

Støy i rørinstallasjoner

Årsak til tappestøy og muligheter for bekjempelse.

Foreløpige erfaringer fra NBI's undersøkelser.

Av ingeniør Kjell Jørgensen

Norges byggforskningsinstitutt

Oslo 1964

Særtrykk av „Rørfagskrift” nr. 1, 1964

Støy i rørinstallasjoner*

Av ingeniør Kjell Jørgensen

Norges byggforskningsinstitutt

Norges byggforskningsinstitutt har tatt opp arbeidet med å finne fram til metoder og prinsipper for å bekjempe støyplagen fra sanitærinstallasjoner. Denne oppgaven inngår som et ledd i det arbeid med støybekjempelse som utføres av Akustisk komité (oppnevnt av Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd).

Støy, eller uønsket lyd som definisjonen lyder, er et emne som kommer til å bli viet stor interesse i tiden fremover. Når det gjelder støy i rørinstallasjoner, så gjelder dette først og fremst den støyen som oppstår i bolighus. Det er her problemet er størst.

I et foredrag som behandler støy vil det være riktig å klargjøre en del begreper om lyd og lydmålinger selv om dette er kjent stoff for mange.

Litt om akustikk.

Lyd oppstår på grunn av trykksvingninger i luft, men disse svingninger må ligge innenfor et bestemt område for at øret skal oppfatte disse som lyd.

Svingetallets nedre grense kan settes til ca. 17 svingninger pr. sekund (Hertz) og øvre grense til ca. 17 000.

Lydens styrke er avhengig av lydtrykket, dvs. svingningenes størrelse. Her er det kun tale om små trykk. Nå er lydens styrke ikke bare karakterisert ved lydtrykket, men den er også avhengig av lydens frekvenssammensetning m.m.

kvens angitt og på ordinaten til høyre er lydtrykket avsatt i mikrobar.

Som det fremgår av figuren spenner ørets følsomhet over et stort område, fra ca. 0,0002 mikrobar, dvs. ved det laveste lydtrykk hvor et normalt øre oppfatter lyd, og opp til ca. 1000 mikrobar, dvs. ved det lydtrykk hvor det oppstår smerte i øret. Nå er det ikke noe videre praktisk å operere med så små og så store tall om hverandre. Man har derfor valgt å innføre en ny enhet, lydtrykknivået målt i dB over 0,0002 mikrobar, skalaen er vist på ordinaten til venstre på figuren. Forbindelsen mellom disse skalaer fremgår av formelen:

$$L = 20 \cdot \lg \frac{p}{0,0002}$$

Her angir L lydtrykknivået i dB over 0,0002 mikrobar og p er målt lydtrykk i mikrobar.

På grunn av at dB-skalaen er logaritmisk vil en økning av lydnivået til det dobbelte bare tilsvare en økning på ca. 8—10 dB.

Videre kan en av figuren se at øret ikke er like følsomt overfor alle frekvenser, dette gjelder spesielt ved svak lyd. Ved større lydtrykk, over 80—90 dB, er ørets følsomhet omtrent den samme for alle frekvenser.

Foruten dB-skalaen som brukes til å karakterisere lydpåvirkningens styrke, har man to andre skalaer for å karakterisere hørestyrken, nemlig Phon-skalaen og Son-skalaen. Disse skalaene skal vi imidlertid ikke komme nærmere inn på her.

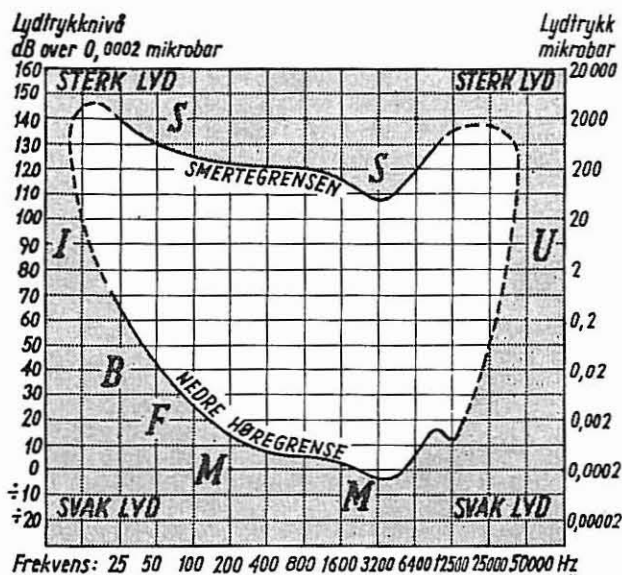


Fig. 1. Menneskets høreområde.

I fig. 1 er nedre høregrense og smertegrensen inntegnet på diagrammet. Langs abszissen er lydens fre-

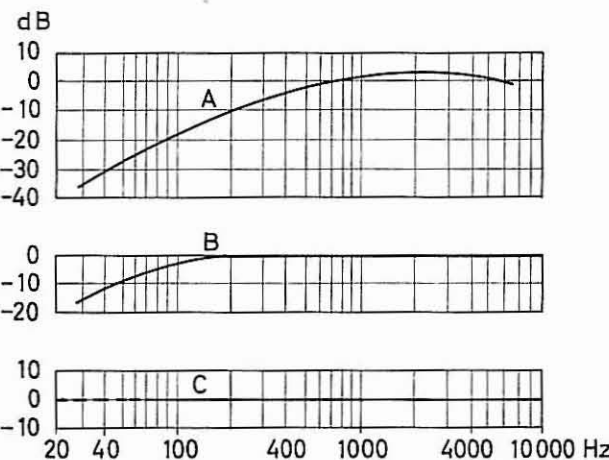


Fig. 2. Frekvensavveininger etter amerikansk standard. A, B og C betegner forskjellige filter.

* Foredrag holdt i Norges byggforskningsinstituttets serie på Blindern, oktober/november 1963.

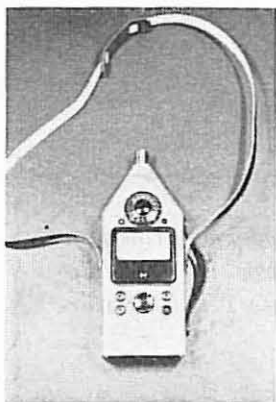


Fig. 3. Lydmåler av type Brüel & Kjær nr. 2203.

Som nevnt er ikke øret like følsomt for alle frekvenser ved samme lydtrykk. Derfor kan det i kommersielle lydmålere innstilles 3 forskjellige lydrområder, A, B og C, som hver i sitt område har tilnærmet samme frekvensavhengige følsomhet som øret. I fig. 2 vises hvordan de forskjellige områder er oppbygd. Med område A innkoplet oppnås det en kraftig demping av de lave frekvenser, med område B en mindre demping og med område C innkoplet ingen demping.

I fig. 3 vises en kommersiell lydmåler, håndmåler, type Brüel & Kjær nr. 2203. Måleren har 3 følsomhetsområder og lydnivåene angis i følgende områder:

Lydnivåer 0—55 dB angis i dB (A) over 0,0002 mikrobar
 » 55—85 dB —» dB (B) » 0,0002 »
 » over 85 dB —» dB (C) » 0,0002 »

Denne lydmåleren gir naturligvis ingen opplysning om frekvensfordelingen som er meget viktig, men målinger foretatt med dette instrumentet kan gi en god førstehånds orientering om støynivået. Ved å måle i flere områder (A, B og C) kan imidlertid en øvet operatør i mange tilfelle få en viss oppfatning om frekvensfordelingen.

Til nøyaktigere lydmålinger anvendes det en frekvensanalysator. Dette instrument kan anvendes for oktav- eller $\frac{1}{3}$ oktavanalyse, samtidig som det også kan brukes i områdene A, B og C.

Selv om en nå har relativt gode instrumenter til å måle den objektive virkningen av lyd, så må en imidlertid være klar over at forskjellige mennesker ikke behøver å reagere likt på en og samme lydkilde. Et menneske kan akseptere en bestemt lydkilde mens et annet menneske kan anse den samme lydkilden for å være meget plagsom.

I tabell 1 vises en del støynivåer som en vanligvis kan regne med er permanente i friluft:

Tabell 1.

Meget støyende industristrøk	90—100 dB
Meget sterk gatestøy	90—100 dB
Motorsykel, avstand 10 m	85—95 dB
Bil » 10 m	70—80 dB
Stille industristrøk	70—80 dB
Gate, sammenhengende hus begge sider, om dagen	60—70 dB
Gate, sammenhengende hus begge sider, om natten	30—35 dB

Når det gjelder støy fra sanitæranlegg, så er det ikke uvanlig med lydnivåer på opp til 80 dB (C) ved fylling av badekar og ved tapping fra v.v.-beholdere. I leiligheter som ligger i nærheten av vaskerier er det også målt lydnivåer på opp til 70—80 dB, når det tappes i kranene til vaskemaskiner osv. For det øvrige sanitærutstyret ligger lydnivåene vanligvis noe lavere, men er allikevel langt høyere enn det som bør tillates.

Årsaker til støy.

Det er tre hovedårsaker til støy i sanitæranlegg:

1. Støy i tilførselsledningene.
2. Plasking fra tappingen i sanitærutstyret.
3. Støy i avløpsledninger.

Den mest sjenerende form for støy er utvilsomt støyen som oppstår i tilførselsledningene og det er kraner og ventiler som er årsaken til dette. Det er denne støykilden som skal behandles her.

Vi skal nå se på hva som skjer når det tappes i en kran.

Fig. 4 viser sammenhengen mellom støy, vannmengde og trykktap over kran. I det øverste diagrammet er lydnivået avsatt som funksjon av vannmengden og i det nederste diagrammet er trykktapet over kran avsatt som funksjon av vannmengden.

Av det nederste diagrammet fremgår det at etter hvert som kranen åpnes tiltar vannmengden og trykktapet over kranen synker.

Dette kommer av at når vannmengden tiltar i rørdningene foran kranen, så øker trykktapet i ledningene med kvadratet av vannhastigheten, slik at det blir et mindre trykk som nå oppnås over kranen.

På det øverste diagrammet ser en at lydnivået tiltar fram til en bestemt grense samtidig som vannmengden øker og trykktapet over kranen avtar. Når dette grensepunktet (trykktap over kran) er passert, synker lydnivået raskt.

At lydnivået er mest sjenerende i området med høye frekvenser kan forklares med at det ved høye trykktap oppstår kavitasjon i kranen, mens det ved lavere trykktap er de lave frekvensene som dominerer på grunn av hvirveldannelser (turbulens).

Nå er det imidlertid ikke bare et bestemt grensetrykk for hver enkelt kran, hvoretter støynivået avtar, men det er mange slike grensetrykk. Dette fremgår av fig. 5. Her er vannmengden avsatt langs

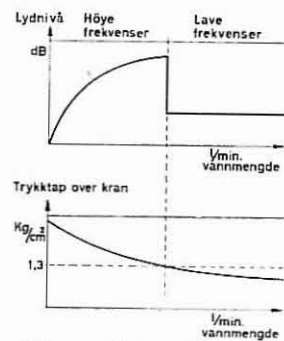


Fig. 4. Sammenhengen mellom støy, vannmengde og trykktap over kran.

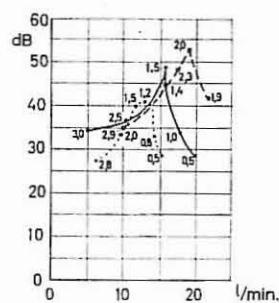


Fig. 5. Støy som funksjon av vannmengden. Samme kran, men med forskjellig trykk i ledningen foran kranen.

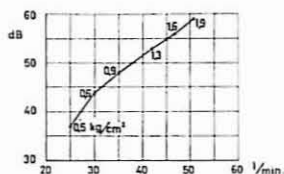


Fig. 6. Støynivået som funksjon av vannmengden for en 1/2" tappekran i helt åpen stilling.

abscissen og lydnivået langs ordinaten. Tallene som er påført kurvene betegner trykktap over kran. Her kan man se at det er 3 forskjellige maksimumspunkter (1,2—1,5 og 2,0 kg/cm² trykktap over kran) hvorefter støynivået avtar.

Til disse forsøkene kan man tenke seg at det er brukt en bestemt rørlengde foran kranen. Ved å velge et bestemt utgangstrykk ved innløpet til denne rørlengden får man da en bestemt kurve med sitt grensetrykk avhengig av kranens åpningsstilling. Ved å velge andre utgangstrykk kan man således få så mange kurver en vil for en bestemt kran.

På fig. 6 ser vi resultatet av lydmålinger for en 1/2" tappekran i helt åpen stilling. Lydnivået er avsett som funksjon av vannmengden og trykktapet over kranen er påført kurven i målepunktene.

Av figuren fremgår det tydelig at lydnivået stiger sterkt ved økende trykktap over kranen med denne i en bestemt åpningsstilling. Ved en samtidig frekvensanalyse viste det seg at det er de høye frekvensene, dvs. de som er mest sjenerende, som stiger sterkest ved økende trykktap.

Hvordan sendes lyden ut?

Lyden som oppstår i kranene ved tapping kan sette store deler av rørrettet i en bygning i svingninger, dette gjelder også vannet inne i rørene.

Nå er det imidlertid ikke rørene som sender ut lyden. Dette kommer av at rørenes diametere er så små i forhold til bølgelengden av de toner som støyen består av, slik at rørene ikke kan sende ut sterk lyd.

Lyden blir overført direkte fra kranene og indirekte gjennom utstyr og rørløpninger til vegger, gulv og tak og det er disse bygningselementene som virker som lydutsendere.

Av fig. 7 fremgår hva som kan skje når en leieboer i en bolig-blokk får lyst på et bad om natten! Støyen som oppstår i badebatteriet sendes ut av vegger, gulv og tak (konstruksjonslyd), mens støy fra fyllingen av karet sendes ut som både luftlyd og konstruksjonslyd.

Her bør det også nevnes at det har stor betydning hva slags vegger sanitærutstyr og rør monteres på. Lettvegger, spesielt hvis veggene er stivt innspent og skillevegger mot f. eks. soverom i naboelighet må ikke benyttes. Normalt vil det være best å montere rør og sanitærutstyr på tunge vegger.

Bekjempelse av støy.

Når en nå vet hvor den mest sjenerende støyen oppstår i sanitæranlegg og vet hvordan støyen sendes ut, skulle en tro at det var enkelt å finne effektive botemidler til bekjempelse av støyen.

Rent teoretisk skulle en kunne vente å få gode resultater ved å benytte forskjellige metoder og dette skal vi se litt nærmere på.

Støysvake kraner benyttes.

Ved akustisk planlegging vil en først og fremst undersøke støykilden, dvs. en vil forsøke å få dempet støyen der den oppstår. Når det gjelder sanitæranlegg, så er det derfor en nærliggende tanke at det måtte kunne konstrueres støyfrie kraner. Disse kranene måtte da kunne oppta et stort trykktap uten at det oppstår støy. Videre må kranene holde helt tett og de bør helst også kunne gi den vannmengden brukeren er interessert i til enhver tid.

Det er tidligere konstruert såkalte «støyfrie» kraner, men disse har ikke fått noen utbredelse. Armaturfabrikantene er imidlertid oppmerksomme på problemet og en får håpe at det lar seg løse i nær fremtid.

Når det gjelder kraner og ventiler som er i bruk i dag, så er det stor forskjell på like store kraner av forskjellig fabrikat i akustisk henseende. Selv ved kraner av samme fabrikat er det påvist at av to like kraner så kan den ene skape et støynivå som er dobbelt så høyt som den andre ved like prøvebetingelser.

På dette området burde det imidlertid være muligheter til å finne fram til en metode som kunne standardiseres, slik at en fikk målt støynivåets avhengighet av vannmengde og trykktap over kran. For å få en sammenligning mellom forskjellige typer og fabrikater av kraner i akustisk henseende, måtte en da naturligvis måle et visst antall kraner av hver type for å komme fram til et gjennomsnittstall, da det som sagt er stor forskjell selv ved like kraner.

På dette området er det utført en del forberedende arbeid i Danmark, Sverige og Tyskland og det arbeides også med å få utviklet en prøvemethode her hjemme.

Sanitæranlegget isoleres fra bygningen.

Når man tenker på hvordan lyden som oppstår i sanitæranlegg sendes ut, så måtte det være en mulighet å isolere hele sanitæranlegget fra bygningen.

Laboratorieforsøk foretatt ved NBI og andre institusjoner for å undersøke denne metoden ga relativt gode resultater.

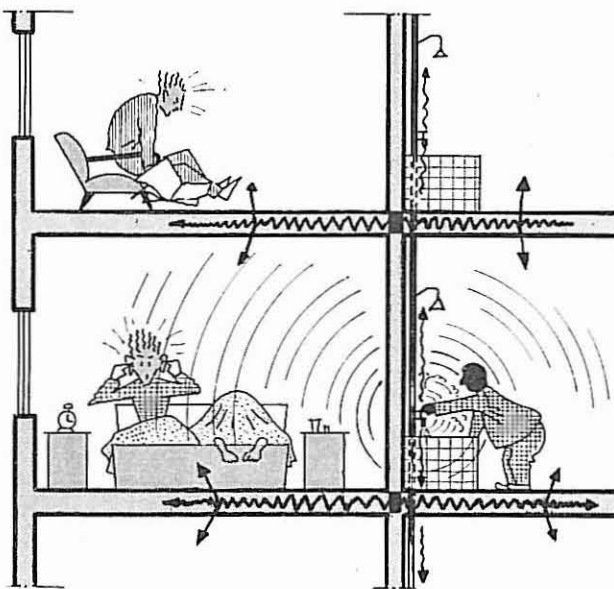


Fig. 7. Fylling av badekar.

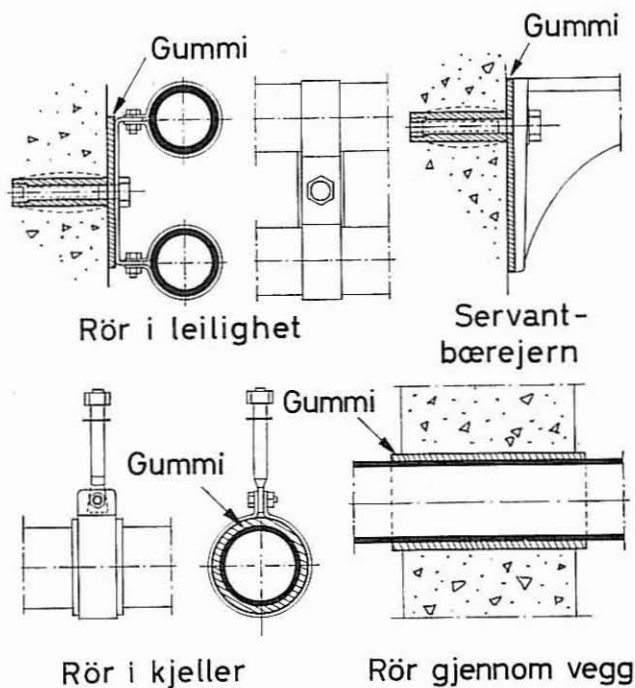


Fig. 8. Elastiske rørfester.

Nå er det imidlertid gjennomført omfattende praktiske undersøkelser i bolighus i Stockholm for å prøve denne metoden i praksis. Her viste det seg at det var meget vanskelig å oppnå gode resultater.

Det skal her vises noen figurer hvorav det fremgår hvordan sanitæranleggene ble isolert fra bygningene ved disse forsøkene.

Av fig. 8 fremgår det hvordan isoleringen av rørene fra bygningen ble utført. Det ble brukt gummi som mellomlegg mellom klammer og rør. Det samme gjelder for rørgjennomgang i vegg. Mellom servantbærejern og vegg er det brukt gummi.

I fig. 9 kan man se hvordan sanitærutstyret ble isolert fra bygningen. Badekaret står fritt oppstilt på gummiklosser. Benkebeslaget er montert elastisk og belegget ble påsprøytet et dempningsmateriale på undersiden. Mellom bærejern for servant og vegg er det brukt gummi. Av denne figuren kan en også se at det er konstruert et eget badebatteri for fylling av badekaret fra bunnen av. Dette batteriet hadde imidlertid noen uheldige egenskaper (holdfastheten var ikke god nok og det var en viss risiko for å skade seg), selv om det i lydmessig henseende ga relativt godt resultat.

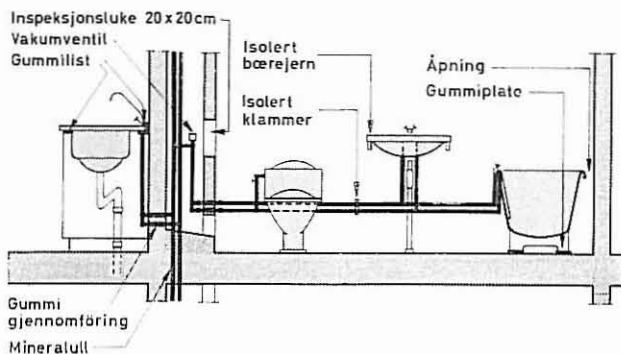


Fig. 9. Isolering av sanitærutstyr fra bygningen.

For servanter og benkebeslag ble det brukt vannlåser av gummi, men dette hadde liten betydning i lydteknisk henseende. Disse omfattende forsøk ga dårlige resultater.

For de rustfrie benkebeslagene ble resultatene imidlertid relativt gode, og det anbefales elastisk montering og bruk av dempningsmateriale på undersiden. Det anbefales videre at støyfrie kraner konstrueres snarest, og at det arbeides videre med konstruksjon av badebatterier for fylling av badekar fra bunnen av for å unngå plasketøy.

Trykktapet over kraner og ventiler reduseres.

Som foran nevnt, blir lydnivået lavere når trykktapet over kraner og ventiler reduseres.

Ved denne metoden må en imidlertid være klar over at vannmengden avtar for en bestemt kran når trykktapet blir mindre.

Her kan en tenke seg flere forskjellige fremgangsmåter som eventuelt kan benyttes, bl. a. kan nevnes:

1. Reduksjonsventiler innmonteres i rørledningene.
2. Innsatser til kraner og ventiler benyttes.
3. Trykktapet opptas i rørledningene.

Bruk av reduksjonsventiler kan i mange tilfelle være hensiktsmessig. Her må en imidlertid være klar over at reduksjonsventiler oppfører seg helt analogt med vanlige kraner i støymessig henseende, slik at en ved store trykkreduksjoner må sørge for å dempe støykilden, eller sørge for at støyen ikke blir overført til andre deler av anlegget.

Ved høyblokker er det også problemer, da en jo må sørge for at de øverste tappestedene får nok vann samtidig som trykket for de lavere tappesteder skal holdes innen rimelige grenser. Her kan det imidlertid benyttes soneopplegg, og det kan eventuelt benyttes en hovedreduksjonsventil og reduksjonsventiler for hver avstikker.

For å få opptatt trykktapet over kranene ved hjelp av innsatser, er det utført noen forsøk ved NBI.

Disse innsatsene ble dreiet ut av en messingbolt og forsynt med en krave for å ligge rolig i kranen. Det ble prøvet i alt 4 stk. innsatser med forskjellig utførelse (åpningstverrsnitt). Resultatene av disse målingene ble imidlertid ikke så gode, men det er mulig det kan oppnås bedre resultater med en annen utførelse enn den som ble brukt under disse forsøkene.

Prinsippet med å oppta trykktapet i rørene og ikke over kranene kan i mange tilfelle ha meget for seg. Når en studerer den vanlige formelen for trykktap i væskefylte rør:

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \gamma$$

så ser en med en gang at trykktapet er proporsjonalt med kvadratet av hastigheten. Ved å øke vannhastigheten kan en således få brukt opp disponibel energi som dessverre ikke kan benyttes til noe annet formål.

Hvis denne metoden skal brukes, er det en bestemt forutsetning som må fylles og det er at det på forhånd må være fastsatt hvor mye vann hvert enkelt tappested skal gi. Denne vannmengden må være så

liten at kranene i størsteparten av brukstiden blir åpnet helt. Rørledningene må jo være dimensjonert for den maksimale tappemengden, slik at kranene ved et bestemt trykktap gir en nødvendig vannmengde i helt åpen stilling. Hvis en kran ikke åpnes helt, vil vannmengden og trykktapet i rørledningene avta, noe som fører til større trykktap over kranene. Som tidligere nevnt er dette hovedårsaken til støy.

Nå blir det fra forskjellig hold hevdet at det blir stor slitasje på kopperrør ved store vannhastigheter. Disse forhold er dessverre ikke undersøkt tilstrekkelig nøye ennå. Slitasjen på kopperrørene er imidlertid i alle tilfelle så liten at det vil gå mange år før det vil oppstå lekkasjer i vanlige anlegg.

Laboratorieforsøk.

For å få muligheter til å studere støykildene i sanitæranlegg i detalj, ble det bygd et lyd-kammer i NBI's laboratorium. Rommet (ca. 2,5 x 1,3 x 2,0 m høyde) ble bygd opp som et bindingsverk og isolert med gipsplater og steinullmatter.

Hensikten med dette prøverommet var å måle den lyden som oppsto i selve rørene, kranene osv. og samtidig sørge for at all uvedkommende støy ble fjernet dvs. lyd som oppsto i reduksjonsventilen, luftlyden som oppsto ved utløpet av prøverørene m.v.

I fig. 10 er det vist et skjematisk oppriss av kammeret.

Vann ble tatt fra eksisterende ledninger i bygget og ført fram til en kontrollstasjon bestående av justert vannmåler, reduksjonsventil, presisjonsmanometer og avstengningsventiler. En gummislange ble tilkopledd mellom reduksjonsventil og manometer og ført inn i lyd-kammeret hvor den ble kopledd til det rør eller utstyr som skulle prøves.

På den ene langveggen i lyd-kammeret ble det montert en 180 x 150 cm finérplate (møbelplate) med 17 mm tykkelse. Rørene som skulle prøves ble klamret til denne platen, som derved forsterket lyden som oppsto under forsøkene.

Videre ble prøverøret ført ut av kammeret og vannet ble ledet inn på bygningens ordinære avløpsnett.

Til lyd-målingene ble det anvendt en frekvens-analysator av type Brüel & Kjær med kondensator-mikrofon.

Under forsøkene var trykket på hovedlednings-nettet (ca. 6,5 kg/cm²) så konstant at det ikke kunne påvises noen variasjon i avlest manometertrykk under forsøkene.

Før målingene ble igangsatt ble det satt opp et

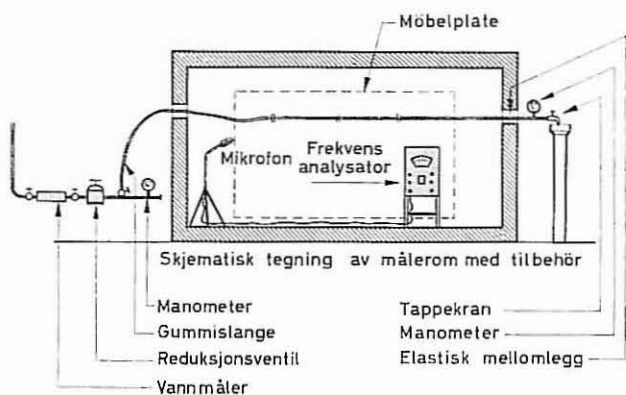


Fig. 10. Skjematisk oppriss av lyd-kammer.

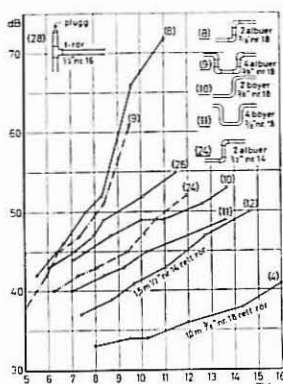


Fig. 11. Lydnivået i rette rør i relasjon til lydnivået i rør med rørdeler innmontert.

program for hvilke undersøkelser som skulle foretas. Her skal det nevnes noen av de punkter dette programmet inneholdt:

1. Oppstår det sjenerende støy i selve røret ved store vannhastigheter?
Undersøkes for forskjellige rørdimensjoner, lengder og vannhastigheter.
2. Hvordan virker bruk av bøyer, albuer m.m. inn på lydnivået?
Undersøkes som for pkt. 1.
3. Skaper bruk av elementer for konstant vannmengde uavhengig av trykket støy?
Undersøkes for forskjellige rørdimensjoner, trykk m.m.
4. Undersøkelse av vannmengdens variasjon avhengig av trykket.
Undersøkes for forskjellige kraner.
5. Spesielle målinger for kraner m.m.

Resultater av målingene.

Det er ikke mulig å gjennomgå her alle resultatene fra disse forsøkene; men en del resultater skal tas med.

I diagrammene er lydnivået angitt i dB (A) av-satt som funksjon av vannhastigheten i rørene.

I fig. 11 vises resultatene av forsøk som er foretatt for å se om det finnes en forbindelse mellom lydnivå og innmontering av rørdeler i rør i relasjon til lydnivået i rette rør.

I forsøk 8 og 9 er det som det fremgår av figuren brukt 1 m 3/8" Cu nr. 18 med henholdsvis 2 og 4 albuer innmontert og i forsøk 10 og 11 er det brukt 1 m 3/8" Cu nr. 18 med henholdsvis 2 og 4 90° bøyer. Ved en direkte sammenligning mellom disse forsøkene fremgår det at det er langt ugunstigere å anvende albuer enn å bøye rørene.

De innmonterte albuer var imidlertid av en meget ugunstig type i strømningsteknisk henseende. I forsøk 24 ble det brukt 1,5 m 1/2" Cu nr. 14 med 2 stk. albuer innmontert; og ved en sammenligning mellom dette forsøket og forsøk 8 og 9, fremgår det tydelig at det kan være vesentlig gunstigere å anvende albuer for store enn for små rørdimensjoner.

I fig. 11 vises også resultatene av forsøk 4, 1 m 3/8" Cu nr. 18 rett rør, forsøk 12, 1,5 m 1/2" Cu nr. 14 rett rør og forsøk 28, 2 m 1/2" Cu nr. 16 med innmontert t-rør. Rørene i disse forsøk har vanlig utløp.

Ved en sammenligning mellom disse forsøk, fremgår det at lydnivået er lavest ved rette rør, deretter følger rør med bøyer osv.

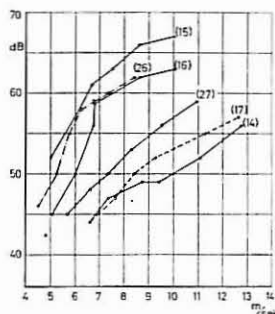


Fig. 12. Lydnivåets avhengighet av krandidimensjonen.

Videre fremgår det av figuren at lydnivået ble høyere ved 2 bøyer enn med 4 bøyer på tilsvarende rør. Det samme forholdet gjentok seg som vist for albuer. Det er mulig at dette beror på tilfeldigheter, men det er mer sannsynlig at det er den enkelte bøyens (albuens) detaljutførelse og ikke antallet avbøyninger som er mest bestemmende for lydnivået.

I fig. 12 vises resultatene av forsøk som gikk ut på å finne lydnivåets avhengighet av krandidimensjonen. I forsøk 14, 15, 16 og 17 ble det brukt 1,5 m $\frac{1}{2}$ " Cu nr. 14 rett rør og i forsøk 26 og 27 ble det brukt 2 m $\frac{1}{2}$ " Cu nr. 16 rett rør.

Ved en sammenligning mellom forsøk 15, 16 og 26, hvor det ble brukt $\frac{3}{8}$ " tappekraner, og forsøk 14, 17 og 27, hvor det ble brukt $\frac{1}{2}$ " tappekraner, ser en at lydnivåene er vesentlig lavere for forsøk med $\frac{1}{2}$ " kran enn med $\frac{3}{8}$ " kran. Forsøkene ble utført med kranene i helt åpen stilling. Her ble det også undersøkt om en oppbrosjing av utløpet fra røret, dvs. ved overgangen til kranen hadde noen betydning. Av resultatene ser det imidlertid ut til at en enkel bearbeiding med vanlig håndverktøy betyr lite i akustisk henseende.

Et annet forhold av langt større betydning er hvordan vannmengden øker med dimensjonen på kranen samtidig som lydnivået synker.

Det ble også gjort forsøk med å montere inn et rør av mindre utvendig diameter inn i et rør av større innvendig diameter, slik at vannet strømmet både inni og utenpå det innerste røret. Denne metoden til å oppta trykket på ga under disse forsøkene dårlig resultat.

For å få en oversikt over laboratoriemålingene er det satt opp et diagram som vist i fig. 13.

Her er lydnivået avsatt som funksjon av vannhastigheten i rørene. En kan se at diagrammet er delt opp i 6 områder med stigende lydnivåer:

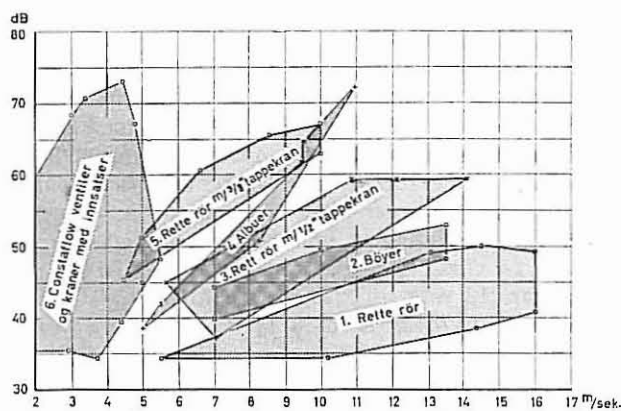


Fig. 13. Oversikt over laboratoriemålinger.

1. Rette rør.
2. Rør med bøyer.
3. Rette rør med $\frac{1}{2}$ " tappekran.
4. Rør med albuer innmontert.
5. Rette rør med $\frac{3}{8}$ " tappekran.
6. Rør med Constaflow Control-ventiler og kraner med innsatser.

Selv om alle lydmålingene som er foretatt i denne forsøksserien ga relative mål, så skal det likevel angis en grense, slik at alle resultater som ligger under denne grensen kan sies å gi et fullt akseptabelt lydnivå i vanlige bygninger, for øvrig helt avhengig av forholdene.

Denne grensen kan settes til 50 dB (A).

Under visse forhold kan en overskridelse av grensen tillates; men her må en si at en er på usikker grunn.

Ut fra denne vurderingen fremgår det tydelig at det er ingen fare med store vannhastigheter i rette rør og i rør med bøyer. Når det gjelder de andre kombinasjonene, så er det ikke hastighetene i rørene som er avgjørende, men trykktapet over kranene, rordelene etc. som er bestemmende for lydnivået. Her vil en ha problemet med å finne metoder til å oppta trykket i andre deler av anlegget.

Resultatene av disse forsøkene viser bare en metode som har gitt relativt brukbart resultat: metoden med å bruke små rordimensjoner slik at vannhastigheten øker og overskuddet av trykk blir opptatt i rørdledningene.

Praktiske forsøk.

For å få erfaring i bruken av metoden med å oppta trykktapet i rørdledningene og ikke over kranene, er det blitt foretatt en del forsøk i vanlige anlegg hvor beboerne var plaget av støy. Disse forsøkene ble for det meste foretatt i vaskerier, og noen av disse anleggene skal gjennomgås her.

For å få redusert trykktapet over kranene, ble det i et borettslag med fellesvaskerier i kjeller, montert inn plastrør i eksisterende kopperrør foran kranene.

Først ble vannmengdene målt for hvert enkelt tappet med kranene i $\frac{1}{2}$ og $\frac{1}{4}$ åpen stilling, og deretter ble det som nevnt puttet inn forskjellige lengder av polyetylenrør og i disse igjen eventuelt PVC-rør foran kranene, slik at en kom fram til en vannmengde som var bestemt på forhånd med kranene i helt åpen stilling.

Stoppkranene foran vaskemaskinene ble samtidig skiftet ut med skraseteventiler (ventiler med lavt motstandstall). For det øvrige utstyr ble det ikke gjort noen forandring med armaturen.

Lydmålingene, som ble foretatt i kjellergang utenfor vaskeriene, ble utført som en frekvensanalyse.

I tabell 2 er gjennomsnittresultatene for 12 stk. vaskemaskiner vist. (de oppgitte lydtryknivåer dB over 0,0002 mikrobar er gjennomsnittet av målingene utført over $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100—3200 Hz). Reduksjonen i støynivået med kranene i $\frac{1}{2}$ åpen stilling er 13 dB og med kranene i $\frac{1}{4}$ åpen stilling 14 dB. Dette må betegnes som et relativt godt resultat. Samtidig er den gjennomsnittlige vannmengde redusert til 36 l/min. med kranene i $\frac{1}{2}$ åpen stilling og til 41 l/min. med kranene i $\frac{1}{4}$ åpen stilling.

Tabell 2. Gjennomsnittresultater for vaskemaskiner og skyllekar.

	Før forandringer				Etter forandringer			
	½ åpen kran		¼ åpen kran		½ åpen kran		¼ åpen kran	
	dB	l/min.	dB	l/min.	dB	l/min.	dB	l/min.
Gjennomsnitt for 12 vaskemaskiner .	53	46	54	55	40	36	40	41
Gjennomsnitt for 6 skyllekar	55	51	53	60	44	33	43	40

På samme tabell ser vi gjennomsnittresultatene for 6 stk. skyllekar. Resultatene her er kun vist med k.v.- + v.v.-kranene i bruk samtidig. Her ble den gjennomsnittlige reduksjon i lydnivået med halvt åpne kraner 11 dB og med helt åpne kraner 10 dB, og vannmengdene ble redusert til henholdsvis 33 l/min. og 40 l/min.

I en boligblokk hvor leieboeren i 2. etasje over vaskeriet var meget sjenert av tappestøy i forbindelse med fylling av vaskemaskinene, ble det foretatt noen enkle forandringer. Avstikkerne fram til vaskemaskinene 1" Cu nr. 16, ble skiftet ut med 1,5 m 5/8" Cu nr. 16, samtidig som 3/8" blandedatterier ble skiftet ut med 1/2" blandedatterier av samme fabrikat.

Disse forandringene ble foretatt rent skjønnesmessig i samarbeid med Oslo vann- og kloakkvesen. Varmt vannet var avstengt. Vannmengdene ble både før og etter forandringene målt til ca. 70 l/min.

Resultatene av lydmålingene som ble foretatt med en vanlig håndmåler, er vist i tabell 3.

Når resultatene av disse lydmålingene studeres, så er det visse ting å peke på. Det var leieboeren i 2. etasje som klaget selv om lydnivået i 1. etasje var nesten dobbelt så høyt, (som tidligere nevnt tilsvarer en økning på ca. 8–10 dB en fordobling av lydnivået).

Leieboeren i 1. etasje svarte på forespørsel at støyen fra vaskeriet kunne være sjenerende; men vanligvis reagerte ingen i leiligheten på støyen.

Før forandringene ser en av tabellen at lydnivået var høyest med kranene i hel åpen stilling, mens lydnivået er høyest med kranene i halv åpen stilling etter forandringene. Dette er en ulempe, spesielt her hvor vannmengden (ca. 70 l/min.) er så stor at en må regne med at mange ikke kommer til å åpne kranene helt. Av denne grunn ble det satt opp et oppslag om at kranene måtte åpnes helt ved fylling av maskinene.

Tabell 3. Alle resultatene av lydmålingene er angitt i dB (A). Grunnstøynivået varierte under målingene mellom 24 og 30 dB (A).

	Før forandringer				Etter forandringer			
	1. etasje		2. etasje		1. etasje		2. etasje	
	½ åpen	¼ åpen	½ åpen	¼ åpen	½ åpen	¼ åpen	½ åpen	¼ åpen
Vaskemaskin 1	43	50	40	43	48	37	40	31
Vaskemaskin 2	49	50	40	43	49	37	41	29

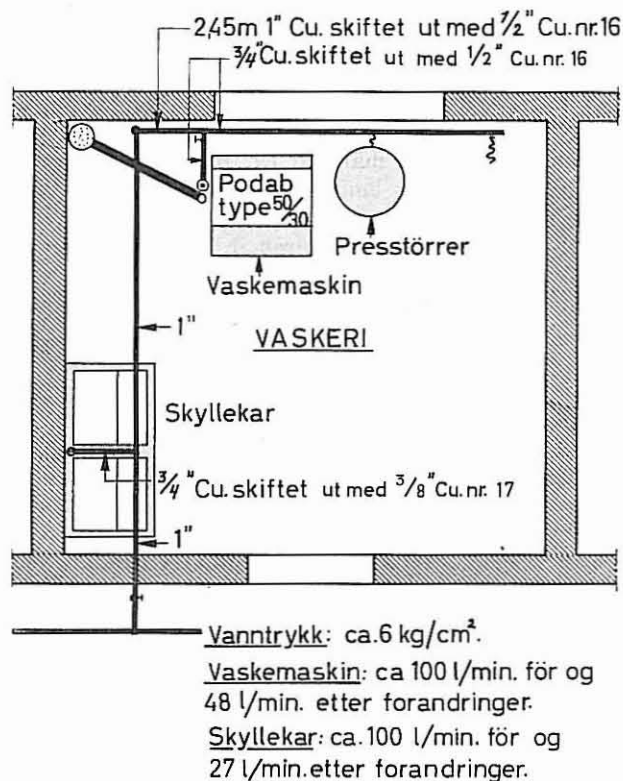


Fig. 14. Innredning av vaskeri.

For å få redusert støynivået fra vaskeriet i en boligblokk, ble det på forhånd foretatt nøyaktige beregninger av ledningsnett slik at man kom fram til et bestemt trykktap over kranene med disse i helt åpen stilling. Samtidig skulle kranene gi en på forhånd bestemt vannmengde, for skyllekaret ca. 30 l/min. og for vaskemaskinen ca. 50 l/min.

Innredningen av vaskeriet er vist i fig. 14.

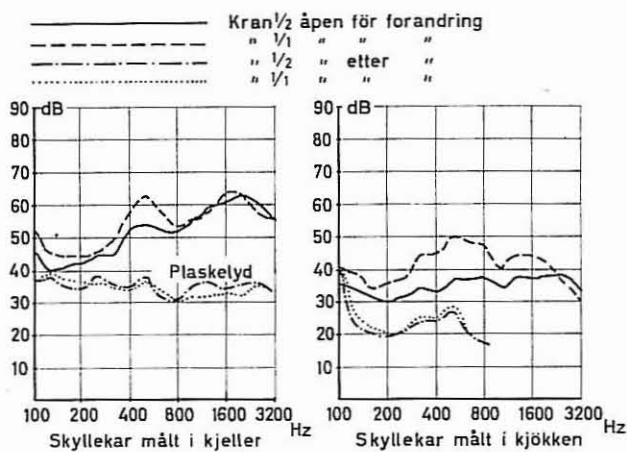


Fig. 15. Resultat av lyd­målinger for skyllekar.

Vanntrykket ble målt til ca. 6 kg/cm² og vannmengden til ca. 100 l/min. før forandringer for både skyllekar og vaskemaskin.

Til skyllekar ble avstikkeren, 1,5 m 3/4" Cu nr. 16 skiftet ut med 3/8" Cu nr. 17.

Videre ble hovedledningen, 1" Cu nr. 16 mellom skyllekar og vaskemaskin kappet og det ble montert inn 2,5 m 1/2" Cu nr. 16. Avstikker til vaskemaskin, 0,6 m 3/4" Cu nr. 16 og avstikker til kuplingskran ble lagt om til 1/2" Cu nr. 16.

Det ble ikke foretatt forandringer med armaturen.

Etter disse forandringene ble vannmengdene målt til 27 l/min. for skyllekar og 48 l/min. for vaskemaskinen.

Ved disse forsøkene ble lyd­målingene foretatt som en frekvensanalyse.

Resultatet av lyd­målingene for skyllekar, målt i gangen utenfor og i kjøkken over vaskeriet, er vist i fig. 15. Her er det påført «plaskelyd» på de to nederste kurvene i frekvensspektret til venstre som gjelder lydforholdene etter forandringene, målt i kjeller. Dette vil si at lyden som ble målt var luftlyd, da det var umulig å få fjernet lyden som oppsto ved plasking av vann ved fylling av utstyret.

I fig. 16 vises resultatene for vaskemaskinen målt i kjeller og i kjøkken rett over vaskeriet.

Resultatene av disse forandringene var — som det fremgår av frekvensspektrene — meget gode.

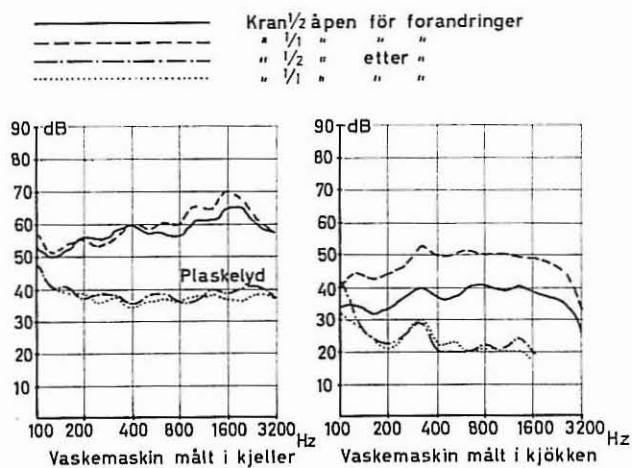
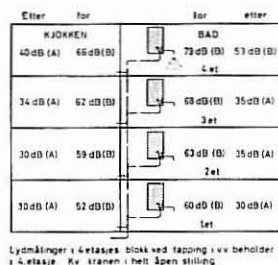


Fig. 16. Resultat av lyd­målinger for vaskemaskin.



Lyd­målinger i 4-etasjes blokk ved tapping i v.v.-beholder i 4. etasje. Kv. kranen i helt åpen stilling.

Fig. 17. Resultat av lyd­målinger i en 4-etasjes boligblokk for og etter forandringer.

Når det gjelder v.v.-beholdere på bad og i kjøkken, så oppstår det ved tapping som regel meget høye lyd­nivåer. Grunnen til dette er dysen i batteriet hvor det oppstår et meget stort tryk­kfall.

I en 4 etasjes boligblokk med vanlige v.v.-beholdere på badet var leieboerne meget sjenert av tappestøy.

Her ble avstikkeren til badebeholderen i 4. etasje lagt om til en mindre dimensjon og dysen i batteriet ble boret opp.

Resultatene av disse forandringene var at vannmengden ble større og at støynivået ble redusert.

I fig. 17 vises resultatene av lyd­målingene som ble foretatt i område A og B med en vanlig lyd­måler ved tapping i 4. etasje med k.v.-kranen i helt åpen stilling.

Dette er meget gode resultater, og det kan nevnes at lyd­nivåene som er målt i 1., 2. og 3. etasje ikke er støy fra tappingen, men er såkalt bakgrunnsstøy.

Like gode resultater ble oppnådd med v.v.-kranen alene + v.v.-kranene i bruk samtidig.

Avslutning.

Når det gjelder metoden med å oppta overskuddet av disponibelt trykk i rørene, så skulle det alt i dag være muligheter til å anvende denne i visse deler av sanitæranlegget. For vaskerier f. eks. er ikke faren stor for ødeleggelser ved en lekkasje, da en jo i disse rom har sluk i gulvet.

Det kan også oppnås resultater ved en kombinasjon av flere metoder. Reduksjonen av trykket kan fordeles på flere steder i anlegget, bl. a. over reduksjonsventiler, over kraner og ventiler og ved større vannhastigheter i mindre rørdimensjoner.

Ved store vannhastigheter i rør, må en imidlertid være klar over at rørleggerarbeidet må utføres mer omsorgsfullt enn tidligere, slik at støykildene ikke bare flyttes fra ett sted til et annet i anlegget.

Ved lave blokker kan det legges egne opplegg fram til hvert enkelt utstyr eller leilighet, og for høyhus kan det legges soneopplegg med små reduksjonsventiler for hver avstikker.

For å minke støyen fra vaskerier, kan det være aktuelt å legge egne vanninnlegg. Ved denne metoden er det store muligheter til å få støysvake anlegg, selv om det her må tas hensyn til omkostningene i hvert enkelt tilfelle.

Når det gjelder støysvake kraner, så er dette et problem som bør løses av armaturfabrikantene, gjerne i samarbeid med forskningsinstitutter. Videre må det utvikles en standardisert målemetode for måling av eksisterende og ny armatur i lydteknisk henseende.

Prinsippet med å oppta trykktapet i kraner og ventiler ved hjelp av innsatser har mye for seg, da

innsatser kan brukes både i gamle og nye anlegg. Her er det imidlertid visse vanskelige tekniske problemer som må løses først.

Forsøkene med å isolere sanitæranlegget fra bygningen har gitt dårlige resultater ved praktiske forsøk. Denne metoden må imidlertid ikke avskrives helt, selv om det ser ut til å være meget vanskelig å finne fram til en metode som er økonomisk samtidig som den er teknisk gjennomførbar.

Når det gjelder plastrør, så har NBI ikke utført forsøk med denne rørtypen istedenfor kopperrør når det gjelder lydtekniske egenskaper.

Visse forsøk bør kanskje settes i gang slik at en vet om det er resultater å oppnå med dette materialet, selv om plastrør ikke er godkjent til vanlige husinstallasjoner i noen utstrekning ennå.

Som det fremgår, er det mange uløste problemer, og en må dessverre si at støyproblemet i sanitæranlegg ikke er løst selv om en er kommet et stykke på vei.

Arkitektene må fremdeles ta hensyn i forbindelse med støy når det gjelder plassering av bad, kjøkken og vaskeri i bolighus.

Det må også regnes med at kravene til støysvake anlegg blir større i fremtiden, ved at publikum blir mere støybevisste.

En sannsynlig utvikling vil vel også være at myndighetene vil komme med bestemte krav om hvilke lydnivåer som skal tillates i hus.

Da vil det være opp til fagfolkene innen VVS-bransjen å kunne oppfylle disse kravene.

LITTERATUR

G. Ø. Jørgen og W. Lochstøer:

Lydisolering og litt om akustikk. — Norges byggforskningsinstitut.

Max Mengeringhausen:

Geräuschlose Wasserleitungen. — Gesundheits-Ingenieur Nr. 19, 1933.

Fritz Ingerslev og Jørgen Petersen:

Støj fra vandinstallationer. — København 1951. (Akademiet for de tekniske videnskaber. Lydteknisk laboratorium, meddelelse 8.)

Ake Grauers:

Ljudisolering av sanitära anläggningar i bostadshus. — Svensk VVS 1959, nr. 1.

