. 1 som viser røkgassens dugg-

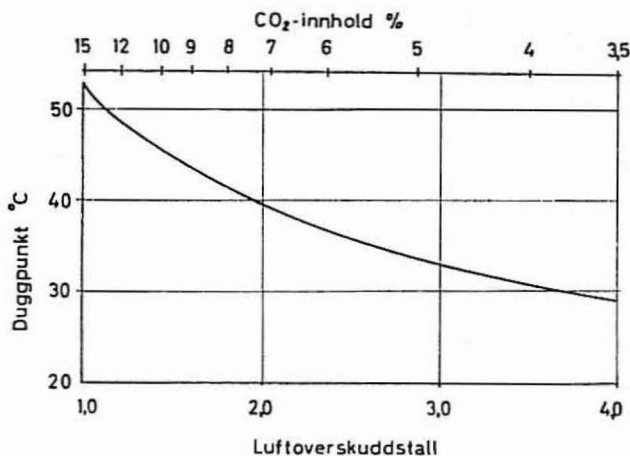


Fig. 1. Petroleumfyring. Røkgassens duggpunkt i avhengighet av luftoverskuddstallet.

punkt i avhengighet av luftoverskuddstallet. Diagrammet gjelder for petroleumfyring, men kurveforløpet er selvsagt omtrent det samme for alle vannstoffrike brensel. Ved luftoverskuddstall 1, dvs. ikke noe luftoverskudd, er som tidligere nevnt røkgassens duggpunkt  $53^{\circ}$ . Fordobler vi mengden av forbrenningsluft, synker duggpunktet til  $40^{\circ}$ , og ved vanlig fyring kan vi ha duggpunkt helt ned i  $30^{\circ}$ , dvs. en relativt tørr røkgass. Røkgassens prosentinnhold av CO<sub>2</sub> synker med økende luftoverskudd, og siden målingen av CO<sub>2</sub>-innholdet er den vanligste måten til å bestemme luftoverskuddstallet, er det også tegnet inn en CO<sub>2</sub>-skala. Ved petroleumfyring kan vi finne CO<sub>2</sub>-innhold fra 10—12 % og helt ned i 3—4 %, dvs. en stor variasjon i røkgassens fuktighetsinnhold.

Her er vi inne på et annet av de punkter som i vesentlig grad avgjør om et brensel forårsaker kondens eller ikke. Hvis vi har med et brensel å gjøre hvor vi tvinges til å fyre med stort luftoverskudd, blir røkgassen meget tørrere og kondensproblemet unngås, men dette gir altså en noe dårligere fyringsøkonomi, da den store luftmengden som ikke deltar i forbrenningen bare bidrar til å kjøle av ovnen og bringe en større varmemengde ut i skorsteinen.

Vi kan nå ta for oss et praktisk tilfelle med petroleumfyring i en vanlig ovn. Vi kan anta at vi brenner 0.4 liter petroleum pr. time med et luftoverskuddstall på 2.5, dvs. omtrent midlere forbrenningsforhold. Ovnens står i første etasje i et 2-etasjes hus med vanlig teglstensskorsten med  $\frac{1}{2}$ -stens vange. På fig. 2 ser vi hvordan røkgasstemperaturen synker oppover gjennom skorstenen. Selv om røkgassen i dette tilfelle har en temperatur på f. eks.  $200^{\circ}$  når den går ut av ovnen, har den, som den heltrukne kurven viser, sunket helt ned til  $26^{\circ}$  på toppen av skorstenen, en temperatur som ligger langt under røkgassens duggpunkt på  $36^{\circ}$ . Det er lettere å forstå at røkgassen kan bli så langt nedkjølt når en hører at det er så små røkgassmengder som dannes at røken tar omtrent 2 minutter på å passere opp skorstenen. Det er god tid til avkjøling.

I dette tilfelle er det interessant å gjøre et eksperiment, nemlig å slippe en del romluft inn i røkrøret og fortynde røkgassen. La oss si at vi slipper inn like stor falskluftmengde som det er røkgassmengde. Blandingstemperaturen vil da bli  $110^{\circ}$ , men da denne

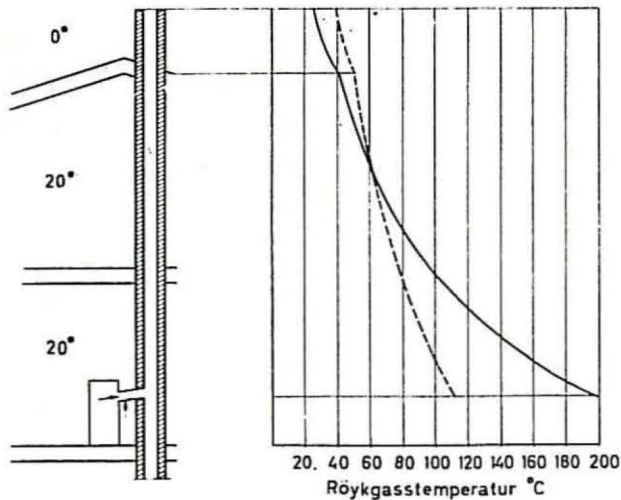


Fig. 2. Røykgassens temperaturfall oppover i skorsteinen.

større røykgassmengden strømmer dobbelt så raskt gjennom skorstenen vil den ikke rekke å bli så langt nedkjølt som før, og vi finner faktisk en høyere temperatur på toppen av skorstenen — 40° —, slik som den stiplede kurven viser, mens røykgassens duggpunkt ved fortyningen har blitt senket til 26°. Kondensproblemet er løst. Enda gunstigere ville det være om vi tilførte den ekstra luftmengde sammen med forbrenningsluften, da ville vi sannsynligvis finne en rekgasstemperatur umiddelbart over inntaket fra ovnen på over 200° og en røykgasstemperatur på toppen av skorstenen på omkring 60°. På tilsvarende måte vil vi finne at en reduksjon av luftoverskuddstallet fra 2.5 til f. eks. 1.5 vil føre til kondens i skorstenen fra omtrent midt i 2. etasje og oppover.

En annen ubehagelighet har vi ved det at kondens fremmer ytterligere kondenseringen. Skorstensvangene blir etter hvert så nedfuktet at varmeisolasjonsevnen blir vesentlig redusert, dvs. vi får kaldere skorstensvanger og dermed øket kondens, og når vannet trekker ned gjennom skorstenen følger kondensdannelsen med.

Vi har sett av en tidligere tabell at rent teoretisk burde ikke petroleum være så ille stillet når det gjelder kondensdannelsen, fuktig ved skulle således være mye verre. Når det allikevel er petroleumsfyring som skaffer oss de største bekymringene, skyldes dette flere forhold. En petroleumsbrenner kan i flere uker arbeide under helt ensartede driftsforhold med usedvanlig god fyringsøkonomi, og her skal vi huske at god fyringsøkonomi betyr små røykgassmengder med lav temperatur. Altså et ideelt opplegg for kondens. Dertil kommer at brennerne kan reguleres ned til en så lav ytelse at endog ovnen kan bli så kald at det er påvist kondensdannelsen allerede før røykgassen går inn i røkrøret. Vi kan kort og godt si: **Problemet med petroleumsbrennere er at de kan være for økonomiske.**

Ser vi på den annen side på forholdene ved vedfyring, kan vi nok ha adskillig verre forhold en kortere tid, f. eks. like etter opptenningen, men en stund senere ligger det bare glør igjen på risten, og den tørre røykgassen av denne forbrenningen opptar fuktigheten fra skorstenen igjen. Den samme tørrende evne har luft som trekker gjennom ovnen og opp

skorstenen etter at alt er helt nedbrent. De som får kondens ved vedfyring, er de som stapper ovnen full av ved før de legger seg om kvelden og struper lufttilførselen ned til et minimum, og kanskje fyrer på samme måte om dagen også.

#### Forholdsregler mot kondens.

Nå som vi kjenner de faktorer som fremmer kondensdannelsen og også de som motvirker denne, kan vi se hvilke eventuelle botemidler vi kan gjøre bruk av ved petroleumsfyring. Jeg skal her nevne de muligheter vi har sett og med velvillig bistand fra Oslo Brannvesen har forsøkt i en del skorstener med utpreget kondensskade. Her er de fleste samlet på ett bilde (fig. 3):

1. Innvendig foring som senkes ned i den øverste del av skorstensløpet. Denne utførelsen har en dobbelt virkning, idet den både reduserer varmetapet ut gjennom skorstensvangene, spesielt når mellomrommet isoleres med mineralull eller lignende — og dessuten gjør at røykgassen får en øket strømningshastighet, så den passerer forttere opp gjennom den øverste delen av skorstenen.
2. Utvendig isolasjon av skorstenen der denne går gjennom et kaldt loft. Dette vil redusere varmetapet på dette stykket, men en utvendig isolasjon er ikke så effektiv som en innvendig isolasjon siden omkretsen av isolasjonen blir omtrent tre ganger så stor ved utvendig isolasjon. For å gi samme isolasjon som ved en innvendig foring må følgelig isolasjonstykkelsen økes til det tre-dobbelte.

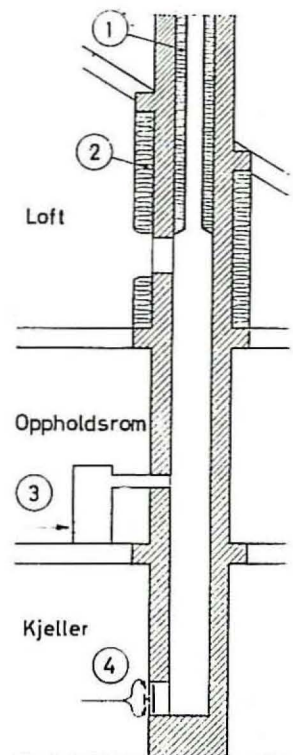


Fig. 3. Fire forholdsregler mot kondens:

1. Innsnevring og innvendig isolasjon av pipeløpet.
2. Utvendig isolasjon av skorsteinen på loft.
3. Større luftoverskudd til forbrenningen.
4. Tilsats av fultluft til pipeløpet.



3. En øking av luftoverskuddstallet, altså større åpning på trekkventilen. Dette vil både gi en høyere røkgasstemperatur, spesielt på toppen av skorstenen og en tørrere røggass, dvs. mindre vann-damp pr. m<sup>3</sup>.

4. Tilsats av falskluft til skorstensløpet. Som vi tidligere har sett, vil dette til å begynne med kjøle av røggassen vesentlig, men vi vil vanligvis få en øket temperatur øverst i skorstenen. Dessuten vil røggasmengden bli større og dermed tørrere. Den viste plasing ved feieluken i kjelleren er ikke den gunstigste, da kjellerluften oftest er både kald og rå, bedre ville det være å slippe inn falskluft i røkrøret, slik som tilfelle er med de trekkregulatorene som av og til installeres. Trekkregulatorene har imidlertid den ulempen at de er lukket når belastningen er på det laveste og sjansen for kondensdannelse er størst. Tilsats av falskluft ved øverste feieluke vil kunne fremme kondensen, idet røggassen da vil bli så nedkjølt at kondens kan inntre ved selve blandingen.

Her må det presiseres at det er forbudt å ha slike åpninger inn til skorstensløpet, det er fordi varmen ikke skal kunne forplante seg ut ved en skorstensbrann. Den løsningen vi har benyttet, skulle imidlertid være meget sikker. Den består av en vanlig ovnsventil, altså en skruventil som er gjenget inn i den ytterste platen i en feiedør. I denne platen er det boret noen hull bak ventilene slik at falskluffen kan komme inn her når ventilen er åpen. Ved indre plate er tetningen som regel så dårlig at luften kan passere omkring denne. Denne labyrinttetningen skulle være meget brann sikker og dessuten skal det jo allikevel ikke være noe brennbart i nærheten av en feieluke. Til syvende og sist er det ikke så lett for flammene å slå ut her nederst i skorstensløpet hvor det er undertrykk.

Endelig foreligger det så en spesiell teori om hvordan kondens kan oppstå i toppen av skorstener, spesielt de med overdimensjonerte pipeløp. Pipeløpet i en vanlig teglstensskorsten er helt overdimensjonert for en enkelt petroleumsbrenner. I disse tilfelle vil røggassen ikke fylle hele pipeløpet, og det er mulighet for kald luft i noen grad å trenge ned gjennom skorstenen, spesielt i hjørnene. Fig. 4 viser noen muligheter for dette. Når det blåser, vil røggassen tvinges over på den ene siden av pipeløpet, og hvirvler av kald uteluft vil kunne slå ned i skorstenen og kjøle denne. Ved stille vær vil røggassen ofte bare danne en kjerne i senter av pipeløpet, og uteluft kan i noen grad trenge ned i hjørnene. Hvis så strømningsbildet skulle forandres et øyeblikk så røggassen treffer de kalde flatene, vil det selvsagt kunne bli en livlig kondens. Disse strømhvirvlene er ikke bare teori, de er ofte enkle å påvise ved røkpøver, men derimot er det ikke helt sikkert at de er kondensfremmende. Det kan like gjerne hende at uteluften bidrar til å tørke ut skorstenen, om enn i liten grad. I noen skorstener har vi allikevel forsøkt å stanse denne nedtrengningen av kald luft ved å innsnevre tverrsnittet på toppen med en enkel plate med et hull som ikke er større enn at røggassen vil fylle hele tverrsnittet.

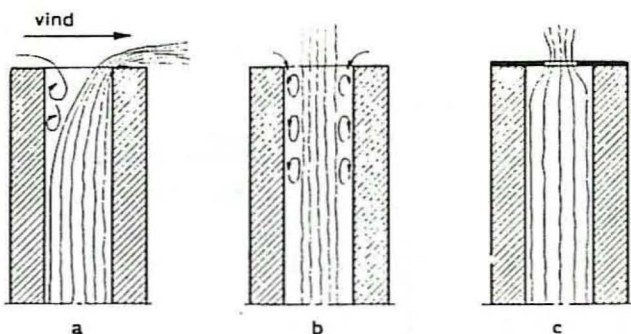


Fig. 4. Muligheter for nedtrenging av uteluft i skorsteinen (a og b) og botemiddel mot dette (c).

Nå vil jeg presisere, at ved alle inngrep i fyringsanlegg eller skorstener må en først få godkjennelse av de stedlige brannmyndigheter og feiervesen. Sikkerheten mot brannfare må selvsagt gå foran alle andre hensyn.

#### Resultatene av forsøkene.

Forsøkene ble satt i gang like før jul 1958. Vanskeligheten med forsøkene var at vi bare kunne utføre disse i skorstener hvor folk var plaget av kondens, altså skorstener som var gjennområ på forhånd og hvor vangenens isolasjonsevne følgelig var dårlig. Det vil således være meget vanskeligere å drive kondens tilbake enn å forhindre at den oppstår i en tørr skorsten. Vi skal også huske at teglstenen i en gjennomfuktet skorsten i et vanlig småhus kan inneholde 200—300 liter vann, så det er mye som må fordampes om skorstenen skal bli tørr igjen.

Forsøkene har altså hatt en meget ugunstig start, men det er fordi det ikke på forhånd er mulig å forutsi hvor det vil dannes kondens.

Først kan vi se på forsøkene med å sette inn en innvendig foring i skorstenen. Fig. 5 viser en skisse av den foringen vi benyttet. Den besto av et sylindrisk rør med diameter 15 cm laget av galvanisert plate. Nederst har det sylindriske rør en konisk overgang med fjærende sidekanter som ligger an mot skorstensvengene. Røret henger i 4 flattjern som hviler på toppen av skorstenen. Hele foringen er isolert med mineralull, som er viklet om røret. Øverst har vi så en løs dekkplate, som kan settes på etter at foringen er senket ned. Til å begynne med var vi noe bekymret for at vi ikke skulle få god nok tetning nederst. Hvis en del røggass ville komme mellom foringen og skorstensvengene, ville denne røggassen bli enda mer nedkjølt enn før og følgelig kondensere enda sterkere. Dette var imidlertid en helt gal tankegang, idet det heller er uteluft som trenger ned i dette mellomrommet. Ved foringens underkant er det selvsagt et undertrykk som forklarer hvorfor det må være slik.

Endelig må jeg si at denne foringen ikke er ment som noen permanent løsning. Hensikten med undersøkelsen var bare å få rede på om prinsippet med en foring ville være effektivt. I det lange løp er det nok fare for at de galvaniserte platene vil tæres i stykker. I stedet kan jeg tenke meg et rør av støpejern, rustfritt stål eller eventuelt et bestandig ikke-metallisk materiale.

Foringene ble laget i forskjellig lengde fra 3 m ned til 0.5 m. Det riktige er vel å la foringen i hvert til-



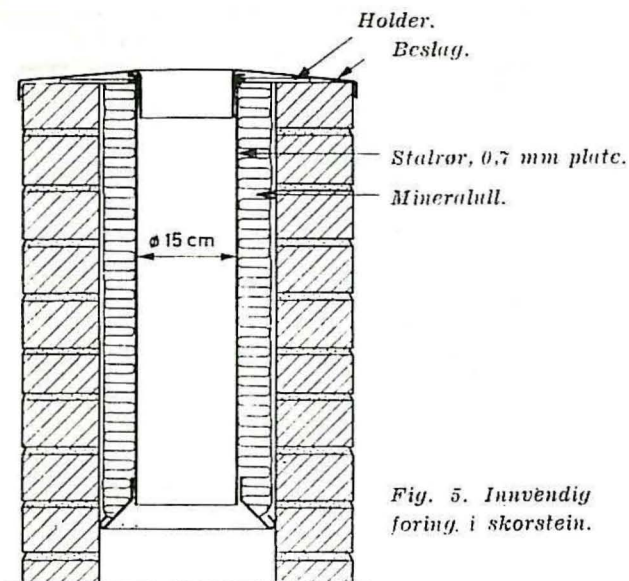
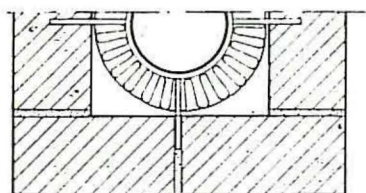


Fig. 5. Innvendig foring i skorstein.



felle gå ned til overkant av feieluken på loftet slik at feiingen derifra og ned ikke hindres.

hjelpe. Vi kom et sted over en skorstein hvor det var satt inn en lignende foring uten at den hjalp noen ting, og det var helt rimelig. Det var en 4-etasjes boligblokk hvor det bare ble fyrt i en leilighet i 2. etasje, og det var med petroleum. Fra ovnen var det trukket et 3—4 meter langt røkrør bort til skorstenen, og enda måtte røken passere opp et par etasjer og gjenem et høyt, kaldt loft. I et slikt tilfelle vil vi nok få kondens allerede i røkrøret, og oppover i hele skorstenen vil det selvsagt være bare elendigheten. I dette tilfelle hadde da også beboerne i 4. etasje et

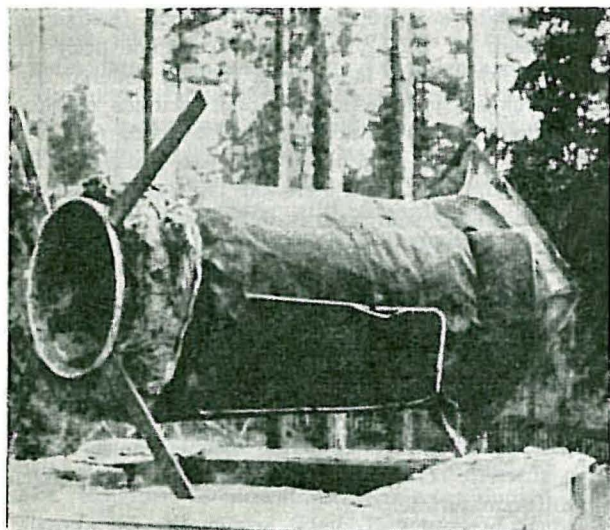


Fig. 6. Ferdig isolert foring klar til nedsenking.

vaskevannsfat stående på gulvet ved skorstenen hele tiden. Fatet tømte de for kondensvann hver morgen og kveld. Under så ugunstige forhold vil nær sagt ingen ting hjelpe, men på et slikt sted er det også utilgivelig av en montør å sette inn en brenner. Dette er ett av de få tilfellene hvor en med sikkerhet kan si på forhånd: Her må det bli kondens.



Fig. 7. Nedsetting av foring.

Ved alle de skortene hvor vi satte inn en slik foring stanset kondensdannelsen, og skorstensvangene tørket efter hvert helt ut. Til og med ved den 40 cm lange foringen vi ser på fig. 6, var resultatet meget gunstig. Den ble satt inn i en vanlig 9" teglstensskorsten i et nytt 1-etasjes hus med lavt loft. Efter kort tid stansett kondensdryppingen i leiligheten som da var skadet i taket og på tapeter. Da 1½ måned var gått uten noe tegn på kondensdannelse, ville vi forsøke om vi fikk det samme gunstige resultat bare ved å ha en innsnevring av røkrøret på toppen slik at ikke kald uteluft kunne trenge ned. Foringen ble fjernet mens beslaget med en hulldiameter på 15 cm beholdt (fig. 8). Allerede ett døgn efter begynte kondensdryppingen igjen like livlig som før, men den stanset ganske snart da vi igjen satt inn foringen ca. 1 uke efter.

Selv om denne foringen var meget effektiv over alt hvor vi installerte den, vil det sikkert være steder hvor forholdene er så ugunstige at den ikke vil

Foruten i det tilfelle jeg allerede har nevnt, ble det et par steder forsøkt med en innsnevring av pipeløpet for å hindre kald luft i å trenge ned i skorstenen. Ikke noe sted ga dette noe påviselig gunstig resultat. Jeg tror at det i alle tilfelle er en noe tvilsom løsning, selv om det enkelte steder i utlandet anføres som et botemiddel mot kondens.

Utvendig varmeisolasjon av skorstenen på loftet ga heller ikke noe gunstig resultat i det tilfelle det ble forsøkt. Det ble benyttet mineralullmatter, men disse ble ganske snart gjennomtrukket av fuktighet. Det må her tilføyes at skorstenen allerede på forhånd var



rå, og de store vannmengder ble naturligvis drevet i retning av den lavere temperatur, altså ut i isolasjonen. Er pipen tørr på forhånd, er det klart at en utvendig isolasjon vil hjelpe, men hvor mye er usikkert å si. Midtvinters ble den gjennomvåte isolasjonen fjernet og en innvendig foring satt inn. Etter noen tid stanset kondensdrypningen på loftet og skorstenen tørket ut.

Tilsats av falskluft gjennom en ventil i den nederste feileluka har ikke gitt resultater det med sikkerhet kan sluttes noe av. Denen løsningen ble forsøkt i 5 tilfelle, men alle steder fortsatte kondenseringen gjennom hele fyringssesongen om enn i liten grad. Det er vanskelig å si hvordan resultatet hadde vært om forsøkene hadde startet med helt tørre skorstener. I ett tilfelle har falsklufttilsetning vist godt resultat. I en enebolig fyrte den tidligere eier med feieluken i kjelleren litt på gløtt — noe som for øvrig ikke er tillatt. Den nye eieren gjorde det som en kunne vente, han stengte feieluken. Kort tid senere oppsto kondensnedslag og så store skader på skorstenen over tak at den falt fra hverandre og måtte mures om (fig. 9).

Den siste løsningen, å øke lufttilsetningen ved brenneren, har vi ikke undersøkt ved egne forsøk, men de som har ringt til oss og klaget sin nød, har vi vanligvis gitt dette rådet. For de aller fleste av dem vi senere har kontaktet har det hjulpet, idet kondensdannelsen har forsvunnet eller blitt redusert. Men i enkelte tilfelle har det ifølge huseieren ikke vært noen bedring. I de tilfelle hvor det sikkert har hjulpet, har ovnene allerede fra høsten av blitt fyrte med et større luftoverskudd så en ikke hadde den ugunstige starten med en rå skorsten.

Nu vil det kanskje også kunne sies at det er vår vanlige teglstensskorsten som er skyld i alle vanskelighetene med kondens. Hadde vi hatt en bedre isolert skorsten, med mindre — gjerne sirkulært — pipe-tverrsnitt, ville vi ha fått en høyere røkgasstemperatur på toppen av skorstenen og dermed sikkert unngått det alt overveiende antall kondensskader. Ennu kan vi dessverre lese i brosjyrer for varmelegg i småhus: Ovnene bør tilknyttes en rikelig dimensjonert skorsten så trekken blir god. Dette er i alminnelighet en opplagt selvmotsigelse, idet trekken som regel ville bedres vesentlig om vi fikk redusert pipetverrsnittet til halvparten eller tredjeparten av det tverrsnittet vår overdimensjonerte teglstensskorsten har. Derved ville røkgassens temperatur i skorstenen bli høyere og derfor gi bedre oppdrift. Strømningsmotstanden



Fig. 9. Skorsten på villa ved Oslo, som ble ødelagt etter 2 sesongers fyring med parafinbrenner. Etter den første sesongen falt pussen (rapping) av. Etter den andre sesongen var fugene ødelagt, og deler av teglstenen falt ned. Som en sikkerhet hadde eieren trukket netting rundt skorstenen. Etter byggeforskriftene skal skorstenen over tak mures med hårdbrant sten, men det viste seg at denne bestemmelse ikke var fulgt. Årsaken til dette ble oppgitt å være at hårdbrant sten har vært vanskelig å skaffe i etterkrigsårene. En pipe av hårdbrant sten ville muligens ha holdt stand noe lenger.

i selve pipeløpet vil likevel være så liten at den nesten kan neglisjeres. De ting som her er sagt, gjelder bare for små fyringsanlegg. Ved skorstener hvor det er tilknyttet peiser eller større fyringsanlegg, bør en være mer forsiktig med en slik reduksjon av skorstens-tverrsnitt.

#### Hvordan opptrer så kondensskadene?

De første synlige tegn på kondensskade er gjerne brune skjolder utvendig på skorstenen over tak eller på uoppvarmet loft, og skyldes sotholdig kondensvann som har vandret gjennom vangene. Siden kan så kondensvannet trekke ned i leilighetene og misfarve tapeter og takflater. Også nede i leilighetene hender det at hele den utvendige del av skorstenen blir brunskjoldet. På fig. 10 ser vi en begynnende misfarging i en leilighet. Andre ganger synes det som om kondensvannet er nesten farveløst. Men det kan oppstå andre skader, og når det begynner å dryppe fra taket, er det jo alltid sjenerende (fig. 11). Loftsgulvet kan også være temmelig utsatt; i enkelte tilfelle har det her dannet seg store vanddammer, og fuktigheten har så trukket ned i bjelklaget.

Sammen med kondensgjennemsling i skorstenen følger ofte en ubehagelig lukt, som kan være så plagsom at den har gjort loftet ubrukelig til f. eks. oppbevaring eller tørking av tøy.

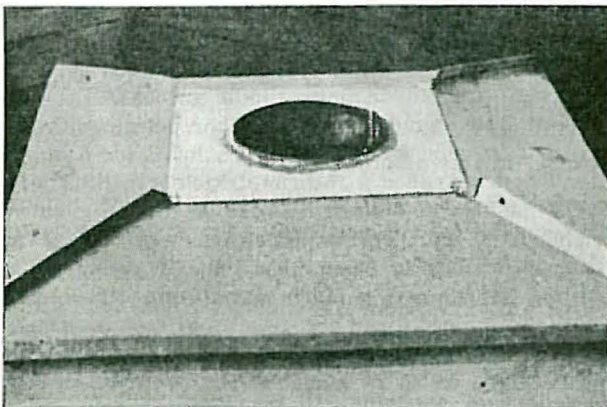


Fig. 8. Beslag på toppen av skorstenen med redusert åpning.





Fig. 10. Kondenssskade i soverum i 2. etasje. Sammen med kondensvannet følger plagsom lukt. 9" x 9" skorstenen med 2 ildsteder. I 1. etasje petroleumbrenner, i 2. etasje kamin for fast brensel, som nyttes bare på kalde dager. Oppvarmingen skjer vanligvis elektrisk.

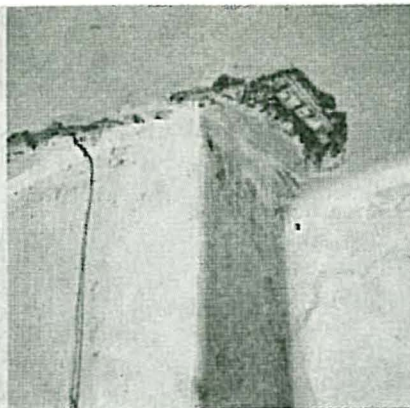


Fig. 11. Kondenssskade på kjøkken i 3. etasje. — Kondensvann samler seg daglig i store dammer på kjøkkengulvet.

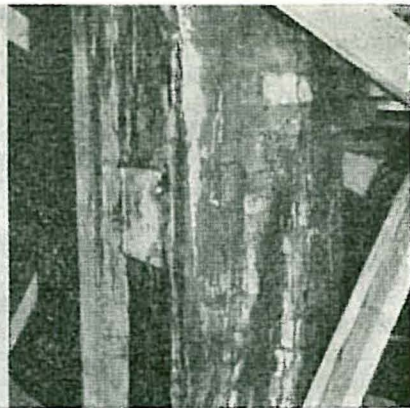


Fig. 12. Kondenssskadet skorsten på loft i 2-etasjes hus. Typiske skjolder på grunn av sotholdig kondensvann som har vandret gjennom skorstensvangene. 9" x 9" pipeløp med 2 ildsteder, begge med petroleumbrennere. Ventilasjonspipe på borte del.

For de mest utsatte skorstenene har det vært nødvendig å mure om skorstenen på loft og over tak.

Det er vanskelig å si hvor stor del av dem som har installert petroleumbrennere det er som er plaget av kondens i skorstenen. Vanligvis får en inntrykk av at det ikke kan være mer enn noen ganske få prosent. På den annen side har vi også hørt om byggelag hvor omtrent annen hver leilighet er sjenert av kondensering.

#### Konklusjon.

Hvis vi nu skal summere opp det hele, kan vi si at det er fordi petroleumbrennerne av og til reguleres til en slik økonomisk forbrenning at kondens oppstår. På de få anleggene hvor vi har målt virkningsgraden ved petroleumsfyring, har imidlertid denne ikke vært spesielt høy, idet luftoverskuddstallet har vært stort, men så har det da heller ikke vært antydning til kondens i skorstenene ved disse anleggene.

På de steder hvor alt for øvrig ligger vel til rette for kondensdannelse, f.eks. der hvor ovnens heteplate er stor i forhold til den ønskede varmeavgivelse, hvor røykrøret er langt og hvor skorstenen går gjennom uoppvarmede rum, høye loft og rager høyt opp over tak, er det absolutt utilrådelig å installere petroleumbrennere.

Ved brennere som stort sett bare går på lav belastning, vil røkgasstemperaturen bli lav, og kondens vil lett oppstå i skorstener. Derfor er nye høyisolerte hus ofte mer utsatt enn gamle hus som holdes fullt oppvarmet.

De verste forholdene finner vi der det er delvis elektrisk oppvarming og hvor det kanskje ikke er nødvendig å fyre før det blir flere kuldegrader ute. Hvis skorstenen attpå til skulle ligge med en vange

direkte mot det fri, er vi nok garantert en kraftig kondens med en gang vi begynner å fyre.

#### Noen ting som motvirker kondens.

Det er gunstig om flere ovner er tilkoblet samme pipeløp, spesielt om det fyres med koks i noen av ovnene. Vi har sett et eksempel hvor 4 koksfyrtede ovner var tilknyttet et pipeløp, mens 1 petroleumbrenner hadde det andre løpet i pipestokken for seg selv. En forandring på dette forholdet vil ganske sikkert eliminere kondensdannelsen.

Ellers er det som tidligere nevnt ganske umulig å forutsi i hvilke tilfelle kondensskader vil oppstå. Det kan være tilsynelatende ubetydelige forhold som er avgjørende. Tenk på et anlegg hvor det kanskje fyres opp 2000 liter petroleum på en fyringssesong, da må 2200 liter vann transporteres ut med røkgassen. Sett at røkgassen bare har evne til å transportere ut 95 % av dette, da vil over 100 liter kondenseres i skorstenen. Bare en nesten umerkelig forandring ved en av de mange faktorer vil kanskje gjøre at røkgassen kan ta opp 10 % mer fuktighet, og vi er straks på den sikre siden. Det er derfor sannsynlig at vi ved mange anlegg med petroleumsfyring ligger på grensen av kondens, men at det i de fleste tilfelle går bra.

Så til slutt et råd til dem som har petroleumbrennere. Ta en gang i blant en tur på loftet for å se om skorstenen begynner å få brune skjolder utenpå pusen, spesielt oppunder tak. Ta også en titt inn gjennom feilsluken og undersøk om pipevangene er fuktige på innersiden. Dette er symptomer som gir varsel om at noe snarest bør gjøres. Petroleumsfyring er så enkel i forhold til fyring med fast brensel at en slik inspeksjonstur en sjelden gang ikke bør regnes som noe besvær. Skulle en så få mistanke om kondens, så prøv i tide en eller flere av de forholdsregler som er nevnt. Det er all grunn til å regne med et gunstig resultat.