

*SBI-publ.*

**SBI-SÆRTRYK**  
**182**

**UDK 696/697:699.844**

**VVS nr. 1, 10 og 11, 1967. 1, 6 og 7, 1968**

**Kaj Ovesen og F. Michael Strumpf**  
**Støj fra VVS-installationer**

**STATENS**  
**BYGGEFORSKNINGSINSTITUT**

**I kommission hos Teknisk Forlag**  
**København 1968**



SBI's VVS-STØJPROGRAM  
civilingeniør Kaj Ovesen, SBI. Side 1.

STØJ I VANDVARMEANLÆG  
civilingeniør Kaj Ovesen, SBI og  
ingeniør M. Sc. F. Michael Strumpf, SBI.  
Side 4.

STØJ I VANDVARMEANLÆG  
(2. del)  
civilingeniør Kaj Ovesen, SBI og  
ingeniør M. Sc. F. Michael Strumpf, SBI.  
Side 11.

TERMOSTATISKE  
BLANDEVENTILER -  
HVOR GODT FUNGERER DE?  
HVOR MEGET STØJER DE?  
civilingeniør Kaj Ovesen, SBI og  
ingeniør M. Sc. F. Michael Strumpf, SBI.  
Side 15.

TERMOSTATISKE  
BLANDEVENTILER  
civilingeniør Kaj Ovesen, SBI og  
ingeniør M. Sc. F. Michael Strumpf, SBI.  
Side 20.

STØJ FRA VANDVARMEANLÆG  
I ENFAMILIEHUSE  
civilingeniør Kaj Ovesen, SBI og  
ingeniør M. Sc. F. Michael Strumpf, SBI.  
Side 25.

## SBI's VVS- støjprogram

Af civilingeniør Kaj Ovesen.

**Støjbestemmelserne i det nye bygningsreglement får stor betydning for VVS-branchen. SBI fortæller her om sit arbejdsprogram for støjområdet og om samarbejdsmulighederne mellem branchen og SBI.**

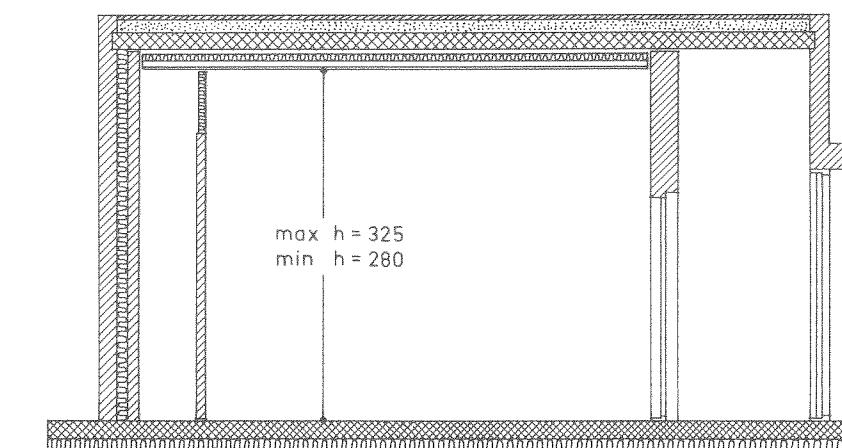
VVS-folkene går en støjtid i møde. For fremtiden må de indstille sig på, at deres »ofre« – med det nye bygningsreglement i hånd – klager over generende støj hidrørende fra installationerne. Som det fremgår af artiklen andetsteds i bladet, er der nu støjgrænser i bygningsreglementet for så at sige alle installationer. Endnu er bestemmelserne lidt »tandløse« – og ikke nær så klart formulerede, som man kunne ønske sig – men man skal nok på branchens vegne være glad for en vis overgangstid, før der stilles krav, som virkelig dækker hvad beboerne kunne ønske. Det må altid være en fordel, at de områder hvor der virkelig er problemer så hurtigt som muligt drages ind i bestemmelserne, for først derved skabes der interesse for problemerne og deres løsning. Branchens arbejde med problemerne vil give myndighederne mulighed for senere at give bestemmelserne en klarere og mere logisk udformning.

Selv om bestemmelserne ikke kan kaldes strenge, må man ikke lade sig forlede til at tro, at det går helt uden omtanke. Støjen er et helt nyt aspekt ved dimensionering og udførelse af installationer, så det gælder om, at de projekterende så hurtigt som muligt får klarhed over sammenhængen mellem støj og installationernes udformning.

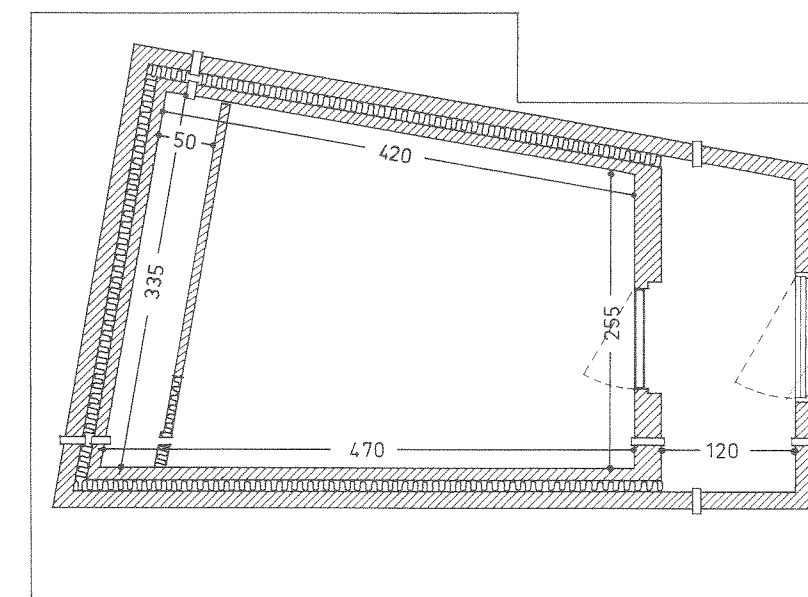
Det vigtigste er naturligvis viden om støjilden og støjudbredelse i installationerne – f. eks. at de egentlige støjklender som oftest er armaturer o. lign., hvor der optages store trykfald over et lille område, og at store hastigheder i lige rørstrækninger sjældent giver anledning til støj. Det er

imidlertid ikke tilstrækkeligt at kende installationerne – man må også vide noget om de bygningsdele, som installationerne fastgøres til, for disses egenskaber er ofte helt afgørende for støjen.

De projekterende bliver ikke alene om byrden. Også fabrikanterne påhviler der et ansvar. Alle er nogenlunde enige om, at støjen bør stoppes ved kilderne, hvilket som regel er ensbetydende med de fabriksfremstillede komponenter, og meget få danske fabrikanter af VVS-produkter kender deres egne produkters støjmæssige



Snit



Plan

Plan og snit af SBI's lydbox. Hele boxen er opbygget på en jernbetonplade, der hviler på et lag mineraluld. Væggene er udført af kalksandsten og loftet af letbetonplader med et sandlag ovenpå. For at opnå en god isolering for støj udefra er vægge og loft udført som dobbeltkonstruktion. Ved forsøg med installationer ophængt på en tung væg anvendes boxens indervæg. Til forsøg med installationer på lette vægge anvendes den viste tværskillevæg, hvor vægsektioner af forskellig konstruktion på ca. 2.50 x 2.50 m kan monteres. Installationerne kan ophænges såvel på den udvendige som den indvendige side af tværskillevæggen.

egenkaber – endnu færre har forsøgt at forbedre dem.

Men det udførende led har også et ansvar. I almindelighed må man forlange af et projekt, at det er gjort færdigt også hvad det støjmæssige angår, men hvis ikke udførelsen er omhyggelig, kan meget gå tabt. Dette er imidlertid ikke alt. I mangfoldige tilfælde er den udførende selv projekterende – det gælder lige fra den lille mester, som laver et varmeanlæg i et énfamiliehus, til ventilationsfirmaet som arbejder efter et »projekt«, der blot antyder, at der skal være ventilation i huset. I disse tilfælde er der et dobbelt ansvar for den udførende, og det er ikke nok, at det rent håndværksmæssige er i orden.

Selv når man er nået så vidt, at Bygningsreglementets krav er opfyldt i det ganske byggeri, er der ingen grund til at stoppe op. For det første levner disse krav stadig mulighed for støjgener, og for det andet må man i dag delvis diktere konstruktioner og planløsninger for at klare kravene. Det er meget godt, at man i dag måske kan klare nogle af problemerne ved at hænge installationerne på tunge vægge, men vi har ingen garanti for, at der altid og i alle bygninger vil være tunge vægge at støtte sig til. Ligeledes kan man i dag klare mange problemer ved en planløsning, som samler de støjende rum for sig selv, men det er ikke givet, at disse planløsninger passer i fremtidens boligformer. Hvis man forestiller sig, at omfanget af VVS-installationer i boligerne skal øges, kan det være svært at opretholde kravet om koncentration.

Det ville være skønt, om VVS-branchen kunne gå i spidsen i kampen mod støjplagerne.

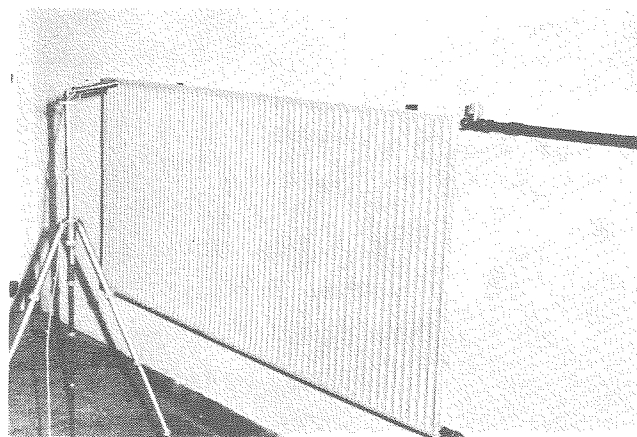
### SBI's målsætning på installationsstøjområdet

SBI har ingen planer om ren teoretisk lydteknisk forskning. Når vi beskæftiger os med støj fra installationer, vil vi basere vort arbejde på følgende forudsætninger:

støjmæssige krav er en del af de funktionskrav, som må stilles til installationerne,

støjmæssige foranstaltninger må være i overensstemmelse med installationernes primære funktioner,

Forsøg med støj fra vandvarmeanlæg. Panelradiator med radiatorventil monteret på boxvæg.



støjmæssige foranstaltninger bør ikke hæmme rationaliseringen.

Det er især ved en kombineret betragtning af disse forhold, at SBI tilsigter at yde en indsats. Vi vil opmuntre VVS-branchen til selv at arbejde med problemerne (så vi kan kaste os over andre presserende opgaver), og vi vil hjælpe med til at formulere kravene og tilvejebringe grundlaget for branchens videre arbejde.

### SBI's arbejdsprogram

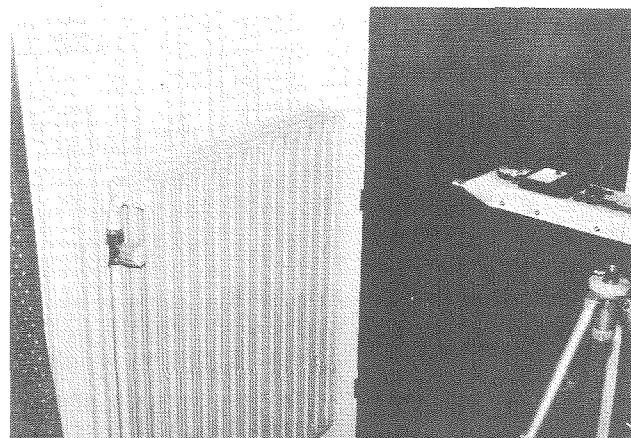
Med det knappe mandskab som vi råder over, har vi forsøgt at ruste os til opgaven efter bedste evne. Vi har sat os ret godt ind i, hvad der er sket, og hvad der sker på dette felt. Vi samarbejder med udenlandske institutioner – primært de nordiske byggeforskningsinstitutter – og indenlands har vi et nært samarbejde med Lydteknisk Laboratorium. Den viden, vi kan hente fra udlandet, vil vi arbejde for danske forhold og udmønte den herhjemme.

Vi har fået opbygget et beskedent støjlaboratorium bestående af et lyd-

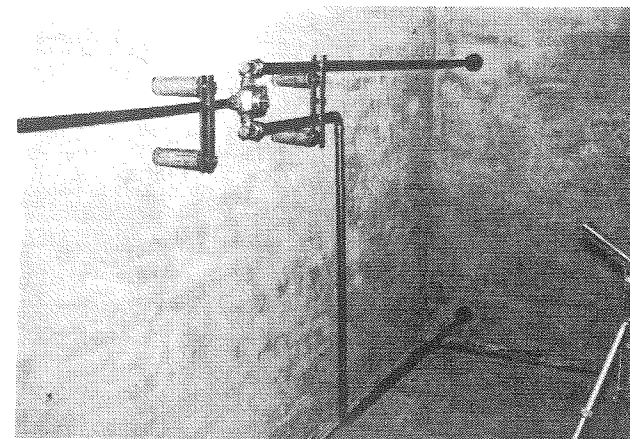
målerum på ca. 40 m<sup>3</sup> med tilhørende udstyr samt installationer og målegrej for koldt og varmt vand ved forskellige tryk.

Vi har foreløbig brugt laboratoriet til en række forsøg vedrørende støj fra vandvarmeanlæg. Dette område har hidtil været totalt forsømt, men i løbet af kort tid vil vi her i bladet give en redegørelse for dette emne samt en dimensioneringsanvisning. Der har bl. a. været målt på en del radiatorventiler, og der er udsigt til, at der forestår fabrikanterne et stykke udviklingsarbejde – en enkelt er allerede i gang i samarbejde med SBI, og vi håber at kunne give nogle almene retningslinier for dette arbejde. Undersøgelsen er endnu ikke afsluttet, idet der mangler en nøjere granskning af væggenes og radiatorernes betydning. Dette arbejde påregnes afsluttet i foråret.

Nogle af de værste støjgener hidrører fra brugsvandsinstallationerne. Der har været forsøgt meget i tidens løb, men med ringe held. I Norge og Sverige har man i de senere år eksperimenteret med anvendelse af rør med



Måling i praksis af støj fra vandvarmeanlæg. Disse anlæg giver tit anledning til generende støj.



Laboratorieforsøg med termostatisk blandingsbatteri.

lille diameter, og anvendelse i nogle byggerier lover godt, men der er endnu visse mangler ved metoden. Dels kan den være betinget af, at der udvikles nye hanetyper, og dels må der findes en måde til imødegåelse af nettryksvariationer over døgnet, hvis metoden skal virke efter sin hensigt. Den sidstnævnte opgave er i øjeblikket genstand for et forsknings samarbejde mellem Lydteknisk Laboratorium og SBI. Hvis dette arbejde giver et positivt resultat, er det sandsynligt, at anvendelse af tynde rør eller anden form for fast modstand kan hjælpe os af med en stor del af disse gener.

På brugsvandsområdet i øvrigt er vi i gang med en undersøgelse af støjgener fra termostatiske blandeventiler.

Ovenstående samt lidt andre små-

ting er, hvad der i øjeblikket er i gang, men der er nok af andre emner at tage fat på. I en ikke al for fjern fremtid skal SBI i gang med en opgave vedrørende ventilation, og her håber man at kunne inkorporere en støjundersøgelse. I løbet af meget kort tid startes en undersøgelse af afløbsinstallationer, og også her vil støjproblemerne helt naturligt indgå.

### Samarbejde mellem branchen og SBI

Vi er ikke i tvivl om, at SBI's arbejde først har sin berettigelse, når det medfører praktiske resultater i byggeriet, og vi vil naturligvis i artikler og anvisninger udbrede såvel vore egne resultater som resultater fra andre labo-

ratorier, som kan være af værdi for byggeriet. Erfaringsmæssigt er virkningsgraden af en sådan virksomhed dog ikke særlig høj. Bedre resultater opnås ofte med kurser, hvilket tydeligt ses af de kurser, som VVS-foreningen foranstalter. Der vil også komme et kursus i støj fra installationer – formentlig i efteråret 1967.

De bedste resultater nås som regel ved et mere direkte samarbejde. SBI driver ikke egentlig konsultation, men hvis vi har et godt råd, holder vi det ikke for os selv. Vi projekterer heller ikke, men vi er altid glade for at diskutere avancerede forslag til afhjælpning af installationsstøjproblemer – med den bagtanke at fortælle andre om det, hvis det går godt. Vi kan også udføre rekvireret forskning på kombinerede installations- og støjproblemer, men vi betragter det ikke som konkurrence, hvis branchen selv kan ordne det.

På installationsstøjområdet er der behov for normerede målemetoder, og vi vil også medvirke til at tilvejebringe sådanne (jvf. artiklen i VVS nr. 9, 1966). Sådanne normer kan imidlertid ikke stables på benene fra dag til dag, så indtil de foreligger, kan SBI tjene som referencelaboratorium for de sammenlignende prøver, som nødvendigvis må foretages, hvis der skal sættes skred i udviklingen.

# Støj i vandvarmeanlæg

**Manglende kendskab til sammenhængen mellem støj og strømninger i røret har bevirket en vis usikkerhed i dimensioneringen af vandvarmeanlæg. Der er en voksende tendens til anvendelse af små rørdimensioner, ventiler med stor modstand og store pumpetryk – hvilket ofte er en forudsætning for opbygning af rationelle anlæg – men risikoen for støj bevirker, at mange holder fast ved den traditionelle udformning.**

**SBI har foretaget en undersøgelse af problemerne og har bl. a. udført målinger på 11 forskellige fabrikater af radiatorventiler. Der er opstillet retningslinier for dimensionering af radiatoranlæg under hensyntagen til støj.**

K. Ovesen og F. M. Strumpf,  
Statens Byggeforskningsinstitut

Vandvarmeanlæg hører ikke til vore mest generende støjklender, men der findes dog en del VVS-folk, som har bitre erfaringer i den retning, for når et anlæg støjer, er fejlen ofte svær at afhjælpe.

Selv om støjende varmeanlæg hører til undtagelserne, er dette ikke ensbetydende med, at der ingen problemer er. Problemerne ligger ved dimensioneringen. Hvilke hastigheder, man tør køre med, hvilke tryktab, man tør optage og hvilke pumpestørrelser, der skal vælges.

Alt dette kan man nok i de fleste tilfælde klare ved anvendelse af traditionelle, små trykfald overalt, men dette kan næppe slå til i det lange løb. De fleste radiatorinstallationer er – lad os bare indrømme det – grimme og klodsede, og der er et udbredt ønske om fikser installationer med skjulte rør. Der er imidlertid grænser for, hvad der kan skjules i det moderne byggeri, så det gælder om at få rørdimensionerne bragt ned.

Ser man på det økonomiske, så er det for længe påvist, at de mest økonomiske vandhastigheder ligger højere end de i dag anvendte, og at grunden til at de økonomiske hastigheder ikke anvendes, er risikoen for støj. På lidt længere sigt må den økonomiske dimensionering ses i et helt andet perspektiv. De fremtidige varmeinstallationer skulle gerne kunne opbygges af et lille antal standardiserede komponenter, hvilket også indebærer en indskrænkning i variation af rørdia-

metre. Under disse omstændigheder kan man ikke direkte anvende materialeøkonomiske kriterier for den enkelte strækning. Der vil både forekomme strækninger med meget lave hastigheder og strækninger med meget høje hastigheder. Et sådant system stiller store krav til de enkeltmodstande, som skal bringe anlægget i balance – ikke mindst støjmæssige krav.

Hvis ikke vandvarmeanlæg kan gøres fikse, forenkede i opbygningen og smidige i montagen, så vil man nok i højere grad sætse på el-varmen, som næsten kan det hele. De noget højere driftsudgifter virker ikke længere så afskrækkende. Der er imidlertid gode muligheder for at bringe vandvarmeanlægget op på mere acceptabelt niveau, end det har i øjeblikket, hvis man får fuld klarhed over de støjmæssige forhold.

## Hvor meget må et varmeanlæg støje?

Indtil fremkomsten af Bygningsreglementet af 1966 har der ikke været direkte lovbestemmelser for støj fra installationer. Der har imidlertid i lang tid hos forbrugerne været en klar forestilling om, hvad der kunne tillades – nemlig at et vandvarmeanlæg ikke må kunne høres. Det accepteres, at anlægget høres, når øret holdes ganske tæt ved f. eks. en radiator, men i blot ca. en halv meters afstand må ingen støj fra anlægget kunne høres. Forsyndelse mod disse regler vil som

regel medføre reaktioner fra beboerne.

Det nye Bygningsreglements bestemmelser vedrørende installationer får næppe nogen praktisk betydning for vandvarmeanlæg. Som hovedregel – med flere undtagelser – gælder at støjniveauet hidrørende fra installationer ikke må overstige 30 dB(A). Dette er imidlertid mere end, hvad man i praksis accepterer, så det er ikke tilrådeligt at gå op til denne grænse. Det er tydeligt, at reglementet ikke direkte tager sigte på vandvarmeanlæg, hvilket er naturligt, da man normalt ikke har problemer med disse.

Ser man på den støj, som hidrører fra eller som udbredes via et vandvarmeanlægs røret, så må et rimeligt støjniveau formentlig ligge i området 20–25 dB(A). Der er her ikke medregnet støj fra fyrrum o. lign. som transmitteres via luft eller bygningsdele, hvilket falder uden for denne artikels rammer.

## Støj i et rørsystem

Når et rørsystem gennemstrømmes af vand, kan strømmingen på forskellige måder sætte rørsystemet i svingninger. Disse svingninger kan overføres til luften og herigennem nå øret og registreres som lyd. Hvis rørsystemet er fastgjort til bygningsdele, kan disse sættes i svingninger, som igen overføres til luften. Jo tungere disse bygningsdele er, desto vanskeligere er det at sætte dem i svingning, og desto mindre støj udstråles.

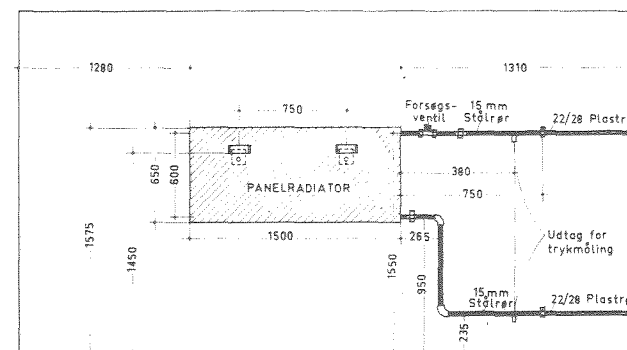


Fig. 1. Forsøgsarrangement anvendt til hovedparten af de angivne målinger. Arrangementet er anbragt på den længste væg i lydboksen (se tegning af denne i VVS nr. 1, 1967).

Rørsystemets overflade er som regel lille sammenlignet med bygningsdelenes overflader, så hvis rørsystemet ikke har kontakt med disse, er der ikke så store muligheder for udstråling af støj. En undtagelse herfra danner radiatorer, hvis overflader ofte er så store, at deres støjstråling kan være bestemmende for støjniveauet.

Udformningen af røret er af betydning for støjproduktionen. Hvis et røret består af lige rørstrækninger og bløde bøjninger, skal man op på meget store hastigheder, før støjen bliver generende. Hvis røret rummer store enkeltmodstande, opnås generende støj ved langt mindre hastigheder i rørene. Dette er påvist ved talrige forsøg, og man kan heraf slutte, at hastighederne i de lige strækninger har en minimal betydning sammenlignet med tryk- eller energitab i store enkeltmodstande.

De svingninger, som forårsages af strømmingen gennem de store enkeltmodstande, forplanter sig gennem røret. Den dæmpning af svingningerne, som finder sted i rørene, er så ringe (af størrelsesorden 0,1 dB pr. meter rør), at man i praksis som regel må se bort fra den. Dette er årsagen til, at det kan være svært at lokalisere den egentlige støjkilde i et støjende anlæg. En ventils placering er altså ikke afgørende for den støj, man kan tillade den at producere. Selv om en ventil er anbragt i kælderen – som f. eks. en strengventil – kan støjen godt nå op til beboelsesrummene.

Af det foregående vil det forstås, at man ikke uden videre kan tilskrive enkelte dele af bygning eller anlæg hele ansvaret for støjen. De primære støjklender ligger i de fleste tilfælde i de store enkeltmodstande, hvilke som regel er armaturerne. Hvis en ventil

giver anledning til støj, er der flere måder, hvorpå støjgenen kan mindskes. Det enkleste vil imidlertid altid være at angribe støjen ved kilden, d.v.s. i dette tilfælde finde en mere støjsvag ventil.

## Støjundersøgelse på SBI

For at skabe klarhed over nogle af disse problemer har SBI iværksat en undersøgelse. Formålet med denne var primært at skaffe et dimensioneringsgrundlag, således at man via beregningerne kunne få et vist hold på støjniveauet. Sekundært skulle man undersøge, hvor og hvorledes forsøg på forbedringer skulle sættes ind. Undersøgelsen er endnu ikke afsluttet, men da der er stort behov for oplysninger på dette område, skal der her oplyses om de resultater, som indtil nu er opnået.

Da det har vist sig, at de store enkeltmodstande er de primære støjklender, startede man her med en undersøgelse af en række forskellige radiatorventiler. Herigennem skulle man få, dels en opfattelse af sammenhængen mellem trykfald, vandstrøm og støjniveau, dels et overblik over forskellige konstruktioners egnethed i støjmæssig henseende.

## Måleopstilling

Som det fremgår af det foregående, kan man ikke tillægge en given ventil en ganske bestemt støjproduktion, da denne vil være afhængig af såvel røret som bygning. Hvis man havde en normeret metode for måling af støj fra ventiler, kunne man havde anvendt denne, og derefter forsøgt at forklare sammenhængen mellem denne metode og forholdene i praksis. Det har man imidlertid ikke, og som følge heraf har man gjort forsøg med forskellige

måleopstillinger for at finde frem til den bedst egnede. En nøjere beskrivelse af metoder og opstillinger vil blive givet i en rapport, som udarbejdes når forsøgene er afsluttet, men her kan kort nævnes: Hovedparten af de her omtalte målinger er foretaget med det arrangement, som er vist i fig. 1. Ventilen, som skal undersøges, er monteret på en radiator ophængt med normale bæringer. Radiatoren er forsynet med ovnstik, men disse føres ikke gennem boksens væg, idet der forinden sker en overgang til plastslanger. Det har vist sig, at der opnås bedre reproducerbarhed, når rørsystemet kun kobles til boksen gennem radiatorbæringerne.

Radiatoren er ophængt på en tung væg (20 cm kalksandsten). Rummets karakteristisk har ligeledes været genstand for forsøg. Ved de første målinger anvendtes et ret hårdt rum, da man i et sådant får et relativt højere støjniveau, hvilket er en fordel, når man gerne vil måle ved ret små trykfald og vandstrømme. Det er imidlertid ikke nok at få en slags forstærkning af støjen. Forstærkningen skulle helst være ens for alle frekvensbånd, da de forskellige ventiler giver forskellige fordelinger af støjen over spektret, og man har derfor reguleret rummet, så efterklangstiden er nogenlunde konstant (1,2 s) i det relevante frekvensområde.

## Målinger på en radiatorventil

Målingerne foregik på den måde, at ventilen blev indstillet på en eller anden forindstilling; der blev da sendt en kendt vandstrøm gennem den, og ved denne blev trykfald over ventilen samt støjniveau i lydboksen målt. Derefter blev målingerne gentaget ved andre vandstrømme.

Resultaterne fra en sådan måleserie kan f. eks. se ud som vist i fig. 2a. Det har hidtil været antaget, at støjniveauet på det nærmeste er en funktion af trykfaldet, så man har brugt disse størrelser ved afbildningen. Det ses i fig. 2a, at kurven med god tilnærmelse kan betragtes som en ret linie inden for det målte område, d.v.s. at støjniveauet i dB(A) er proportionalt med logaritmen til trykfaldet.

Man kan imidlertid også afbilde støjniveauet som funktion af vandstrømmen, som det er gjort i fig. 2b.



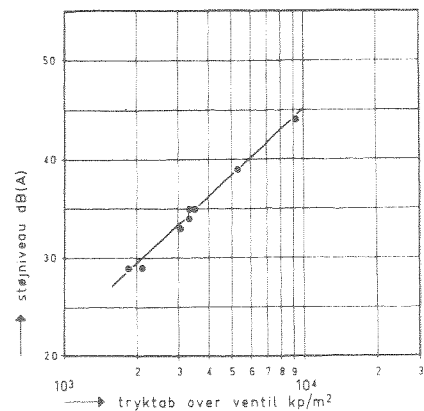


Fig. 2a. Støjniveau som funktion af trykfald for en radiatorventil ved en bestemt forindstilling.

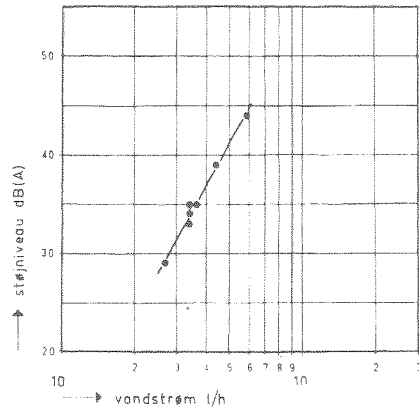


Fig. 2b. Støjniveau som funktion af vandstrøm for en radiatorventil ved en bestemt forindstilling.

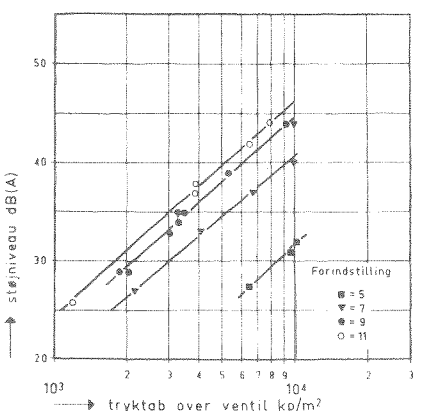
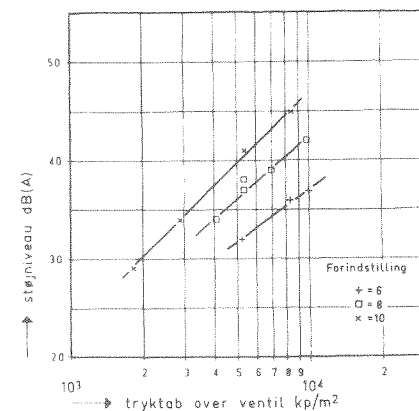


Fig. 3. Støjniveau som funktion af trykfald for en radiatorventil ved forskellige forindstillinger. For tydelighedens skyld er måleresultaterne fordelt over to diagrammer.



Man får også her rette linier, hvilket ikke kan undre, da man ved, at logaritmen til trykfaldet er proportionalt med logaritmen til vandstrømmen. Det kan altså slås fast, at støjen varierer både med trykfaldet og vandstrømmen. Grunden til, at trykfaldet betragtes som mere væsentligt, kan være, at der i praksis er meget mere variation i de trykfald, man ønsker at optage over en radiatorventil, end der er i de forekommende vandstrømme.

Den nævnte måleprocedure blev foretaget også for andre forindstillinger, således at man kunne danne sig et overblik over hele ventilens funktionsområde. Afbildet i et støjniveau/trykfald diagram kan resultaterne se ud, som vist i fig. 3. Det ses, at også for de andre forindstillinger får man rette linier, og at disse linier har meget nær samme hældning. Endvidere bemærkes, at linierne stort set ligger i rigtig rækkefølge. Dette er på sin vis

naturligt, da de linier, der ligger højt i diagrammet, også har de største vandstrømme. Imidlertid kan man ikke være sikker på, at ventilen har præcis de samme støjmæssige egenskaber ved alle forindstillinger, eller – sagt på en anden måde – når man ændrer en ventils forindstilling, har man principielt en i støjmæssig henseende helt ny ventil. Det viser sig da også ved nøjere betragtning, at linien for forindstilling 10 ikke ligger placeret helt som den burde. Man kan altså ikke forvente en rigtig rækkefølge for linierne, men i de fleste tilfælde er der en sådan.

Fig. 3 alene giver ikke tilstrækkelige oplysninger, da vandstrømme ikke indgår. Man kan imidlertid supplere med et trykfald/vandstrøm diagram af den sædvanlige type, som anvendes ved fabrikanternes forindstillingsdiagrammer, og et sådant er vist i fig. 4.

Det er lidt upraktisk at have oplysningerne fordelt på flere diagrammer,

og man kan da også klare sig med ét, hvis man indlægger støjniveauet som niveaukurver i trykfald/vandstrøm diagrammet som vist i fig. 5. Da der ikke findes nogen lovmæssig sammenhæng mellem de forskellige forindstillinger, kan man ikke forvente, at niveaukurverne forløber jævnt – undertiden kan der endda komme diskontinuiteter. Endvidere har man ingen garanti for, at kurvestykkerne mellem punkterne dækker de faktiske forhold. Der kan være lokale maxima og minima. Sådanne kurver kan være anvendelige til de af fabrikanterne udsendte for-

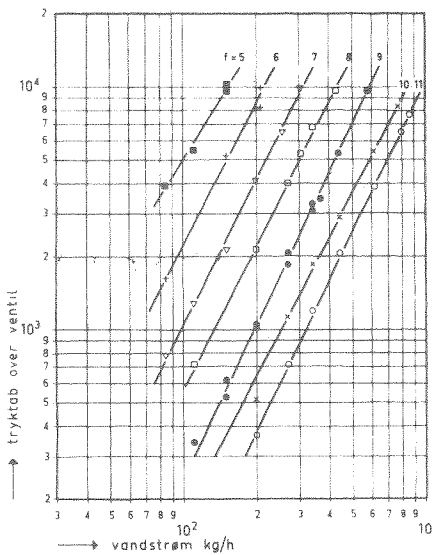


Fig. 4. Trykfald som funktion af vandstrøm (forindstillingsdiagram) ved en radiatorventil ved forskellige forindstillinger.

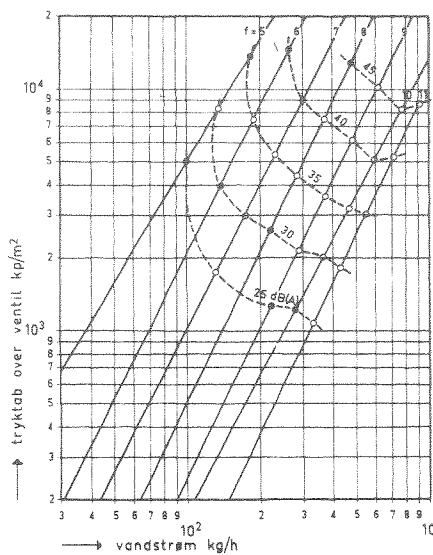


Fig. 5. Forindstillingsdiagram med indtegnede støjniveaukurver. De udfyldte punkter markerer punkter, som er ekstrapoleret ud over måleområdet.

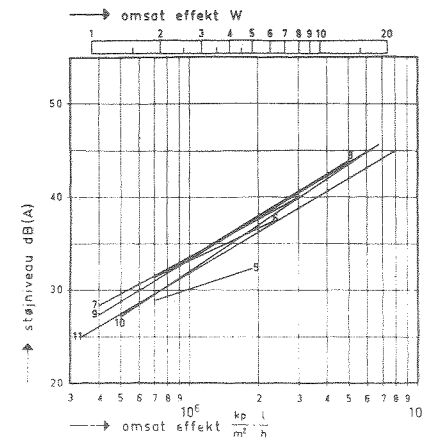


Fig. 6. Støjniveau som funktion af den omsatte effekt i ventilen (produktet af trykfald i  $\text{kp/cm}^2$  og vandstrøm i  $\text{l/h}$ ). Diagrammet er baseret på de værdier, som er afbildet i fig. 3 og 4. Den øverste, vandrette akse angiver effekten i W.

indstillingsdiagrammer, men de er uegnede til afbildning af egentlige forsøgsresultater.

Det, man forventer af en radiatorventil, er, at den skal fjerne en del af den mekaniske energi i vandstrømmen. Den mekaniske energi skal fortrinsvis omdannes til varme og så lille en del som muligt til lydenergi. Et passende mål for ventilens støjmæssige kvalitet ville da være den brøkdelen af den omsatte energi, som omdannes til lydenergi. Det er imidlertid ikke umiddelbart muligt at få et udtryk for lydenergi, når det drejer sig om en lyd giver, som er i fast forbindelse med lydboksens vægge. Da imidlertid den omsatte mekaniske effekt er en relevant parameter, kan man få en brugelig afbildning ved at optegne støjniveau som funktion af omsat energi, som det er vist i fig. 6.

Det er helt naturligt, at den frembragte støj er en funktion af den effekt, der omsættes i ventilen. Da støjniveauet er en funktion af såvel trykfald som vandstrøm, er det også en funktion af produktet af trykfald og vandstrøm, hvilket er et udtryk for effekten. I fig. 6 er som abskisse direkte anvendt produktet af trykfald i  $\text{kp/m}^2$  og vandstrøm i  $\text{l/h}$ . Dette gør det nemt at anvende diagrammet, men det giver en lidt ejendommelig enhed for effekt. Derfor er der for skams skyld anbragt en akse øverst i diagrammet, hvor effekten er angivet i W.

Det ses i fig. 6, at de fleste af lini-

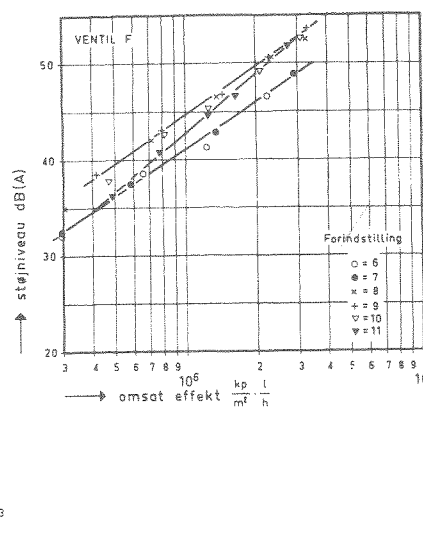
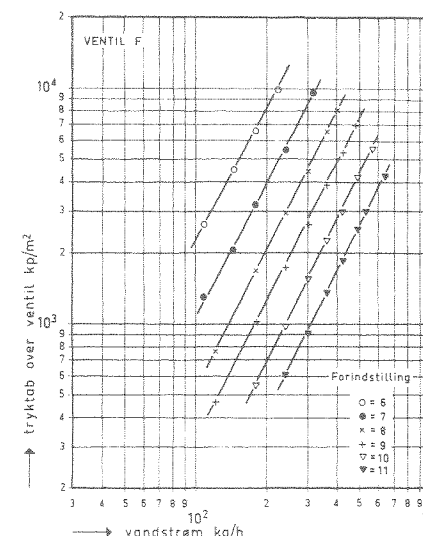
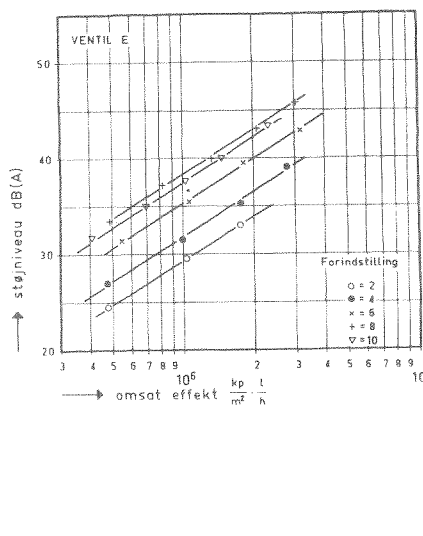
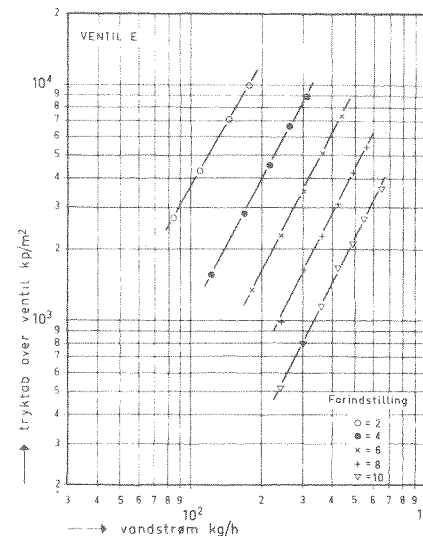
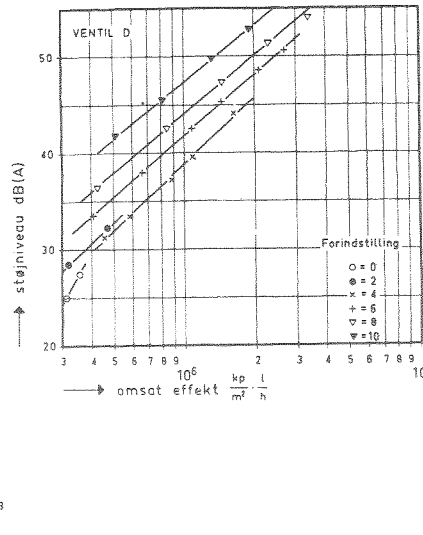
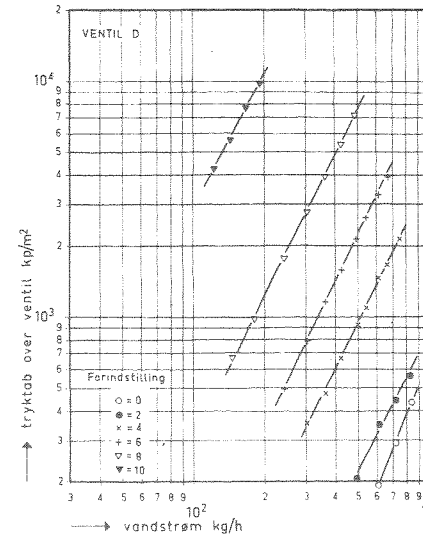
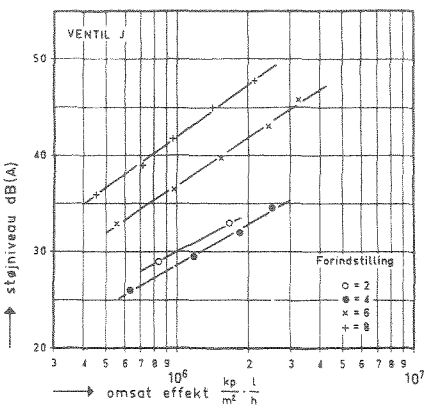
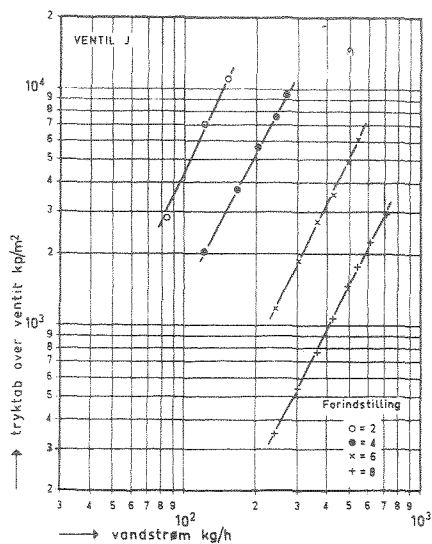
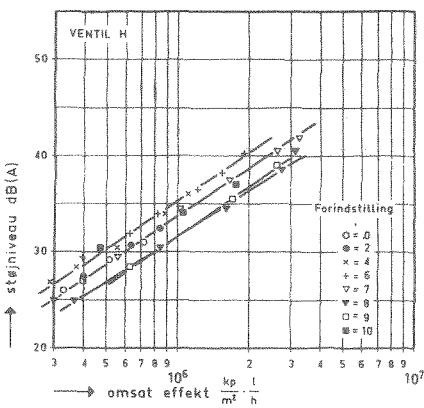
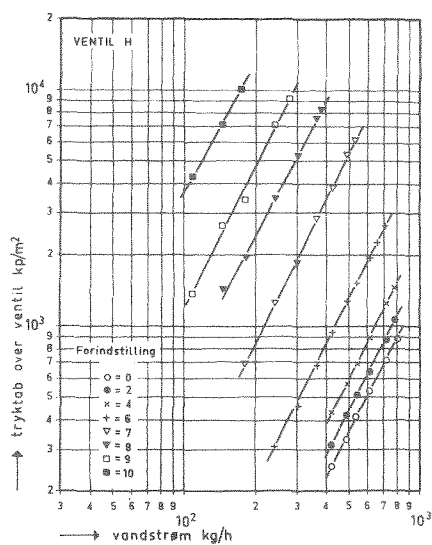
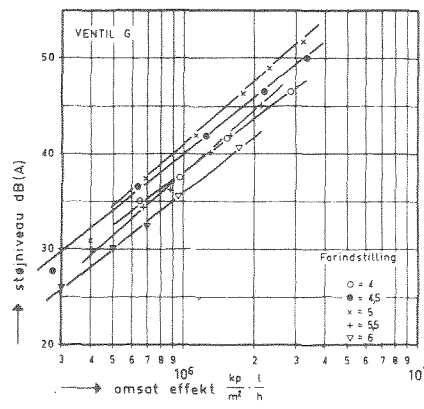
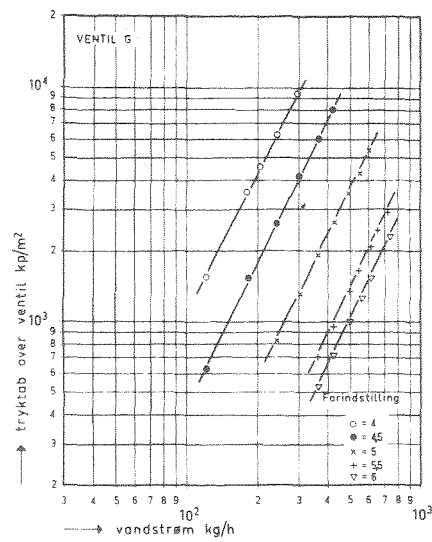


Fig. 7. Måleresultater for de 11 undersøgte fabrikater. For hvert fabrikat er angivet dels støjniveauet som funktion af den omsatte effekt (trykfald x vandstrøm), og dels trykfaldet som funktion af vandstrømmen (forindstillingsdiagram). Fig. 7 fortsætter



erne falder inden for et snævert bælte (bredde ca. 2 dB). Dette er et udtryk for, at for denne ventil gælder det, at de fleste af forindstillingerne i støjmæssig henseende er nogenlunde lige gode til at omsætte energi. Dette gælder ikke i samme grad for alle ventilerne, men i mange tilfælde får man et ret snævert bælte. Denne afbildning giver derfor en god mulighed for en helhedsvurdering af en ventil. Et smalt bælte er ikke i sig selv et kvalitetsstegn, men fortæller blot, at ventilen er nogenlunde lige god ved alle forindstillinger, hvorimod en ventil med et bredt bælte udviser forskelle mellem de forskellige forindstillinger. Afgørende for de støjmæssige egenskaber er derimod, at hele bæltet ligger så lavt som muligt.

### Måling på forskellige ventiltyper

Da man ikke i øjeblikket har tilgængelige oplysninger om radiatorventilers støjmæssige egenskaber, er der blevet målt på et ret bredt udsnit af fabrikater, nemlig følgende:

- D PR 2600
- E WECO 900
- F DMA (Dameta)
- G CN\*)
- H HERZ
- J NAF m 57
- K NAF F70
- M TARVO
- N KRM
- P AHA 40
- Q BØRMA

Alle ventiler er ligeløbs af dimension 15 mm. Ventilerne er ikke udtaget på særlig måde, men i de fleste tilfælde købt hos grossist eller importør. Ventilerne D er dog af ældre dato, idet de var udtaget til spredningsundersøgelsen beskrevet i SBI-rapport nr. 49.

Dette udvalg repræsenterer de fleste af de på markedet værende konstruktioner, så man har mulighed for

\*) En lidt forbedret udgave af den model, som i øjeblikket er på markedet. Det er oplyst fra fabrikanten, at den forbedrede ventil vil være i handelen 1.10. 1967. En artikel om den støjmæssige forbedring af ventilen vil fremkomme senere.

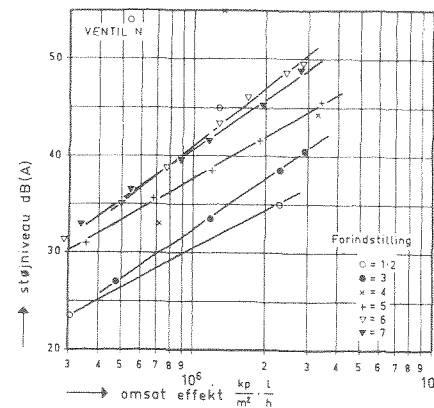
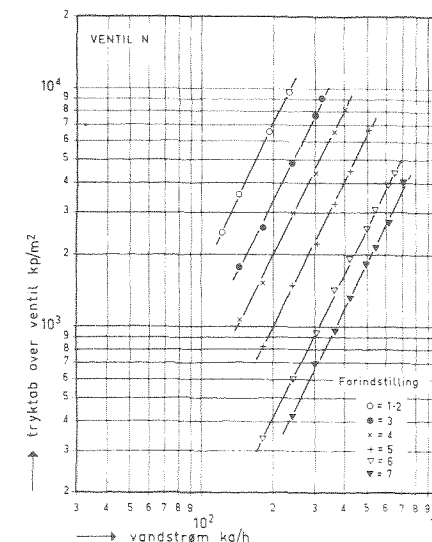
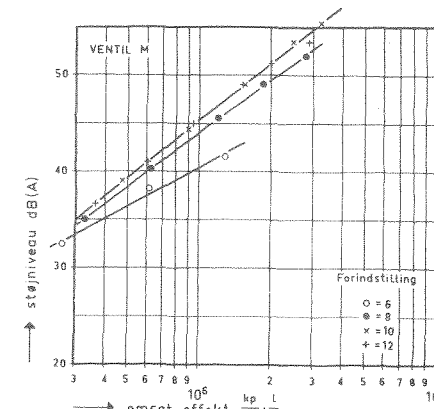
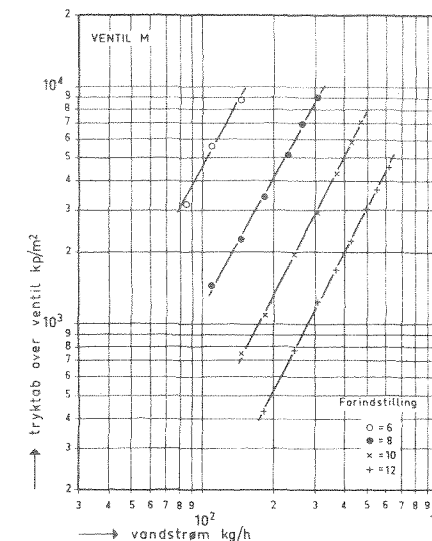
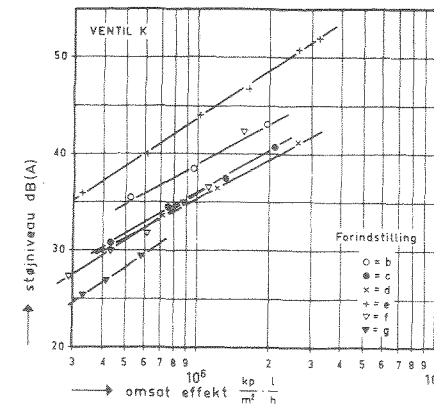
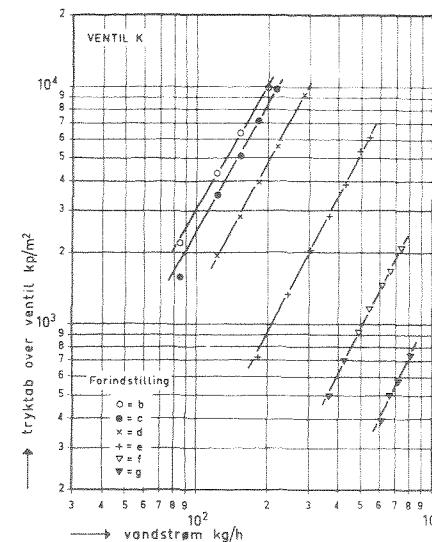


Fig. 7. Fortsat.

# Støj i vandvarmeanlæg (2. del)

I første del af artiklen blev der gjort rede for rørbettets støjægsige betydning samt angivet resultater af målinger på radiatorventiler. I denne del behandles problemerne vedrørende sammenligning af forskellige ventiler, radiatorens og rummets betydning, og til slut angives en dimensioneringsvejledning.

K. Ovesen og F. M. Strumph  
Statens Byggeforskningsinstitut

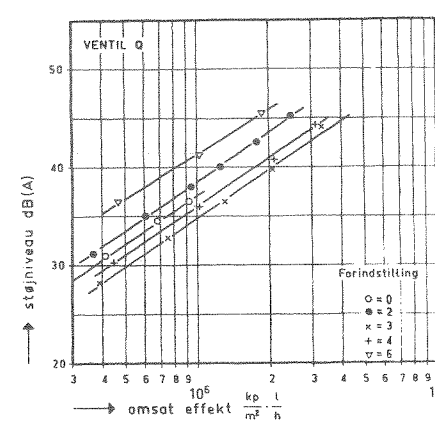
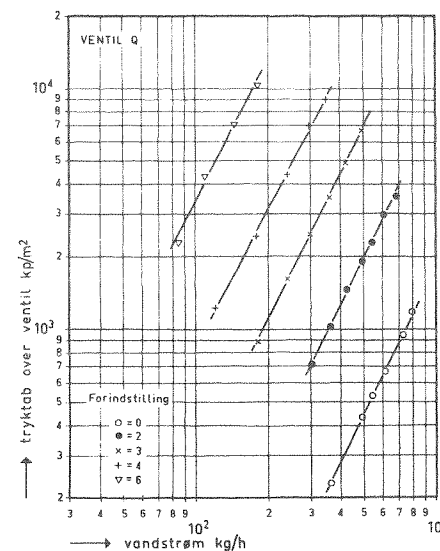
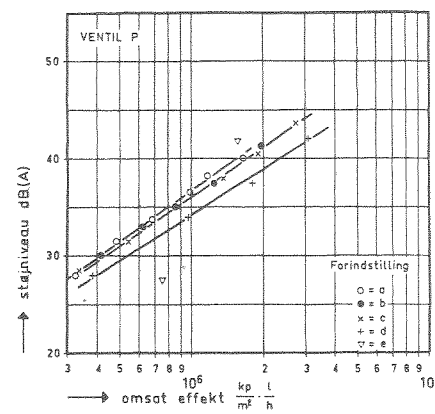
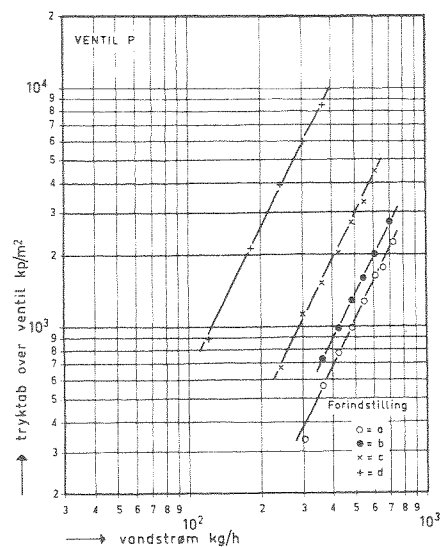


Fig. 7. Fortsat.

at vurdere forskellige konstruktioners egenskaber. For de fleste fabrikaters vedkommende er der kun målt på et enkelt eksemplar, så undersøgelsen giver ikke noget fuldt repræsentativt billede, se dog afsnittet om spredning.

Målingerne, der er vist i fig. 7, er afbildet i form af diagrammer, der angiver støjniveau som funktion af omsat effekt (vandstrøm × trykfald). Der er endvidere vist diagrammer for trykfaldet som funktion af vandstrømmen. I begge sæt diagrammer er forindstillingen anført som parameter, og de sidstnævnte skulle altså gerne svare nøje til de af fabrikanterne udsendte forindstillingsdiagrammer.

Målingerne er stort set foretaget inden for det område, som måleopstillingen kunne magte, d.v.s. et maksi-

malt trykfald på ca. 1 kp/cm<sup>2</sup>, svarende til en placering af højdebeholderen på 10 m over forsøgssektionen. Nedad til blev området begænset af muligheden for at måle støjen. Det vil dog ses, at måling af trykfald og vandstrøm er ført længere ned for at gøre trykfald/vandstrøm diagrammerne så gode som muligt.

Det ses, at målepunkterne for støjniveauet som funktion af den omsatte effekt (trykfald × vandstrøm) grupperer sig nogenlunde pænt omkring rette linier med enkelte undtagelser. Særlig bemærkes her ventil N, hvor de meget højtliggende punkter er udtryk for at ventilen her frembragte kraftig støj indenfor et snævert frekvensbånd – noget i retning af en ren tone.

(fortsættes)

## Sammenligning mellem forskellige ventiler

Ved en undersøgelse som denne kommer man ikke uden om en sammenligning mellem forskellige ventiler, og en sådan kan også foretages med visse forbehold, hvoraf spredningen allerede er nævnt.

Afbildningen støjniveau/effekt tillader en grov helhedsvurdering, således at forstå, at hvis én ventil i denne afbildning har et bælte som ligger helt over tilsvarende bælte for en anden ventil, så er sidstnævnte klart bedst. Hvis derimod de respektive bælte i væsentlig grad overlapper hinanden, kan der være tvivl. Det ses, at linierne for de respektive forindstillinger ikke er placeret efter en konsekvent rækkefølge. For nogle ventiler giver de laveste modstandstal de højt placerede linier, og for andre er det omvendt. Man kan i så fald ikke klart afgøre hvilken ventil, der er bedst – det afhænger af hvilket modstandstal, der er brug for.

Afbildningen støjniveau/trykfald giver også en skævhed, idet den intet oplyser om vandstrømmen. Der findes imidlertid den mulighed, at man kan forindstille alle ventiler til samme modstandstal og måle støjen ved denne indstilling. Derved er det givet, at alle ventiler meget nærvil give samme vandstrøm ved samme trykfald, og en direkte sammenligning kan da ske i et støjniveau/trykfald diagram.

En sådan undersøgelse er foretaget for indstilling til 3 forskellige, tilfældigt valgte modstandstal, og resultaterne er angivet i fig. 8.

For hver af ventilerne er der angivet 3 linier svarende til modstandstallene  $\zeta = 130, 450$  og  $1300$ . Linierne ligger i samme rækkefølge, således at øverste linie svarer til den mindste modstand og nederste linie til den største modstand. Dog gælder for ventil Q, at de to nederste linier har byttet plads.

Her kan man meget nøje sammenligne de enkelte fabrikater – for disse 3 indstillinger. Heller ikke denne sammenligning er imidlertid helt retfærdig, thi for de fleste af ventilerne svarer disse indstillinger ikke til de afmærkede forindstillinger.

En nøjere sammenligning af de enkelte fabrikater på nuværende tidspunkt tjener næppe noget formål, da de fleste af dem sikkert kan forbedres. Derimod kan man evt. ud af dette materiale finde retningslinier for valg af konstruktion med henblik på fremstilling af mere støjsvage ventiler.

## Sammenligning af forskellige konstruktioner

Målingerne, som er afbildet i fig. 8, er opdelt i 4 grupper svarende til den opdeling i konstruktioner, som er foretaget i fig. 9. Det er desværre ikke således, at målingerne klart viser, at visse konstruktioner bør foretrækkes for andre. Inden for de fleste af grupperne er der gode såvel som dårlige eksempler.

For gruppen af hanekonstruktioner (D, K og Q) gælder det, at støjen ved de store modstandstal er relativt høj, mens støjen ved de små modstandstal ikke ligger højere end for de øvrige grupper.

Gruppe E, F og M ligner hinanden meget i konstruktionen. Mens det vil være svært at skelne mellem støjen fra F og M, ses det, at E ligger væsentligt lavere. Det kan skyldes, at opslidningen i skørtet består af to spor i E imod kun et i F og M. Opdelingen af drøvlzonen i flere sektioner kan ofte have en gunstig virkning.

Gruppen H, P synes at ligge gunstigt – dog fortrinsvis ved de meget store trykfald og store modstande.

J, N og G udgør ingen egentlig gruppe, da de er af højest forskellig konstruktion. For N noteres meget stor forskel for store og små modstande, ligesom de før omtalte hyletoner ses markeret.

Alt i alt ses ingen klar sammenhæng mellem konstruktion og støjproduktion. Årsagen til dette er formentlig, at den afgørende betydning for støjproduktionen skal findes i en meget lille zone omkring det snævraste tværsnit mens den øvrige del af ventilen har mindre betydning. Herom kan der forhåbentlig berettes mere senere.

## Spredningen på ventilernes støjproduktion

Der har ikke været gennemført nogen systematisk undersøgelse af spredningen på støjproduktionen fra ventiler af samme fabrikat, således som det blev gjort ved undersøgelsen af ventilerens strømningsmodstand (SBI-rapport 49). Begrundelsen for den tidligere spredningsundersøgelse var at påvise, at der var behov for nøjagtigere ventiler – og meget tyder på, at

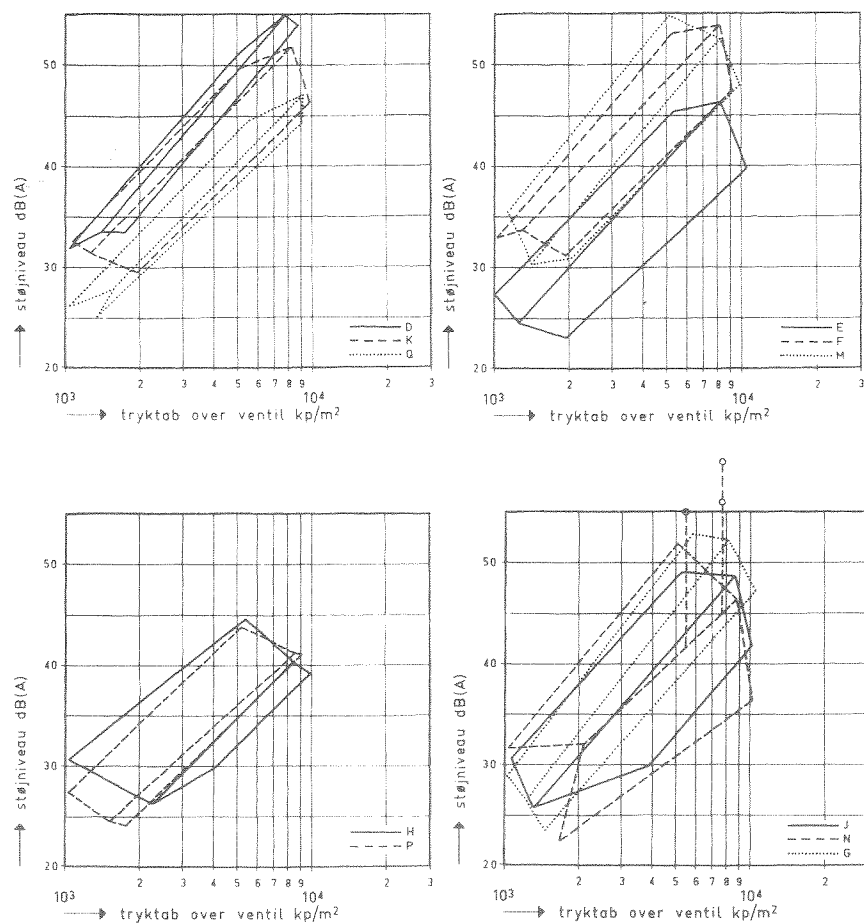


Fig. 8. Støjniveau som funktion af tryktab ved indstilling af alle de undersøgte ventiler til tre forskellige modstandstal (ca. 130, 450 og 1300). For hver af ventilerne gælder det, at den øverste af de 3 linier svarer til det laveste modstandstal og den nederste til det højeste modstandstal - dog med undtagelse af Q, hvor de to nederste linier har byttet plads. Ventilerne er opdelt i grupper svarende til opdelingen i fig. 9.

#### VENTILERNES KONSTRUKTION

Grundtype	mrk.	konstruktion	forindstilling
hane	D	hane m. cylindrisk told	begrænsning af drejningsvinkel
	K	hane m. cylindrisk told	gænget prop i tolden
	Q	hane m. cylindrisk told	drejeligt skjold i tolden
ventil	E	kegle m. kurveformet opslidsning af skørt	begrænsning af løftehøjden
	F	kegle m. kurveformet opslidsning af skørt	begrænsning af løftehøjden
	M	kegle m. kurveformet opslidsning af skørt	begrænsning af løftehøjden
	H	kegle m. kurveformet afdrejning	bevægelse af indre spindel i todelt kegle
	P	kegle m. kurveformet afdrejning	bevægelse af indre spindel i todelt kegle
	J	kegle m. kurveformet afdrejning og affræsning	begrænsning af løftehøjde
andet princip	N	kegle i form af skrå afskåret keglestub	begrænsning af løftehøjde
	G	kurveformet ventilplade, som bevæges i ventilsædets plan	begrænsning af ventilpladens dækning af sædet (begrænsning af drejningsvinkel)

Fig. 9. Oversigt over de undersøgte fabrikaters konstruktion og forindstillingsprincip. Fabrikaterne D-P kan opdeles i 3 grupper, hver indeholdende beslægtede konstruktioner. Som en fjerde gruppe er regnet J, N og G, som ikke umiddelbart kan siges at være beslægtet med hinanden, eller med nogle af de andre.

branchen har efterkommet opfordringen. En af begrundelserne for nærværende undersøgelse er at fremme fabrikationen af mere støjsvage ventiler. Hvis blot ventilerne er tilstrækkeligt støjsvage spiller en vis spredning på støjproduktionen en mindre rolle.

Imidlertid har spredningen en vis betydning for vurderingen af de her opnåede resultater, og for at give nogen belystning af dette har man målt på 9 stk. ventiler af fabrikat D, ligeledes 15 mm. Disse ventiler var oprindeligt udtaget til brug for den tidligere spredningsundersøgelse, som imidlertid kun blev gennemført for 10 mm ventiler. Denne ventiltype har erfaringsmæssigt en stor spredning på strømningsmodstanden, se fig. 10, hvilket skulle medføre, at der også var tendens til stor spredning på støjproduktionen.

I fig. 11 er angivet støjniveauet som funktion af effekten for én af ventilerne forindstillinger. Det ses, at punkterne ligger inden for et interval med en bredde på ca. 5 dB. De andre forindstillinger giver lignende resultater, så som en grov regel kan man regne med en spredning af denne størrelsesorden. Da denne ventiltype har stor spredning på strømningsmodstanden, d.v.s. stor forskel på de enkelte ventiler, må man antage, at de fleste af de øvrige fabrikater vil udvise en mindre støjmæssig spredning.

Det må bemærkes, at den angivne spredning på 5 dB gælder, når ventilen er indstillet til at give et bestemt trykfald ved en bestemt vandstrøm. Hvis en ventil forindstilles efter et diagram, som er unøjagtigt, således at det virkelige trykfald afviger fra det ønskede, så kan man naturligvis få langt større afvigelser end 5 dB afhængig af, hvor unøjagtig ventilen er. Også i støjmæssig henseende er det altså af værdi at have ventiler med lille spredning på strømningsmodstanden.

#### Radiatorens betydning

Alle de tidligere angivne målinger er foretaget med ventilen monteret på en radiator, således at monteringsformen kunne være så realistisk som muligt. Radiatoren selv har imidlertid stor indflydelse på resultatet, idet denne udgør en del af den lydudstrålende flade.

Ved forsøgene er der hele tiden anvendt samme radiator (Rio, panel 650 mm høj, 1500 mm lang), så man kan ikke direkte anvende resultaterne på andre radiatorer. Det er sandsynligt, at både radiatorstype og radiatorstørrelse har betydning. Dette problem er i øjeblikket genstand for undersøgelse, men indtil resultatet foreligger, kan man hjælpe sig på følgende måde. Fra en tidligere måleserie foreligger en række målinger foretaget med samme ventil monteret på 2 forskellige radiatorer, nemlig en stor panelradiator (Rio panel, 63 sektioner, længde 2100 mm, højde 950 mm) og en søjleradiator (Golf, 25 elem., længde 1000 mm, højde 650 mm).

Disse målinger er vist i fig. 12, hvor støjniveau er afbildet som funktion af effekt. Det ses, at der er en klar forskel på den lille og den store radiator. Forskellen varierer noget i størrelse for de forskellige ventiler.

Man kan ikke direkte beregne, hvorledes radiatorstørrelsen influerer på støjen, men som første tilnærmelse kunne man gå ud fra, at en fordobling af radiatorarealet ville betyde en fordobling af den udstrålede lydenergi. Dette ville for støjniveauet betyde en ændring på

$$\Delta L = 10 \log \frac{2A}{A} = 10 \log 2 = 3 \text{ dB}$$

hvor A betegner arealet. For de to anvendte radiatorer er arealerne henholdsvis  $0,95 \cdot 2,1 \text{ m}^2$  og  $0,65 \cdot 1,0 \text{ m}^2$ , d.v.s. forskellen burde være

$$\Delta L = 10 \log \frac{0,95 \cdot 2,1}{0,65 \cdot 1,0} = 4,9 \approx 5 \text{ dB}$$

hvilket svarer nogenlunde til de målte forskelle. Det er sandsynligt, at radiatortypen også har en betydning, men i mangel af bedre kan man altså anvende denne regneregul.

#### Betydningen af rummet, væggene og røropstillingen

Rummets karakter har en vis betydning for støjniveauet, idet en given støjkilde vil give desto højere støjniveau jo hårdere rummet er. Hvis man har målt i et bestemt rum og vil anvende måleresultaterne for et rum med en anden karakter, må der foretages en korrektion.

Det anvendte prøverum har en ef-

terklang på 1,2 s. I praksis kan man naturligvis finde rum med vidt forskellige efterklangstider, men i Bygningsreglementet er foreskrevet, at målte støjniveauer skal korrigeres til at gælde for et rum med en efterklangstid på 0,5 s, så det vil være naturligt også at gøre det her. Korrektionen bliver da

$$10 \log \frac{0,5}{t} = 10 \log \frac{0,5}{1,2} = -3,8 \approx -4 \text{ dB}$$

Alle de målte værdier skal altså korrigeres med denne størrelse. Dette er gjort for dimensioneringsdiagrammet, som er vist i fig. 13.

Væggen, som installationen er ophængt på, har ligeledes betydning, idet jo tungere væggen er desto mindre lydudstråling får man. Ved nærværende forsøg var radiatorerne ophængt med normale bæringer på en væg af 20 cm kalksandsten. Radiatorbæringerne giver ingen fast kobling mellem væg og radiator, så i dette tilfælde er væggen betydning sikkert ikke så stor. For meget lette vægge må man imidlertid nok for en sikkerheds skyld regne med nogen forøgelse af støjniveauet.

Rørarrangementets betydning er ikke helt klarlagt, men den er sandsynligvis ikke særlig stor. I de tilfælde, hvor den støjende ventil er placeret i en vis afstand fra radiatoren (f. eks. en strengventil), sker der langs med røret en vis dæmpning, især hvis røret er indspændt undervejs. Størrelsen af denne dæmpning kan endnu ikke angives, men det vil nok være klogt ikke at føre den i regning.

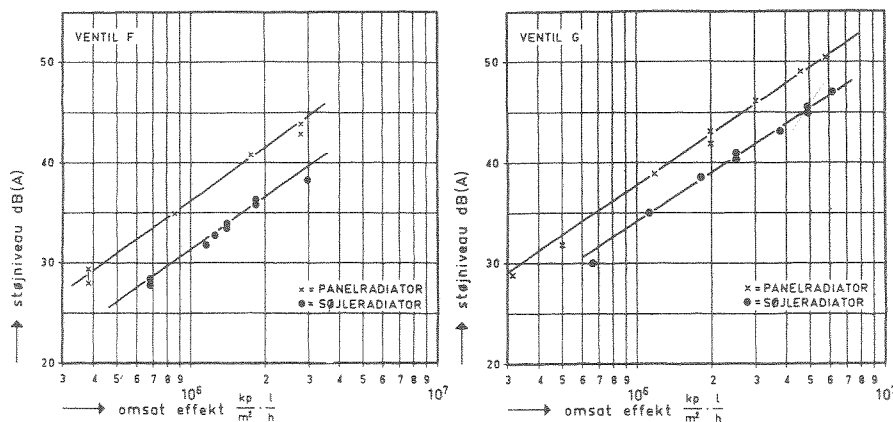


Fig. 12. Støjniveau som funktion af effekt for to forskellige radiatorventiler, monteret på henholdsvis en stor panelradiator og en søjleradiator. Det ses, at forskellen på om en ventil monteres på den ene eller den anden af radiatorerne i dette tilfælde er 4-5 dB. Disse målinger kan ikke direkte sammenlignes med de øvrige, idet der er forskelle i såvel rummets karakteristisk som i rørarrangementet.

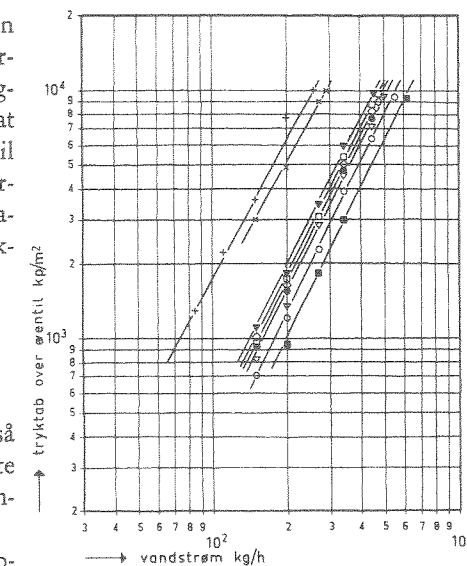


Fig. 10. Tryktab som funktion af vandstrøm for 9 forskellige ventiler af fabrikat D ved samme forindstilling. (Ventilerne er fremstillet for 6-7 år siden, og svarer evt. ikke fuldstændigt til dem, der sælges i dag).

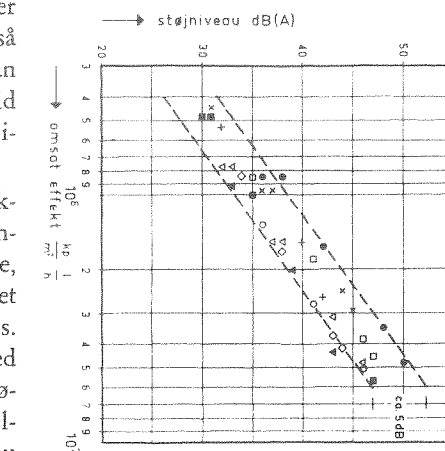


Fig. 11. Støjniveau som funktion af effekt for 9 forskellige ventiler af fabrikat D, svarende til målingerne i fig. 10.



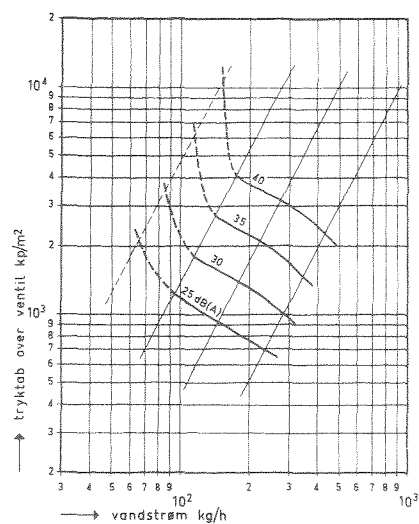


Fig. 13. Dimensioneringsdiagram. Diagrammet svarer til et almindeligt forindstillingsdiagram, hvor der er indlagt kurver for støjniveau. Diagrammet er baseret på de målinger, hvor alle de undersøgte ventiler var forindstillet til samme modstandstal ( $c = 130, 450$  og  $1300$ ), og kurverne repræsenterer de maksimale støjniveauer for alle ventiler. Sammenligningen mellem ventilerne er kun gennemført for de tre nævnte modstandstal, men for at give en idé om niveaukurvernes forløb ved højere modstandstal, har man på basis af de mest støjende ventiler konstrueret den punkterede del af niveaukurverne. Værdierne gælder for et rum med en efterklangstid på 0,5 s og for en panelradiator med et tilsyneladende areal på ca.  $1 \text{ m}^2$ .

#### Hvordan dimensionerer man?

Det var naturligvis bedst, om man for hver ventil havde et sæt fuldstændige målinger på ca. 10 eksemplarer. En sådan undersøgelse magter SBI ikke at bekoste, og den ville sikkert heller ikke være formålstjenlig på nuværende tidspunkt, da man må forudse, at en hel del af ventilerne vil blive forbedret. Man kan imidlertid godt på grundlag af de her udførte undersøgelser opstille et brugeligt dimensioneringsgrundlag.

Hvis man skal arbejde med et fælles grundlag uafhængigt af det fabrikkat, som skal anvendes, må man basere dimensioneringen på de maksimalt forekommende støjniveauer, som det er gjort i fig. 13. Man har her

taget maksimum for de målinger, hvor ventilerne var indstillet til samme modstand. Støjniveauet er angivet ved niveaukurver, som er indlagt i et trykfald/vandstrøm diagram. Ved beregningen af ventilens forindstilling ud fra det sædvanlige forindstillingsdiagram kan man da direkte ved hjælp af fig. 13 undersøge, om der er fare for støjgener. For rum i boliger bør støjniveauet ikke overstige 25 dB(A).

Kurverne i fig. 13 er korrigeret således, at de gælder for et rum med en efterklangstid på 0,5 s. Endvidere er fig. 13 baseret på en panelradiator med et tilsyneladende areal (højde  $\times$  længde) på ca.  $1 \text{ m}^2$ . For en panelradiator med det dobbelte areal må regnes med en forøgelse af de i fig. 13 angivne støjniveauer på ca. 3 dB. Anvendelse af andre radiatorer – som f. eks. søjleradiatorer – kan muligvis medføre et noget lavere støjniveau.

Undersøgelsen har kun omhandlet radiatorventiler af dimension 15 mm. Da man imidlertid ved de andre dimensioner har at gøre med nøjagtig de samme konstruktioner, er der ingen grund til at sammenhængen mellem effekt og støjniveau skulle ændre sig væsentligt. Tilsvarende kan siges om strengventiler, der i de fleste tilfælde er samme konstruktion som radiatorventilerne, så også for disse kan man som et groft overslag anvende fig. 13. Det bemærkes, at man i strengventiler ikke bør omsætte væsentligt større effekt (vandstrøm  $\times$  trykfald) end i radiatorventiler, da vibrationerne ledes gennem rørsystemet næsten uden tab. Man kan altså ikke – som det er gjort i en firmabrochure – fastsætte grænserne ud fra et højt tilladeligt støjniveau i kælderen; støjen bliver ikke dernede.

Når man på grundlag af fig. 13 har fundet de maksimalt tilladelige tryktab og vandstrømme for ventilen, må man sørge for, at disse aldrig overskrides, med mindre det drejer sig om meget korte tidsrum. Hvis et varmeanlæg køres med en god, central temperaturregulering, og i øvrigt er indreguleret korrekt, så skulle beboerne næppe have grund til at røre ved radiatorventilerne, undtagen hvor der ønskes lavere temperatur i soverum. Hvis man imidlertid ved brug af varmfordelingsmålere animerer folk til at lukke for radiatorerne om natten, og når de ikke er hjemme, så kan man få perioder, hvor kun et lille antal radiatorventiler er åbne. Disse få åbne ventiler vil blive langt hårdere belastet end ved normal drift, og som følge heraf have tendens til at frembringe generende støj. I sådanne tilfælde bør der køres med en mindre pumpe om natten.

#### Resumé

Den primære støjkilde i radiatoranlæg er de store enkeltmodstande, såsom radiatorventiler og strengmodstande. Det støjniveau som frembringes af en ventil afhænger dels af ventilens forindstilling og dels af vandstrømmen og trykfaldet, og støjniveauet i dB(A) er proportionalt med logaritmen til trykfaldet eller vandstrømmen. Der er gennemført målinger på 11 ventilfabrikater af forskellig konstruktion. Der er endvidere udført nogle få forsøg med ventiler monteret på forskellige radiatorer, og det viser sig, at radiatorstørrelse og -type har en vis betydning for støjniveauet. Dette og andre problemer vil blive undersøgt nøjere i en kommende undersøgelse. Der angives retningslinier for dimensionering af radiatoranlæg under hensyntagen til støj.

# Termostatiske blandeventiler

— hvor godt fungerer de?  
hvor meget støjer de?

Termostatiske blandeventiler anvendes i stadigt stigende omfang, men kendskabet til disse ventilers reguleringsveje, reaktioner ved varierende trykforhold, støjproduktion, levetid og servicebehov er endnu ret ringe. For at give en orientering om nogle af disse forhold redegør SBI her for en undersøgelse af en sådan ventil.

Som på alle andre områder trænger automatikken også ind i VVS-branchen. Automatikken har forsynet os med mange goder, og endnu flere er i vente. Automatikken kræver imidlertid også visse hensyn både ved projekteringen og vedligeholdelsen, så når der skal anvendes automatik, må man vide noget om den.

SBI har haft lejlighed til at foretage en undersøgelse af en termostatisk blandeventil af fabrikat Danfoss type BLV 20. Det er sket i forbindelse med en kontraktforskningsopgave for Direktoratet for Københavns Amts Sygehusvæsen, men herudover er der foretaget en række supplerende målinger. Hovedopgaven – som blev udført i samarbejde med ingeniørfirmaet Steensen og Varming – var at tilvejebringe grundlaget for projektering af et præfabrikeret, let baderum til brug for Københavns Amts Sygehus i Herlev.

I baderumsenheden – som rummer 2 patientbaderum samt en rørsækk – skal 7 tapsteder forsynes med tempereret vand (ca.  $39^\circ\text{C}$ ), nemlig 3 håndvaske og 2 brusere. Da man af hensyn til bakterievæksten ikke ønsker at ha-

af K. Ovesen og F. M. Strumpf  
Statens Byggeforskningsinstitut

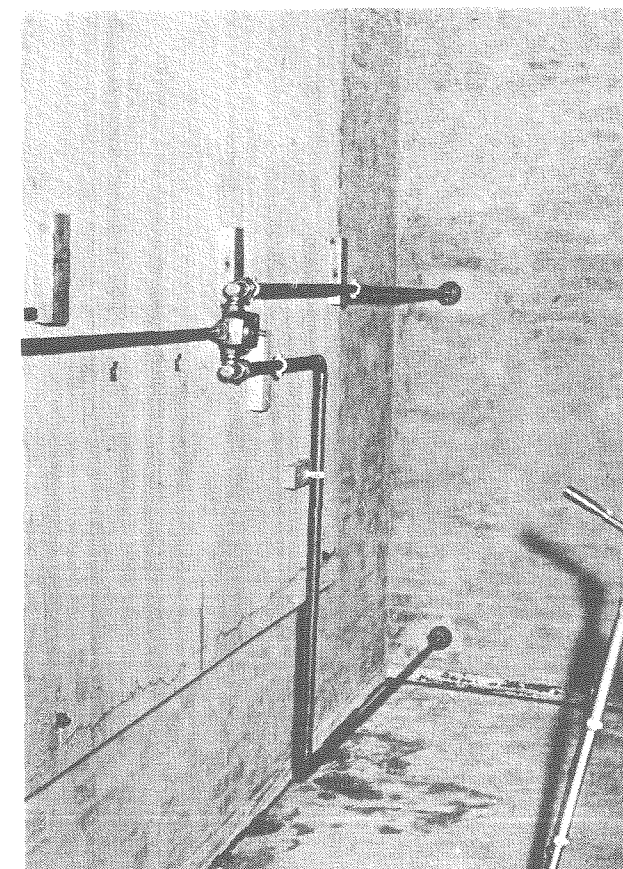


Fig. 1. Opspænding af den målte termostatiske blandeventil. Rørene er på 3 steder fastgjort til en møbelplade, som med 4 bolte er fastgjort til lydboxens væg. Der er anvendt kobberør med samme dimensioner, som skal anvendes i praksis.

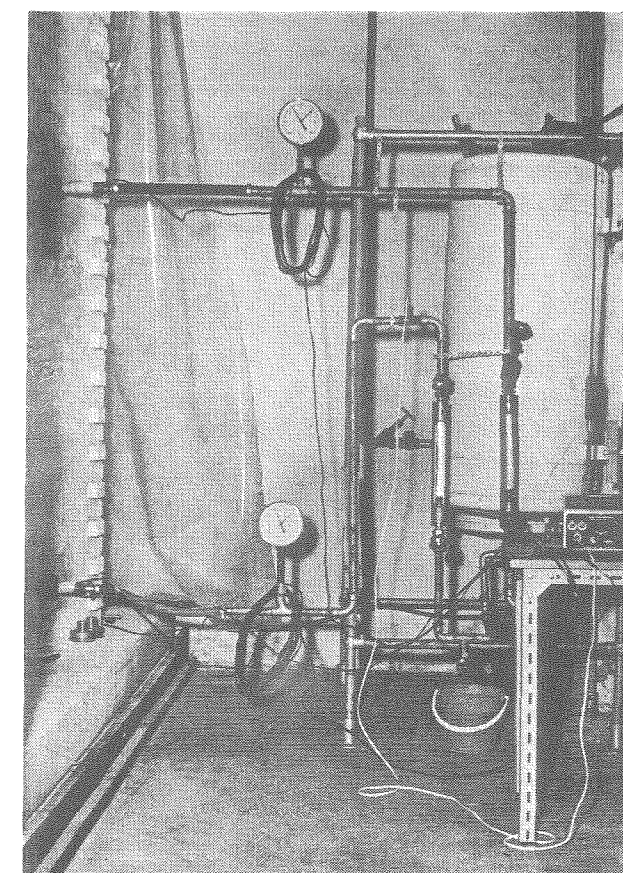


Fig. 2. Vandtilførslen styres af reduktionsventiler (ikke synlige på billedet). Det varme og det kolde vand måles med flowmetre. Trykket måles på både KV- og VV-siden, og KV-, VV- og blandings-temperatur måles med termoelementer.

ve et helt net fyldt med vand af denne temperatur, skal blandingen ske så nær tapstedet som muligt. Blandingen af koldt og varmt vand skal foretages i en termostatisk blandeventil, som skal dække alle 7 tapsteder. Aftapningen skal ske uden berøring og styres derfor af magnetventiler og flow controls. I forbindelse med armaturvalget er der foretaget nogle støj- og funktionsundersøgelser, hvoraf én skal fremlægges her.

En fuldstændig undersøgelse af en termostatisk blandeventil er en temmelig omfattende sag, da så mange parametre er involveret. Ventilens evne til at give en ønsket temperatur kan påvirkes af tilgangstemperaturer, tilgangstryk, aftappet vandmængde samt niveauet af den ønskede temperatur. Hvis blot nogle få værdier af hver af de indgående parametre ønskes undersøgt, kommer man let op på mange tusinde målinger. Så grundigt er man ikke gået til værks her, så det er ikke alle sider af ventilens funktion, som kan belyses helt klart.

Først og fremmest er der kun gjort forsøg med ganske få indstillinger af

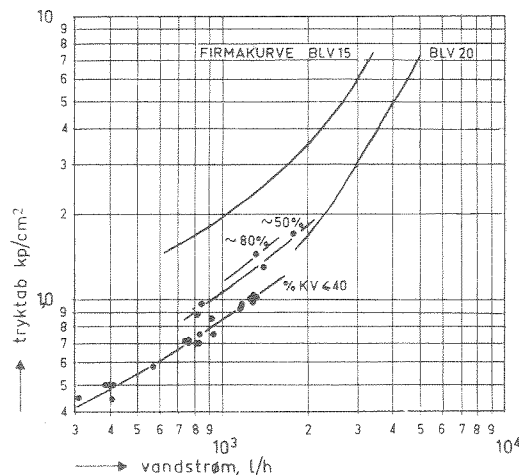


Fig. 4. Tryktab som funktion af vandstrøm for blandeventil BLV 20. Som parameter på kurverne er anført den procentdel af det blandede vand, som udgøres af koldt vand. Endvidere er indlagt firmaets kapacitetskurver.

ventilen (indstilling af håndtag for temperaturvalg), og hovedparten af målingerne er foretaget ved én bestemt indstilling. Der er imidlertid ikke den helt store forskel på ventilens reaktioner, når det ikke drejer sig om ekstreme indstillinger.

#### Måleopstillingen

er beskrevet i fig. 1, 2 og 3. SBI's lydbox er tidligere beskrevet her i bladet (VV5 nr. 1, 1967). Som vist i

fig. 1 er ventilen monteret i et rørarrangement, som er fastgjort til en stor møbelplade. Denne opstilling giver en ret god forstærkning af støjen, hvilket er vigtigt, når der skal måles på små vandstrømme, men den er endvidere i dette tilfælde nogenlunde realistisk, idet baderumsenheden vil blive fremstillet af branddrøjt krydsfiner (FRCW). Med henblik på andre montageformer er der dog også foretaget nogle målinger med arrangementet monteret henholdsvis på en tung væg og en letbetonvæg.

#### Ventilens modstand

For en almindelig fast enkeltmodstand er tryktabet i reglen meget nær proportional med kvadratet på vandstrømmen. Dette gælder ikke for denne blandeventil, hvor tryktabet snarere er direkte proportional med vandstrømmen. Vandstrømmen er imidlertid ikke eneførende for tryktabet, idet også blandingsforholdet spiller en rolle.

I fig. 4 er tryktabet over ventilen afbildet som funktion af den samlede vandstrøm. Det ses, at man med nogen ret kan tegne en kurve gennem de punkter, som har en koldtandsandel, som er mindre eller lige med 40%. Der er dog ikke tale om en eksakt afhængighed af blandingsforholdet, idet spredningen er større, end hvad målemetoden indebærer. Til brug for dimensionering er de angivne kurver fuldt tilstrækkelige. Det ses, at når KV-andelen vokser, stiger tryktabet.

I fig. 4 er indtegnet firmaets kapacitetskurve, som dog er målt under lidt andre betingelser end SBI's må-

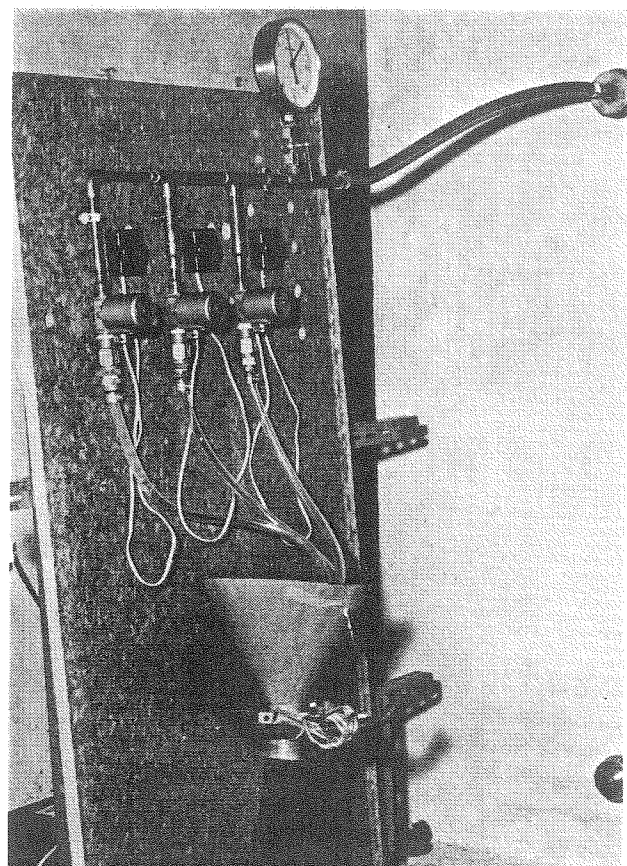


Fig. 3. Afgangssiden. Tryk måles for magnetventil og flow-control. Opbygningen svarer til den, som skal anvendes i praksis. Der er også målt uden dette arrangement for at få større variationsmuligheder for vandstrømmen.

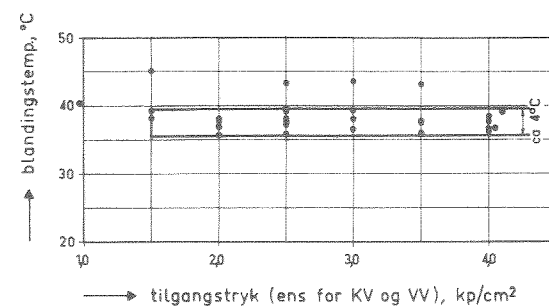


Fig. 5. Blandingstemperatur som funktion af tilgangstryk (ens for KV- og VV-siden). Vandstrømmene (som ikke er proportionale med tilgangstrykket, men derimod med trykfaldet) har varieret mellem 0,1 og 0,4 l/s. KV-temperaturen har ligget i intervallet 11,5-15°C og VV-temperaturen i intervallet 50-60°C. De 4 punkter over det afgrænsede område har dog haft KV-temperaturer på ca. 20°C og VV-temperaturer på ca. 60°C og små vandstrømme. Indstilling af ventil: spindlen drejet 1 omdrejning fra lukket stilling.

linger. Firmaets kurve er formentligt målt på en BLV 20 forsynet med ventil, og denne ventil har været fuldt åben under målingerne. I de målte tryktab er altså afspæringsventilen inkluderet. Ved SBI's målinger var afspæringsventilen monteret nogle meter fra blandeventilen, og tryktabet er målt direkte over blandeventilen. Der er altså ikke tale om nogen modstrid mellem de to sæt målinger.

SBI's målinger dækker et lavere område end firmaekurven, da tæppeintensiteterne til dette nævnte formål i det væsentlige vil ligge i området 0,1 til 0,5 l/s. Normalt ville man til dette område anvende BLV 15, men da der her er 7 tapsteder tilsluttet, har man ønsket en større ventil. Tilsyneladende underskrides man blandeventilens funktionsområde i fig. 4, idet denne kræver et tilgangstryk på 1,5 kp/cm². De afbildede punkter refererer imidlertid til tryktab, og da aftapningen er styret af flow-controls, som også har et tryktab, opnås i alle tilfælde det krævede tilgangstryk.

#### Blandingstemperaturen

Ventilen er ikke forsynet med en gradskala. Man føler sig frem til den temperatur, man ønsker, og så skal termostaten sørge for, at denne temperatur holdes, uanset ændringer i vandstrøm eller tryk og temperatur af tilgangsvandet. Det er ventilens evner i denne retning, som her skal testes.

I almindelighed vil en ventil monteret i et anlæg være underkastet nogenlunde samme tryk på KV- og VV-siden. Under sådanne forhold vil blandingsstemperaturen variere som vist i

fig. 5. Det ses, at for hovedparten af målingerne falder blandingsstemperaturen inden for et interval på 4°C (eller  $\pm 2^\circ\text{C}$ ). Fig. 5 rummer målinger for varierende tilgangstryk, tilgangstemperaturer og tapmængder, som angivet ved figuren, men der er tale om variationer, som er sandsynlige i praksis, så intervallet på 4°C giver et realistisk billede af ventilens formåen.

Det ses af fig. 5, at tilgangstrykket ikke influerer på blandingsstemperaturen, men det kunne tænkes, at andre af parametrene på tilgangssiden havde betydning såsom temperaturerne eller vandstrømmen. Ved forsøgene har det ikke været muligt at styre tilgangs-

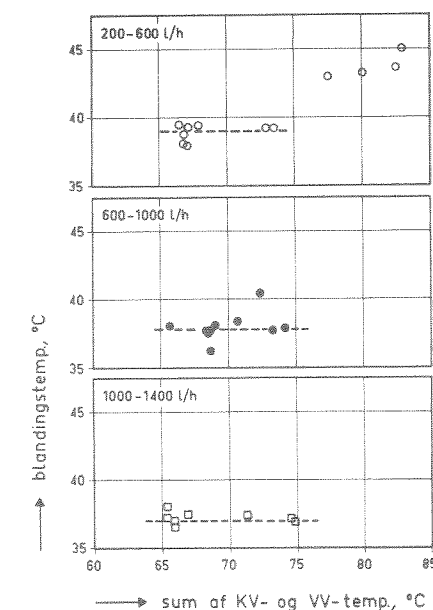
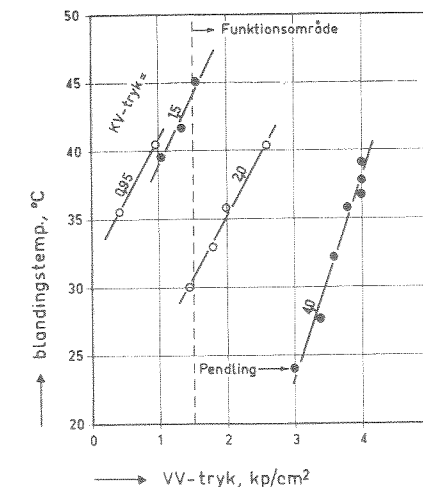


Fig. 6. Blandingstemperaturen vist som funktion af summen af KV- og VV-temperaturen opdelt efter størrelse af den aftappede vandstrøm. Målingerne er de samme, som er afbildet i Fig. 5.

Fig. 7. Blandingstemperaturens variation med VV-trykket ved konstante KV-tryk. Ventilindstilling som i Fig. 5.



temperaturerne, men kun at holde dem konstant for den enkelte måling, så man kan ikke direkte aflæse deres indflydelse. Man kan imidlertid bedømme tilgangstemperaturernes betydning af afbildningen i fig. 6, hvor blandingsstemperaturen er vist som funktion af summen af KV- og VV-temperatur, delt op efter størrelsen af vandstrømmen.

Af fig 6 ses det, at med en nogenlunde normal variation af tilgangstemperaturerne har disses størrelse ingen direkte indflydelse på blandingsstemperaturen. Ved meget høje tilgangstemperaturer (f. eks.  $60 + 20^\circ\text{C}$ ) viser enkelte forsøg med lille vandstrøm en stigning i blandingsstemperaturen. Til lige viser fig. 6, at vandstrømmens størrelse har klar indflydelse på blandingsstemperaturer, således at en øget vandstrøm medfører faldende blandingsstemperatur.

En forskel i tryk på KV- og VV-siden vil influere på blandingsstemperaturens størrelse. En sådan forskel kan f. eks. forekomme, hvis rørene er knapt dimensioneret, og hvis der er mulighed for kraftige aftapninger fra enten KV- eller VV-nettet på et sted i nærheden af blandeventilen.

Blandeventilens reaktion overfor forskellige tryk på KV- eller VV-side kan ses i fig. 7. Der er her vist, hvorledes blandingsstemperaturen ændres, når KV-trykket holdes konstant, mens VV-trykket varieres. Det fremgår, at trykforskelle har en betydelig indflydelse på blandingsstemperaturen. En tryksækning på 1 kp/cm² på VV-siden kan således forårsage et temperaturfald på omkring  $10^\circ\text{C}$ . I fig. 8



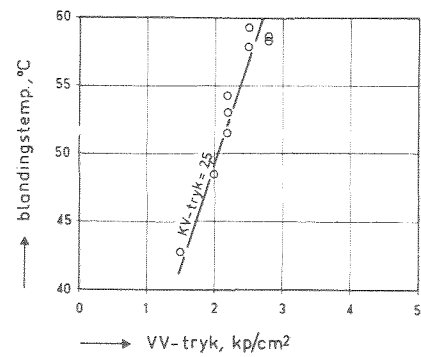


Fig. 8. Blandingstemperatures variation med VV-trykket ved konstant KV-tryk. Ventilindstilling: spindlen drejet 3/4 omdrejning fra lukket stilling.

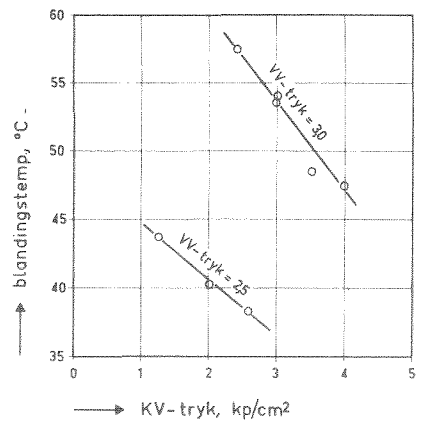


Fig. 9. Blandingstemperatures variation med KV-trykket ved konstant VV-tryk. For VV-trykket = 3,0 kp/cm<sup>2</sup> er ventilens indstilling som i Fig. 8; og for VV-trykket = 2,6 kp/cm<sup>2</sup> er indstillingen som i Fig. 5.

ses, at noget lignende gør sig gældende, når ventilen er indstillet til at give en højere blandingstemperatur.

Hvis VV-trykket holdes konstant, mens KV-trykket varierer, som vist i fig. 9, fås en analog ændring af blandingstemperaturen, men det tyder på,

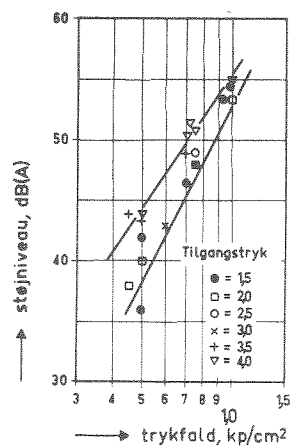


Fig. 10. Støjniveau som funktion af trykfaldet med tilgangstrykket (ens for KV- og VV-side) som parameter. Rørarrangement med blandeventil monteret på træplade.

at følsomheden for ændringer i KV-trykket er mindre.

Firmaet angiver, at trykdifferencen mellem de to sider ikke må overskride 0,5 kp/cm<sup>2</sup>, og det skulle næppe være svært at overholde dette i praksis. Imidlertid vil selv denne trykforskel påvirke blandingstemperaturen kende- ligt, så der må ved dimensioneringen af nettet tilstræbes en mindre trykforskel mellem KV- og VV-side. For tydelighedens skyld skal bemærkes, at det her drejer sig om trykændringer. Hvis ventilen er underkastet forskellige – men konstante – tryk på de to sider, er variationerne i blandingstemperaturen væsentligt mindre.

### Støjproduktionen

For faste modstande gælder det, at støjen direkte er en funktion af vandstrøm og trykfald. Noget lignende kan observeres for denne blandeventil, men her spiller tillige tilgangstryk- kenes størrelse en rolle.

Støjniveauet, som det bliver med samme tilgangstryk på ventilens to sider, er vist i fig. 10 og 11. I fig. 10 er trykfaldet over ventilen anvendt som abscisse, og i fig. 11 er anvendt vandstrømmen på afgangssiden. Det ses, at jo højere tilgangstryk- kene er, desto højere bliver støjniveauet. Denne forskel tenderer dog til at mind- skes ved større vandstrømme. Ventil- indstillingen er som ved hovedparten af de tidligere nævnte målinger (spindlen drejet 1 omdrejning fra

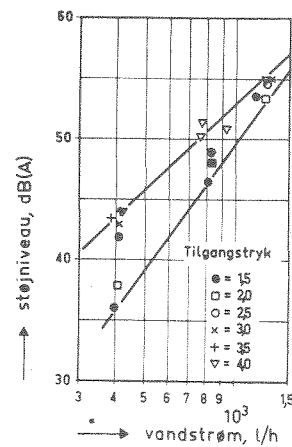


Fig. 11. Støjniveau som funktion af vandstrøm. Samme målinger som er anvendt i Fig. 10.

lukket stilling), men forsøg med nær- liggende indstillinger giver stort set samme støjniveau.

Når der er forskellige tilgangstryk på KV- og VV-side, fås også lidt ændrede støjforhold. Man kunne tro, at hvis tilgangstrykket sænkes i den ene side, ville man også opnå en formind- skelse af støjniveauet, men dette er ikke tilfældet. I almindelighed vil uens tilgangstryk snarere bevirke en forøgelse af støjniveauet.

Der foreligger en hel del målinger af støjniveauet ved uens tilgangstryk, men i det store hele falder disse indenfor de områder, som er afgrænset i fig. 10 og 11, så det har næppe noget formål at vise dem.

Da monteringen af ventilen på en træ- plade er ret unormalt, er der foretaget nogle supplerende målinger med ven- til og rørarrangement monteret på en af lydboxens vægge (20 cm kalksand- sten). Disse målinger er angivet i fig. 12, og som forventet opnås her et væ- sentligt lavere støjniveau.

For yderligere at belyse væggen- betydning er der foretaget nogle målin- ger med ventil og rørarrangement monteret på en 7,5 cm tyk letbeton- væg, og resultaterne herfra er vist i fig. 13. Der er her medtaget målin- ger for lavere tilgangstryk end det fo- reskrevne 1,5 kp/cm<sup>2</sup>, men det ses, at disse målinger ikke, hvad det støjmæ- sige angår, udskiller sig fra de andre.

Målingerne for montage på letbe- tonvæg kan ikke direkte sammenlig-

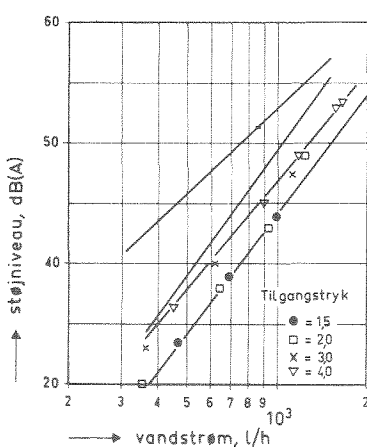


Fig. 12. Støjniveau som funktion af vandstrøm ved montage af rørarrangement med blandeventil på tung væg (20 cm kalksandsten). Til sammenligning er indtegnet det område, som opnås ved montage på træplade (overført fra Fig. 11).

nes med de øvrige, da der har været forskelle i rummets karakteristisk. Mens de første har været målt i et rum med en efterklangstid på 2,5 s, har der under de sidstnævnte målin- ger været en efterklangstid på 1,2 s. En vis sammenligning mellem resul- taterne kan fås ved en korrektion, som det er gjort i fig. 14, hvor resulta- terne er korrigeret til at gælde for et rum med en efterklangstid på 0,5 s. Da der imidlertid har været nogle for- skelle i rørarrangementet, må sammen- ligningen tages med et vist forbehold.

### Støjen i praksis

Laboratiormålinger kan aldrig give den fulde sandhed om, hvad støjni-

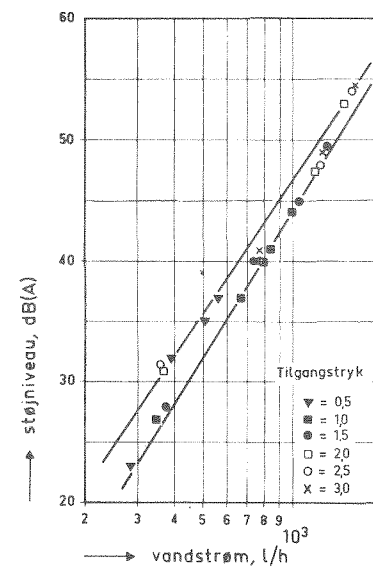


Fig. 13. Støjniveau som funktion af vandstrøm ved montage af rørarrangement med blandingventil på letbetonvæg (7,5 cm).

veuet bliver i praksis. Alle målin- gerne er foretaget på den måde, at man har målt i selve det rum, hvor ventilen var installeret, hvilket på sin vis er relevant, da blandeventilen skal monteres, så den kan betjenes. Imid- lertid er der i Bygningsreglementet ingen interesse for støjniveauet i det rum, hvor støjkilden er placeret. Man betragter kun det støjniveau, som her- ved opstår i andre lejemål. Støjni- veuet i de aktuelle tilfælde afhænger altså ikke alene af støjklenderne, men også af lejlighedsplan og rørføring.

De værdier, som er angivet i fig. 14, må altså nærmest betragtes som gældende for det ugunstigste tilfælde. Det vil dog ikke være svært at komme op på værdier, som nærmer sig de angivne, såfremt den del af rørrettet, hvor støjkilden er monteret, er fast- gjort til en væg, som afgrænser et fremmed lejemål.

Når en termostatisk blandeventil anvendes, som her beskrevet, skal der yderligere anvendes en aftapningsven- til, som også er en mulig støjkilde. Som regel vil det være således, at der i aftapningsventilen skal optages et større trykfald end i blandeventilen, så i mange tilfælde vil aftapningsven- tilens støjmæssige egenskaber være af- gørende. Hvis flere aftapningsventiler hørende til samme blandeventil betje- nes samtidigt, vil vandstrømmen gen- nem hver af aftapningsventilerne være mindre end blandeventilens vand- strøm, og i så fald kan blandeventilen være bestemmende for støjniveauet.

### Konklusion

Det skal indledningsvis bemærkes, at den brug af blandeventilen, som undersøgelsen tager sigte på, ikke svarer helt til den normale anvendelse. Med de vandstrømme, der er målt for, ville det være mere naturligt at anvende BLV 15, men da der var krav om mulighed for større vandstrømme, var det nødvendigt at anvende BLV 20. Endvidere skal det nævnes, at der kun er målt på et eksemplar.

De vigtigste konklusioner man kan drage af undersøgelsen er følgende:

Blandingstemperaturen varierer inden for et interval på ca. 4°C, når der er samme tryk på koldt- vands- og varmtvands- siden, og når tilgangs- temperaturen varierer i området

11–15°C for koldt vand og 50–60°C for varmt vand. En forøgelse af koldt vandstemperaturen til ca. 20°C vil i forbindelse med en høj varmt- vandstemperatur give større varia- tioner i blandingstemperaturen. Dette er mest udpræget ved små vandstrømme.

Trykområdet er opgivet til 1,5–7 kp/cm<sup>2</sup> med et minimalt tilgangs- tryk på 1,5 kp/cm<sup>2</sup> og en maksimal forskel på koldt vands- og varmt- vandstryk på 0,5 kp/cm<sup>2</sup>. Der er konstateret en tilfredsstillende funk- tion under disse betingelser – med forbehold for temperaturintervallets størrelse – såfremt tilgangstryk- kene holdes konstante. Gælder det tryk- variationer kan det ikke tilrådes at tillade en forskel på de to tilgangs- tryk på 0,5 kp/cm<sup>2</sup>.

Støjen fra blandeventilen forekom- mer høj, men må ses i relation til de aftapningsventiler, som skal anvendes. Ligesom det gælder for de fleste aftapningsventiler, kan Byg- ningsreglementet sikkert kun over- holdes, hvis blandeventilen anvendes i forbindelse med en passende planløsning.

Kravet om et tilgangstryk på 1,5 kp/cm<sup>2</sup> kan bidrage til at øge støj- niveauet, idet den del af dette tryk, som blandeventilen ikke selv opta- ger, må optages i aftapningsventi- len.

Et vigtigt forhold, som ikke er under- søgt, er pasning af ventilen – det blev blot konstateret, at filtret trængte til rensning, da forsøgene var afsluttet. Imidlertid er der erfaring for, at auto- matik af denne art kræver regelmæssig vedligeholdelse, hvis den rigtige funk- tionering skal opretholdes.

Kravene til en termostatisk blande- ventil må afhænge af den brug, man vil gøre af den. Hvis ventilen – som i dette tilfælde – altid skal holde sam- me vandtemperatur, er det et rimeligt krav, at den kan klare dette uden hyp- pige indstillinger, dvs. temperaturin- tervallet må være så snævert som mu- ligt, og der må være en margin for trykvariationer. Hvis ventilen derimod anvendes til hyppigt skiftende tempe- raturer – som det vil være tilfældet til husholdningsbrug – kan disse krav sikkert modereres.

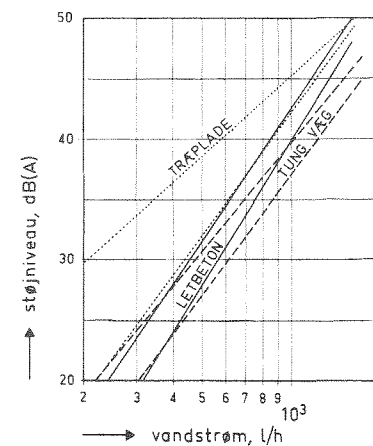


Fig. 14. Støjniveau som funktion af vandstrøm for forskellige vægtyper. Målingerne er foretaget under uensartede betingelser, men er alle korrigeret til at gælde for et rum med en efterklangstid på 0,5 s. Da der har været nogen forskel på rørarrangementerne, må sammenligningen tages med et vist forbehold.

# Termostatiske blandeventiler

Af K. Ovesen og F. M. Strumpf,  
Statens Byggeforskningsinstitut

I VVS har der tidligere været offentliggjort resultater af en termostatisk blandeventil. Firmaet Walker Crossweller har hos SBI rekvireret en tilsvarende undersøgelse af deres termostatiske blandeventil, Leonard 3M, og stillet resultaterne til rådighed for denne artikel.

I VVS nr. 1, 1968 blev der bragt resultaterne af en undersøgelse af en termostatisk blandeventil (Danfoss BLV 20) med henblik på en lidt usædvanlig anvendelse. Ventilen skulle forsyne flere tapsteder – nemlig 3 håndvaske og 2 brusere – med tempereret vand. Denne anvendelse skulle finde sted i et sygehus, men der vil formentlig være mange steder, hvor man kan udnytte en termostatisk blandeventil til flere tapsteder. En sådan anvendelse stiller store krav til ventilen, idet dens størrelse må vælges med henblik på samtidig brug af flere tapsteder, mens den størstedelen af tiden kun vil betjene et tapsted. Målingerne

viste da også, at ventilens funktion er mindre god ved små vandstrømme.

SBI har for firmaet Walker Crossweller udført en rekvireret undersøgelse af en Leonard 3M termostatisk blandeventil, som indgår i firmaets serie af termostatventiler. Undersøgelsen blev udført efter de samme retningslinier som den i VVS nr. 1, 1968 beskrevne undersøgelse, så beskrivelse af forsøgsarrangement m.v. er udeladt her. Ventilen var i dimensionen 20 mm. Høverparten af målingerne blev udført på ét eksemplar af ventilen, men der blev tillige udført nogle kontrolmålinger på et andet eksemplar for at sikre, at det valgte

eksemplar var nogenlunde repræsentativt.

## Ventilens modstand

Tryktabet over blandeventilen er i fig. 1 vist som funktion af vandstrømmen. Det ses, at der ikke som ved faste modstande kan angives en enkelt kurve for denne relation. Tryktabet afhænger af blandingsforholdet, men der kan ikke angives nogen direkte sammenhæng.

Tryktabet i denne ventil er forholdsvis meget lille, hvilket hænger sammen med, at den skal kunne anvendes på de engelske vandinstallationer, hvor forsyningen sker over en

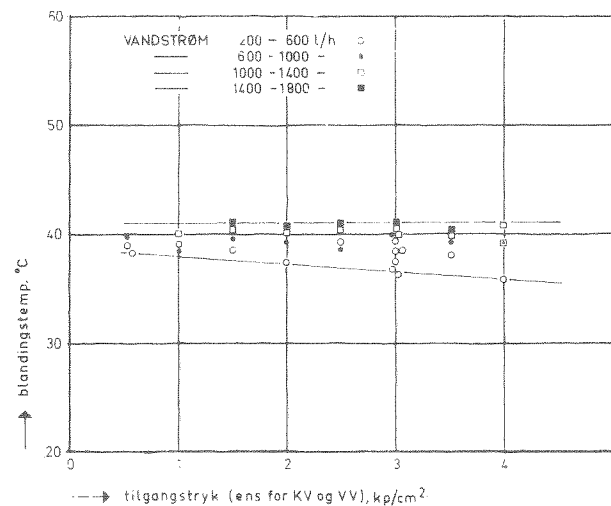
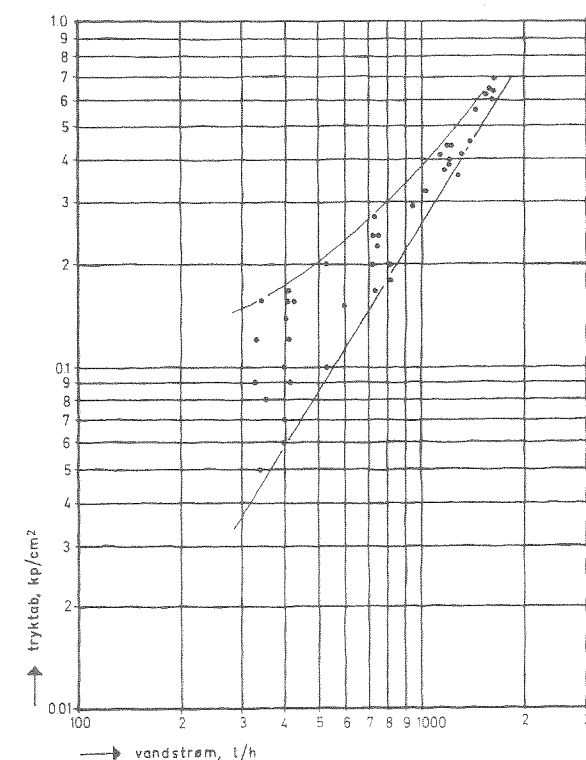


Fig. 2. Blandingstemperaturen som funktion af tilgangstryk (ens for KV- og VV-siden). Vandstrømmens omtrentlige størrelse er angivet ved de i diagrammet viste symboler. KV-temperaturen har ligget i intervallet 9,5 til 13,5°C og VV-temperaturen i intervallet 43–62°C – dog for størsteparten af målinger i intervallet 58–62°C.

Fig. 1. Tryktab over ventilen som funktion af den samlede vandstrøm. Tilgangsstrykkene er ens for KV- og VV-siden og har varieret mellem 0,5 og 4,0 kp/cm².

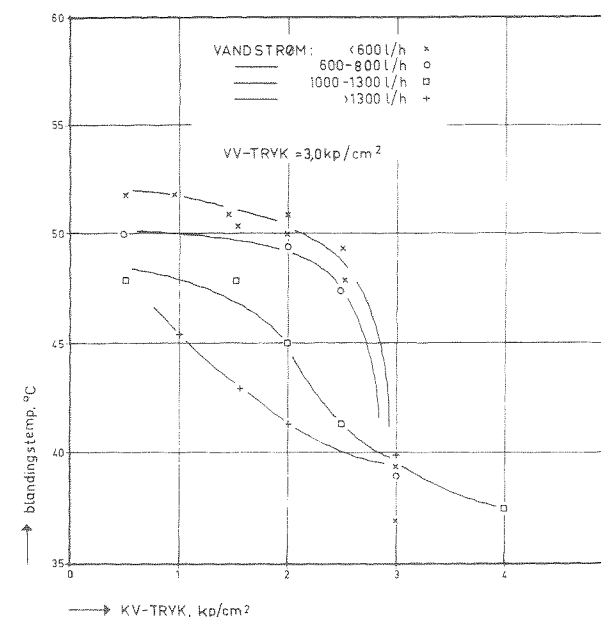
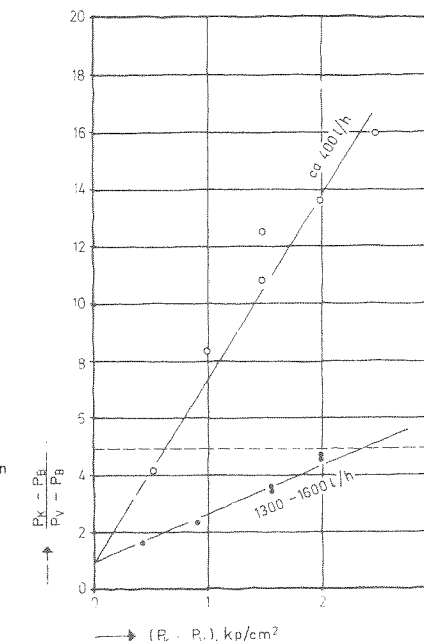


Fig. 3. Blandingstemperaturens variation med KV-trykket ved konstant VV-tryk = 3,0 kp/cm². Den omtrentlige vandstrøm er markeret ved de i diagrammet angivne symboler.

Fig. 4. Trykforholdet  $\frac{P_K - P_B}{P_V - P_B}$  afbildet som funktion af forskellen mellem KV- og VV-tryk med vandstrømmen som parameter. Indtegnet firmaets øvre grænse for trykforholdet.



tryklos højdebeholder anbragt på loftet. Som følge heraf er også det foreskrevne minimal-tilgangstryk lille, nemlig 0,5 kp/cm². Normalt er der i Danmark rigeligt tryk disponibelt, men i høje bygninger kan det lille trykfald være en fordel – dette gælder også, når der skal anvendes trykforøgeranlæg.

## Blandingstemperaturen

Ventilen er ikke forsynet med gradskala, men blot med en neutral gradering.

Når ventilen er underkastet samme tryk på KV- og VV-siden, vil blandingsstemperaturen variere som vist i fig. 2. Ventilen har været indstillet på samme indstilling under alle målingerne, mens tilgangsstrykkene og tapmængderne har været underkastet variationer, dog således at KV- og VV-tryk altid var ens.

Af fig. 2 ses, at blandingsstemperaturen under disse forhold falder i et interval på ca. 4°C – noget mindre ved små tilgangstryk, og noget mere ved større tilgangstryk. Det bemærkes, at den underste linie i fig. 2 ikke er en regressionslinje, men blot betegner en afgrænsning af det område, hvori målingerne falder. Man kan således ikke direkte ekstrapolere linien udover det målte område.

Vandstrømmens omtrentlige størrelse er i fig. 2 markeret ved anvendelse af forskellige symboler for målepunkterne. Det ses, at når vandstrømmen er lille, bliver blandingsstemperaturen lav, samt at de små vandstrømme har ansvaret for en stor del af temperaturintervallet.

Firmaet tilråder, at denne ventilstørrelse kun anvendes for vandstrømme over 800 l/h (0,22 l/s), hvilket ganske vist er mindre end 1 tapenhed (0,25 l/s), men i praksis må der regnes med, at vandstrømmen fra et tapsted ofte er væsentligt mindre.

Det ses af fig. 2, at tilgangsstrykkets størrelse ikke influerer på blandingsstemperaturen, og en undersøgelse af tilgangstemperaturerne viser, at en vis variation af disse heller ikke påvirker blandingsstemperaturen. Det kan altså konkluderes, at ved samme tilgangstryk på de 2 sider har vandstrømmens størrelse den væsentligste indflydelse på blandingsstemperaturen, således at øget vandstrøm medfører højere blandingsstemperatur.

Hvis der opstår en forskel på trykkene på KV- og VV-siden, kan dette påvirke blandingsstemperaturen, som illustreret i fig. 3. Der er her vist, hvorledes ventilen reagerer, når VV-trykket holdes konstant på 3,0 kp/cm², mens KV-tryk og vandstrøm varieres. Ventilens indstilling har under alle målingerne været uændret. Det fremgår af fig. 3, at trykforskelle mellem KV- og VV-siden har meget stor ind-

flydelse på blandingsstemperaturen. En tryksækning på 1 kp/cm² på KV-siden kan således forårsage en temperaturstigning på ca. 10°C ved små vandstrømme. For store vandstrømme er denne indflydelse betydeligt mindre. Når KV-trykket fastholdes, mens VV-trykket varieres, opnås en reaktion, som er analog til den i fig. 3 beskrevne, dog med et mindre jævnt forløb af kurverne. I visse tilfælde er der registreret en vis spredning på blandingsstemperaturen svarende til samme VV-tryk.

Firmaet angiver, at forholdet mellem »net pressure« for KV- og VV-side ikke må overstige 5:1 under tapingen. Det skal forstås således, at trykfaldet over ventilens KV-side ikke må være mere end 5 gange så stort som trykfaldet over dens VV-side – eller omvendt. Det lyder meget rummeligt, men da modstanden i ventilen er meget lille, er det i virkeligheden relativt små forskelle i tilgangstryk, der kan tolereres.

Hvis KV-trykket benævnes  $P_K$ , VV-trykket  $P_V$  og trykket lige efter ventilen  $P_B$ , kan firmaets angivelse udtrykkes

$$0,2 \leq \frac{P_K - P_B}{P_V - P_B} \leq 5$$

Denne afgrænsning fortæller ikke brugeren ret meget, men en lidt bedre forståelse kan fås ved hjælp af de ud-



førte målinger. De to trykfald ( $P_K - P_B$ ) og ( $P_V - P_B$ ) afhænger dels af vandstrømmen og dels af  $P_K$  og  $P_V$ . Det ville derfor være rimeligt at antage, at det angivne forhold kan sættes i relation til ( $P_K - P_V$ ) og vandstrømmen, og dette er gjort i fig. 4.

I fig. 4 ses klart, at for små vandstrømme vokser

$$\frac{P_K - P_B}{P_V - P_B}$$

kraftigt med forskellen i tilgangstryk ( $P_K - P_V$ ), hvorimod det vokser langsommere ved store vandstrømme. I figuren er indtegnet den foreskrevne grænse, og det ses, at ved en vandstrøm på ca. 400 l/h (0,11 l/s) burde man kunne tolerere en forskel på KV- og VV-tryk på ca. 0,5 kp/cm<sup>2</sup> og tilsvarende ved 1300–1600 l/h (0,36–0,44 l/s) en forskel på 2,5 kp/cm<sup>2</sup>. Dette er i god overensstemmelse med fig. 3, hvor det fremgår, at ventilen er klart bedst ved de store vandstrømme. Imidlertid ses det også, at de tilfaldte trykforskelle er ret optimistisk bedømt – det vil være tilrådeligt at holde noget mindre trykforskelle.

Det skal for tydelighedens skyld bemærkes, at de her beskrevne variationer i blandingstemperaturen i praksis kun vil finde sted ved trykændringer. Hvis ventilen er underkastet forskellige – men konstante – tryk på de to sider, vil variationerne i blandingstemperaturen være væsentligt mindre.

### Støjproduktionen

Denne ventil er alene målt ved montering på den i VVS nr. 1, 1968 omtalte letbetonvæg. En skitse af væg og rørarrangement er vist i fig. 5.

Når KV- og VV-tryk er ens, fås de i fig. 6 viste støjniveauer. Støjniveauet er afbildet som funktion af vandstrømmen. Da tryktabene er meget små, er det ikke hensigtsmæssigt at sætte disse i relation til støjniveauet. Det ses, at støjniveauet som forventet vokser med vandstrømmen – endda ret hurtigt. Tilgangstrykket har også nogen betydning, således at større tilgangstryk medfører større støjniveau.

Forskelle i tryk på KV- og VV-siden påvirker støjniveauet mærkbart. Man kunne umiddelbart forvente, at hvis man fra en tilstand med ens KV- og VV-tryk sænkede et af disse tryk, så ville støjniveauet aftage, men i vir-

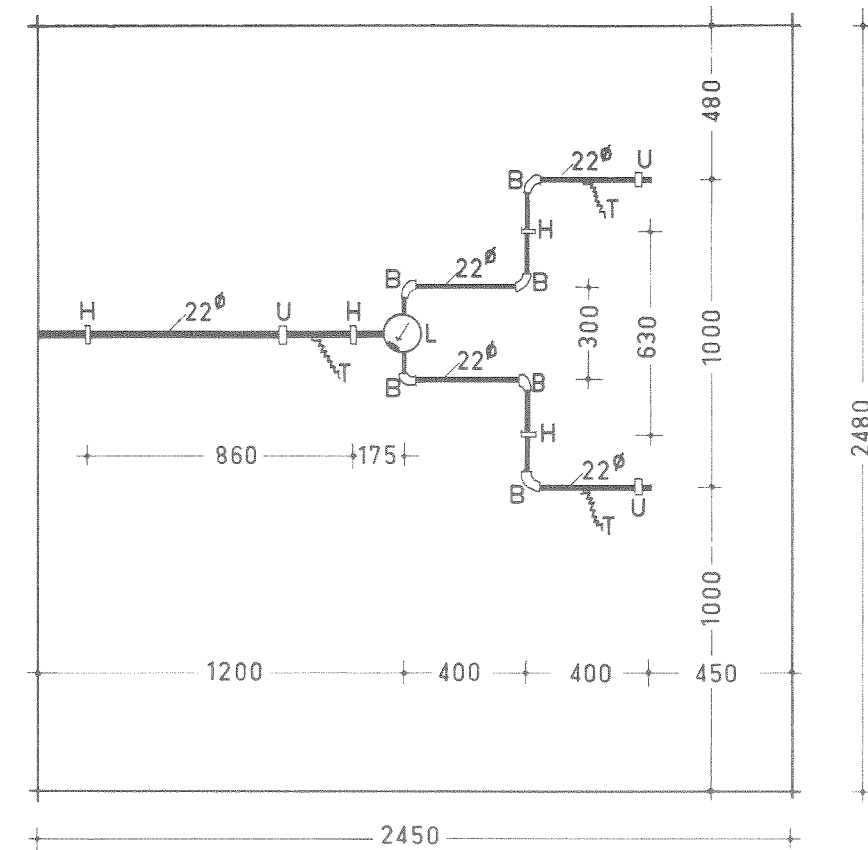


Fig. 5. Letbetonvæg med rørarrangement. Alle rør er kobberør, og alle mål er på tegningen angivet i mm. Betydningen af bogstaverne er følgende: L=termostatisk blandeventil, B=rørbejling, H=befæstigelsespunkt, T=temperaturmålesteder, U=union.

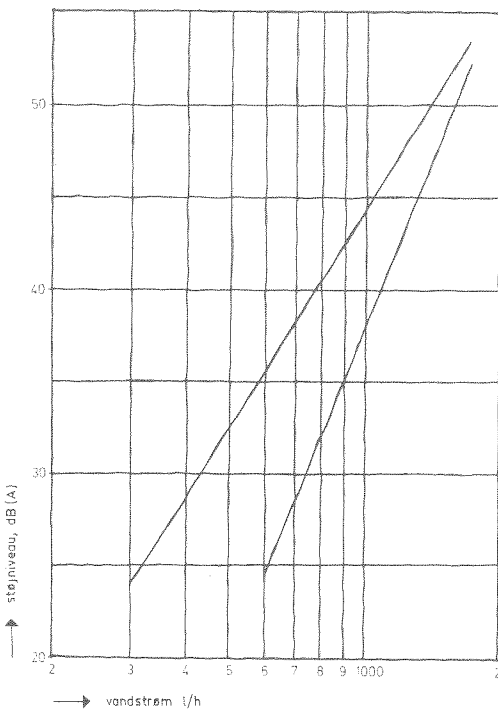


Fig. 6. Støjniveau som funktion af vandstrøm med tilgangstrykket som parameter. Tilgangstrykkene på KV- og VV-siden er ens.

keligheden tiltager det. Grunden til dette er følgende: Når f.eks. VV-trykket sænkes, så falder også trykket på ventilens afgangsside. Derved øges trykfaldet over KV-siden væsentligt –

idet trykfaldet ved samme tilgangstryk på de to sider er meget lille – og derfor øges også støjniveauet.

En illustration af dette forhold kan ses i fig. 7, hvor støjniveauet er vist

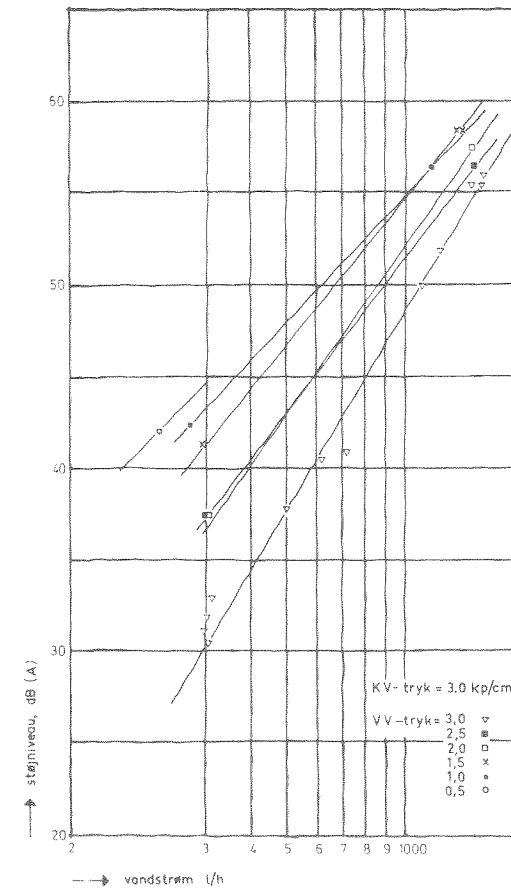


Fig. 7. Støjniveau som funktion af vandstrøm med VV-trykket som parameter. KV-trykket har været fastholdt på 3,0 kp/cm<sup>2</sup>, mens VV-trykket har varieret mellem 0,5 og 3,0 kp/cm<sup>2</sup>.

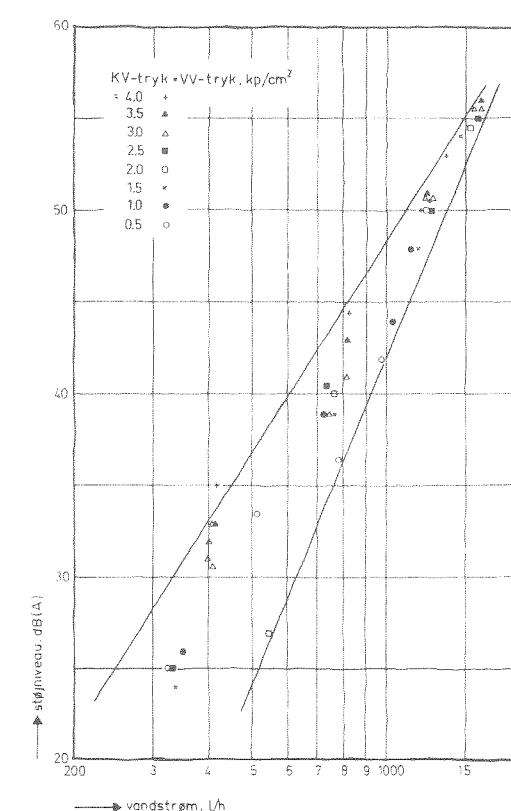


Fig. 8. Støjniveau som funktion af vandstrøm for samme tryk på KV- og VV-siden. De indtegnede linier svarer til begrænsningslinierne i fig. 6, men er korrigeret til at gælde for et rum med efterklangstid på 0,5 s. Ventil og rørarrangement er monteret på en 7,5 cm letbetonvæg.

som funktion af vandstrømmen ved fastholdt KV-tryk og varierende VV-tryk. Forholdene ved uens tryk har dog næppe større betydning, da man med henblik på blandingstemperatu-

ren altid må tilstræbe at holde KV- og VV-tryk lige store.

I artiklen i VVS nr. 1, 1968 er en del af støjmålingerne korrigeret til at gælde for et rum med en efterklangs-

tid på 0,5 s. Dette er også gjort her i fig. 8, hvor begrænsningslinierne fra fig. 6 (samme tryk på KV- og VV-side) er indtegnet i korrigeret stand.

### Kontrolmålinger

For at sikre at de målte eksemplarer ikke havde ekstreme egenskaber i nogen henseende, blev der foretaget nogle kontrolmålinger på et andet eksemplar. Dette eksemplars reaktioner var i det store hele svarende til det først målte. Temperaturintervallet (se fig. 2) var en smule mindre, nemlig 2° C ved små vandstrømme og 4° C ved store vandstrømme. Målingerne dækkede det samme område, men var færre i antal, hvilket kan have betydning, da man ved sådanne ventiler ikke kan påregne en fuldstændig entydig sammenhæng mellem tilgangsforhold og blandingstemperatur.

Støjniveauet var i det væsentlige indenfor de i fig. 6 og 8 angivne grænser – dog var der ved store vandstrømme en overskridelse på ca. 3 dB.

### Konklusion

Ligesom ved den forrige undersøgelse gælder det, at den undersøgte ventil er prøvet ud over det område, som er anbefalet af fabrikanten. Hvis man imidlertid vil anvende en termostatisk blandeventil fælles for flere tapsteder, så vil man komme ud for driftsforhold, der afviger fra de forhold, som er lagt til grund for ventilens konstruktion. Dette gælder specielt for vandstrømmen, idet det fremgår af undersøgelse, at en for lille vandstrøm påvirker ventilens funktion. Kravet om nogenlunde konstante tryk på tilgangssiderne er sikkert nemmere at klare via nettets dimensionering.

I øvrigt kan følgende konklusioner drages af undersøgelsen:

Blandingstemperaturen varierer inden for et interval på ca. 4° C (3–5° C), når der er samme tryk på KV- og VV-siden. Hvis man undlader at anvende de små vandstrømme (f.eks. altid har en vandstrøm større end 800 l/h, som anbefalet af fabrikanten) fås et mindre interval (se fig. 2). Størrelsen af tilgangstryk og tilgangstem-

peraturer har ikke væsentlig indflydelse på blandingstemperaturen.

Trykområdet er opgivet til 0,5–8 kp/cm<sup>2</sup> med et minimalt tilgangstryk på 0,5 kp/cm<sup>2</sup> og med et maksimalt forhold på 5:1 mellem trykfaldene over KV- og VV-side. Der er konstateret tilfredsstillende funktion i dette område – med forbehold for temperaturintervallets størrelse – såfremt tilgangstrykkene holdes konstante. Gæl-

der det trykvariationer, må det tilrådes at holde mindre forskel mellem KV- og VV-tryk end anført af fabrikanten.

Støjen fra blandeventilen forekommer høj, men må ses i relation til de aftapningsventiler, som skal anvendes. Ligesom det gælder for de fleste aftapningsventiler, kan Bygningsreglementet sikkert kun overholdes, hvis blandeventilen anvendes i forbindelse med en passende planløsning.

Ventilens drift i praksis er ikke undersøgt, men som sædvanlig ved automatik af denne art må der kalkuleres med regelmæssig service og eftersyn. Man har i denne ventil søgt at mindske kalkafsætningen på de følsomme flader ved hjælp af en plastbelægning, men det vides endnu ikke, om det giver den ønskede virkning.

## STØJ fra vandvarme- anlæg i enfamiliehuse



Vandvarmeanlæg i enfamiliehuse fungerer ikke altid tilfredsstillende. Årsagen til dette må sikkert søges i, at der ikke ofres penge nok på dimensioneringen – i mange tilfælde laves anlægget uden ingeniørmæssig assistance. Det er derfor heller ikke mærkeligt, at der nu og da forekommer støjgener hidrørende fra disse anlæg. Løsningen på disse problemer er ikke at ofre flere ingeniørtimer på dimensioneringen, men at fremstille varmeanlæggene som »katalogvarer«, der kan vælges med et minimum af beregninger. SBI er i gang med denne opgave, men det hjælper jo ikke på de mange eksisterende anlæg med støjproblemer. Der er derfor foretaget en lille undersøgelse af støj fra vandvarmeanlæg i enfamiliehuse og angivet en række muligheder for at fjerne støjen.

Af K. Ovesen og F. M. Strumpf  
Statens Byggeforskningsinstitut

Støj fra installationer i enfamiliehuse er ikke behandlet i bygningsreglementet af 1966, idet der kun stilles krav vedrørende den støj, som installationer forårsager i fremmede lejemål. Dette er forståeligt – dels er det velkendt, at den støj, som andre forårsager, er langt mere generende end den, man selv har ansvaret for, og dels bør der naturligvis fares med lempe, når et nyt område lægges ind under lovgivningen.

Der kan imidlertid godt være problemer alligevel. Bl. a. har der i de senere år været adskillige tilfælde, hvor vandvarmeanlæg var årsag til generende støj. Til trods for at disse anlæg normalt ikke kan siges at være særligt støjende, er de alligevel i stand til at give støjgener. Der er sikkert flere årsager til dette, men en væsentlig ting er formentligt, at beboeren ikke føler, at han selv frembringer denne støj – i modsætning til f. eks. støj ved vandtapning, hvor man principielt kunne lukke for vandet, hvis man ikke kan holde støjen ud. Endvidere fortsætter støjen fra varmeanlægget uafbrudt uden ændringer i

støjens karakter. I visse tilfælde hjælper det ikke engang at lukke for radiatoren i det pågældende rum.

SBI har været rundt at lytte og måle i et enfamiliehus med et støjende varmeanlæg, og giver her en lille beretning om forholdene. Huset, som er med udnyttet tagetage, er et traditionelt muret hus med traditionelle installationer – 2-strengs stålrørslæg med panelradiatorer (fortrinsvis tredobbelte) og Dameta-ventiler; støbejernskedel med BP-oliefyrt, shunt, pumpe: Perfecta Vario 20.

### Målinger af støjniveaulet

Der blev konstateret hørbar støj fra de fleste af radiatorerne i huset. Gennevirkningen var vanskelig at bedømme ved det kortvarige ophold, men efter beboernes udsagn var støjen årsag til megen irritation. Der var blevet fremført klager – uden resultat – og man var nu villig til selv at ofre et vist beløb for at slippe af med støjen.

Efter en række orienterende målinger i forskellige rum, blev der foretaget en lidt nøjere undersøgelse i soveværelset beliggende på 1. sal. Må-

lingerne her blev udført uden at der var foretaget nogle indstillinger af ventiler eller indgreb i anlægget – alt var som ved normal drift, dvs. med de fleste af radiatorerne fuldt åbne.

I soveværelset blev der foretaget målinger i forskellige afstande fra radiatoren, dels med åben og dels med lukket ventil. Resultatet er vist i fig. 1, og det ses, at der er en tydelig forskel på støjniveauerne ved åben og ved lukket ventil. Værdierne forekommer ikke voldsomt høje, men støjen var absolut hørbar – helt ned til ca. 23 dB(A) kunne støjen let opfattes, selv med nogen støj udefra.

Dernæst blev støjen i fyrrummet målt. Det umiddelbare indtryk var, at fyret var meget støjende og pumpen ret støjsvag, og det blev bekræftet ved målingerne, idet fyr + pumpe gav 62 dB(A), mens pumpen alene gav 33–34 dB(A). Det bør her anføres, at rummet var lille (ca. 2 × 2 m) og hårdt, hvilket medfører en mærkbar forøgelse af støjniveaulet, men alligevel kunne man nok ønske sig, at fyret var noget mere støjsvagt.

Da det kunne tænkes at støjkilderne

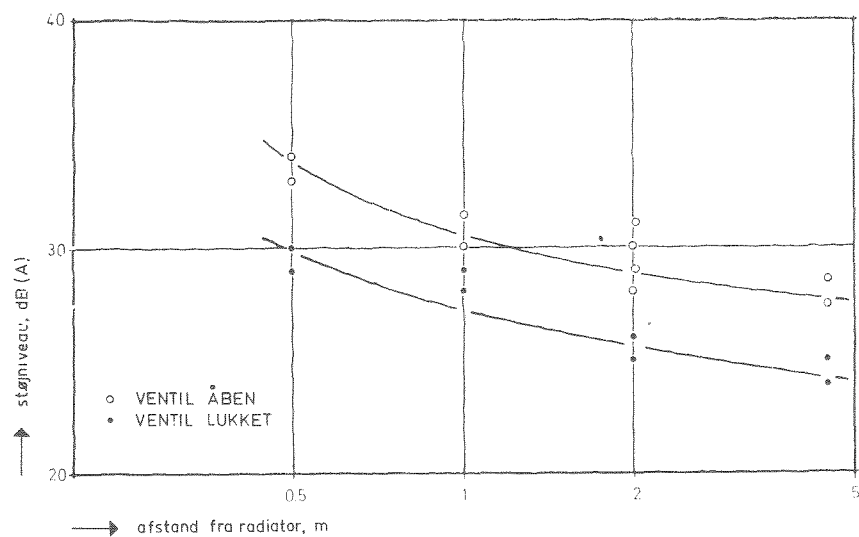


Fig. 1. Støjniveau som funktion af afstand fra radiator. Målt i soveværelse på 1. sal. Radiatorventilen på radiator i soveværelse dels åben og dels lukket.

var at søge i fyrrummet, blev der igen målt i soveværelset dels med både pumpe og fyr igang og dels med pumpen alene. Der var imidlertid ingen forskel at spore i støjniveauet, så fyret kunne afskrives som støjkilde i denne henseende.

#### Analyse af anlægget

Af målingerne i fig. 1 ses det, at pumpen ikke kan være årsag til støjen. Hvis pumpens vibrationer skulle være transmitteret gennem rørsystemet, så ville man ikke have konstateret for-

skelle mellem støjniveauerne ved åben og lukket radiatorventil. Årsagerne må da søges i selve rørrøret, og her må man i et sådant anlæg først rette mistanken mod radiatorventilerne, da de er de eneste modstande af betydning.

Alle radiatorventiler kan producere støj, når de udsættes for tilstrækkeligt store vandstrømme og trykfald, men det er en vanskelig opgave at finde ud af, hvor store disse størrelser er på et sted i et anlæg i drift, hvis ikke man råder over beregningerne. Et vist skøn kan imidlertid foretages på

grundlag af karakteristikker for pumpe og radiatorventiler.

Det viste sig, at ingen af radiatorventilerne var forindstillet og reguleringsknappen, der varierer pumpens karakteristikk, stod på fuld ydelse og bar ikke præg af at have været andet. Pumpens karakteristikk er vist i fig. 2, hvor det ses at pumpen ved fuld ydelse giver ca. 2 mH<sub>2</sub>O over en ret stor del af karakteristikk.

Ventilens karakteristikk ses i fig. 3, og den fuldt åbne stilling svarer til kurven mærket 11. Det oplyses endvidere, at modstandstallet for en 15 mm ventil ved forindstilling 11 er  $\zeta = 50$ .

Med et modstandstal på 50 vil ventilen tage en ret stor del af det samlede trykfald, da rørene overvejende er af dimension 20 mm (enkelte rør 25 mm og ovnstik 15 mm). Selv med en nogenlunde stor rørlængde vil ventilen optage mindst halvdelen af trykfaldet, dvs. 1 mH<sub>2</sub>O. Af ventilkarakteristikk i fig. 3 ses, at dette svarer til en vandstrøm på ca. 400 l/h.

I fig. 4 er vist et overslagsdiagram for støjen hidrørende fra radiatorventiler (se artiklen »Støj i vandvarmeanlæg«, VVS nr. 10 og 11, 1967), og det ses her, at en vandstrøm på 400 l/h og et trykfald på 1 mH<sub>2</sub>O kan medføre et støjniveau på op til ca. 32

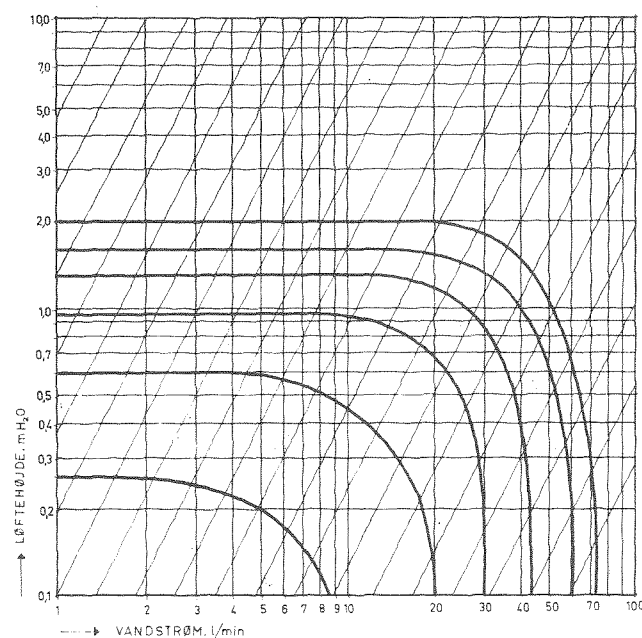


Fig. 2. Karakteristik for den anvendte pumpe Perfecta Vario 20. De forskellige kurver svarer til forskellige indstillinger af reguleringsknappen, men der er ingen gradering, som knytter kurver og indstillinger sammen.

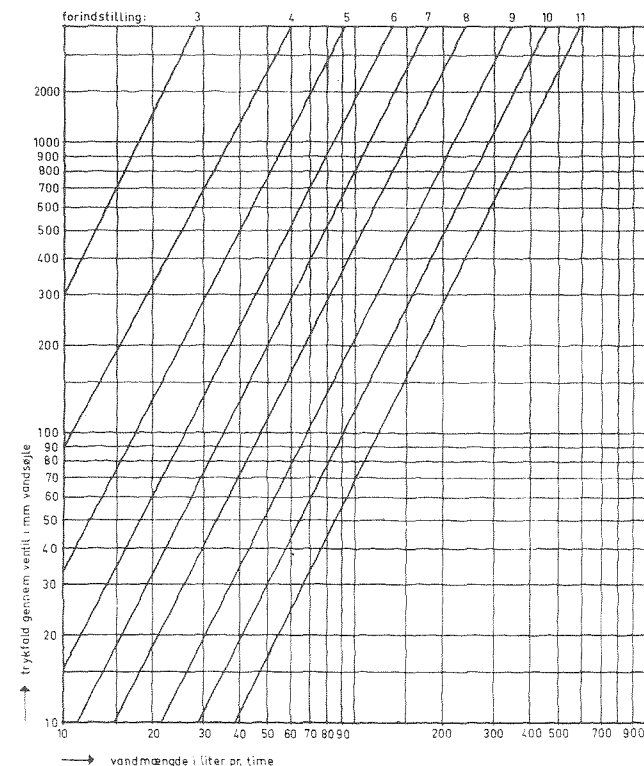


Fig. 3. Forindstillingsdiagram for Dameta radiatorventil.

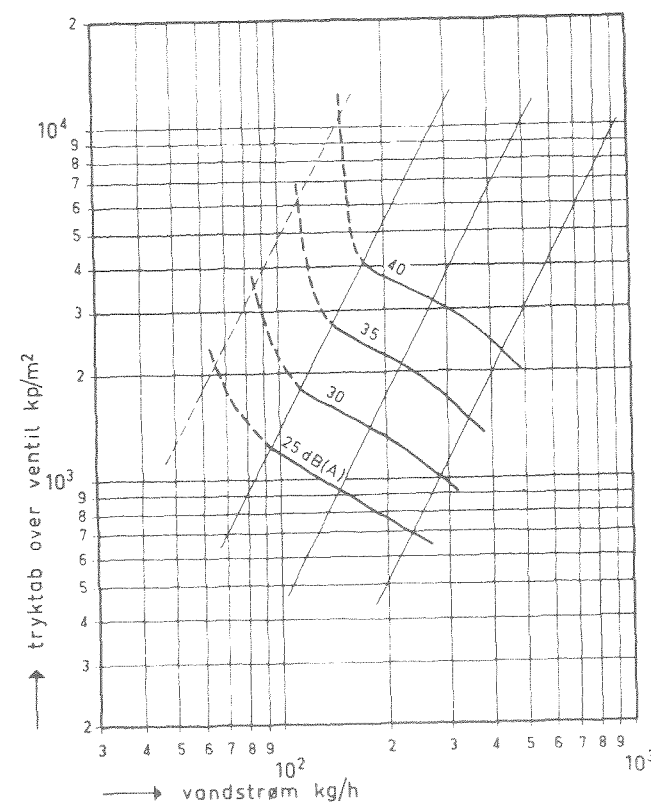


Fig. 4. Støjniveau for radiatorventiler som funktion af tryktab og vandstrøm. Dimensioneringsdiagram baseret på resultater fra de mest støjende ventiler (nøjere beskrivelse i VVS nr. 11, 1967).

dB(A). Hvis ventilen tager en større andel af tryktabet kan støjniveauet blive endnu højere. Denne forenklede betragtning viser klart, at det er helt naturligt, at dette anlæg støjer.

#### Hvad kan der gøres?

Det er ikke særlig meget, der gøres med små midler ved et færdigt varmeanlæg. Uden at foretage indgreb i anlægget kan man

- ændre forindstilling af radiatorventiler,
  - stille på eventuelle afspærringsventiler,
  - og hvis der som i dette tilfælde er anvendt en pumpe med variabel karakteristikk kan man
    - ændre pumpekarakteristikk.
- Ved mindre indgreb i anlægget kan man
- udskifte radiatorventiler,
  - udskifte pumpe.

Forindstilling af radiatorventiler bør altid foretages, hvis det ikke er gjort, for uanset støjen vil varmefordelingen i huset næppe være særlig god, hvis ikke ventilerne er forindstillet. Men hvorledes vil det påvirke støjen, hvis alle ventiler forindstilles korrekt?

Hvis man i det nævnte hus f.eks. antager, at den største radiator er på 2500 kcal, så vil den med en afkø-

korrekt indreguleret anlæg er mindre risiko for støj, men indreguleringen er ingen tilstrækkelig garanti.

Afspærringsventiler forefindes sjældent, men hvis der findes en sådan, som afspærrer rørrøret fra pumpen, så kan man forsøge at drøve den noget ned. Derved mindskes belastningen på radiatorventilerne, men til gengæld kan afspærringsventilen da forårsage støj. I hvilken udstrækning denne støj forplanter sig til rummene afhænger af rørlængder og rørføring, men metoden er ikke særlig god.

Ændring af pumpekarakteristikk kan i visse tilfælde medvirke til at afhjælpe støjgener. Virkningen af en sådan ændring svarer for anlæggets vedkommende stort set til en drøvling efter pumpen, men man undgår den støj, som kan følge med en drøvling, og det hævdes, at el-forbruget er mindre end ved drøvling.

For et rigtigt dimensioneret anlæg er der næppe behov for en pumpe med variabel karakteristikk. Hvis vandfordelingen er korrekt, betyder det intet, om den samlede vandstrøm er lidt større eller mindre. Formålet med disse pumper må være, at de via de variable karakteristikk kan erstatte et vist antal pumpestørrelser og dermed forenkle produktion og lagerføring.

De tilfælde, hvor støjen kan afhjælpes ved nedregulering af pumpeydelsen er altså simpelthen de anlæg, hvor pumpens maksimalydelse er for stor – men det er formentligt også en hel del. I de senere år er pumperne blevet udstyret med stadigt større løftehøjde for at tillade anvendelse af små

ling på 20° C kræve en vandstrøm på 125 l/h. Når ventilen nu forindstilles, får den større modstand, så den tager en større del af de 2,0 mH<sub>2</sub>O, som pumpen yder. Antages f.eks. at ventilens trykfaldsandel er 90 %, så ses af fig. 4, at 125 l/h og 1,8 mH<sub>2</sub>O giver et støjniveau på ca. 30 dB(A) – altså noget mindre end før, men stadigvæk for meget.

For mindre radiatorer er risikoen for støj mindre ved korrekt indregulering. Foretager man et analogt overslag for en radiator på 1000 kcal, bliver støjniveauet under 25 dB(A). Der kan altså konkluderes, at der i et

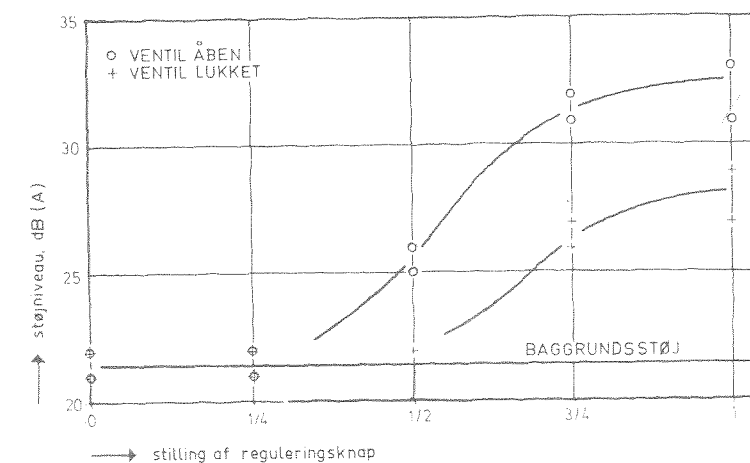


Fig. 5. Støjniveau i soveværelset som funktion af pumpeydelsen angivet ved reguleringsknappens stilling. Der er målt såvel for åben som lukket ventil i soveværelse. Målingerne er udført med oliefyret stoppet, men en gentagelse af målingerne med oliefyret i drift gav samme resultater.

rørdimensioner. Villaanlæg fremstilles imidlertid ofte efter tommelfingerregler, der fører til relativt store rørdimensioner, så det er tit, at maksimalydelsen er for stor.

Resultatet af en række målinger, hvor pumpeydelsen har været varieret, er vist i fig. 5. Under forsøgene har radiatorventilen i soveværelset dels været helt åben og helt lukket, og man bemærker den samme forskel på støjen ved de to stillinger som ved de første forsøg. De øvrige radiatorventiler havde samme stilling som ved de første forsøg, nemlig de fleste helt åben.

Som forventet giver en nedregulering af pumpeydelse en mærkbar virk-

ning på støjniveauet. Pumpens egen støjproduktion stiger ikke ved nedregulering. I fyrrummet blev målt 33-34 dB (A) ved fuld pumpeydelse og 30-31 dB (A) ved reguleringsknappen stillet på 1/4.

#### Konklusion

Dimensionering af små varmeanlæg må ske under hensyntagen til risikoen for støjgener, hvilket let kan gøres ved hjælp af diagrammet i fig. 4 (nøjere beskrivelse i VVS nr. 10 og 11, 1967).

Støj fra et varmeanlæg er vanskelig at fjerne uden indgreb i anlægget. Såfremt årsagen er for stor pumpe-

ydelse, er der gode muligheder for fjernelse af støjen, hvis pumpen har variabel karakteristik.

På pumper med variabel karakteristik bør der på reguleringsknappen være en gradering, der fortæller noget om pumpens ydelse ved de respektive indstillinger.

Montørerne bør informeres om anvendelse af reguleringsknappen. Da det sikkert varer noget, inden en sådan information virker, bør pumperne ved salget være reguleret ned til ca. 1 mH<sub>2</sub>O – det er tilstrækkeligt til de fleste enfamiliehuse med den nuværende udformning af rørnettet. En påklaret beskrivelse kan oplyse om reguleringsmuligheder.