

SBI-publ.

SBI-SÆRTRYK
218

UDK 696.121
69.024.1

VVS nr. 6, 1971

K. O. Juel Rasmussen:
Afledning af regnvand fra skrå tage

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

I kommission hos Teknisk Forlag
København 1971



Afledning af regnvand fra skrå tage

Civilingeniør K. O. Juel Rasmussen

Dimensionering af tagrender og nedløbsrør foretages i reglen på grundlag af »tommelfingerregler.« Selv om disse regler i praksis har givet mange tilfredsstillende resultater, er der dog forekommet såvel overdimensionerede som underdimensionerede tilfælde. Tommelfingerregler indebærer imidlertid også en vis stivhed, der undertiden gør det vanskeligt at placere nedløbsrørene rationelt, specielt ved nutidens boligbyggeri med de lange boligblokke og anvendelse af præfabrikerede elementer.

I denne artikel angives en beregningsmetode, der gør det muligt at dimensionere og placere tagrender og nedløbsrør rationelt i hvert enkelt tilfælde. De angivne kapaciteter for tagrender og nedløbsrør er baseret på en undersøgelse og en række forsøg foretaget ved Building Research Station i England. Undersøgelsen er publiceret i BRS Digest 107, juli 1969.

Regnvandstilstrømningen

Den regnvandsmængde, en tagrende eller et nedløbsrør skal bortlede, afhænger af tagarealet, tagets hældning, nedbørens intensitet og den vinkel, regnen danner med vandret ved maksimale nedbør.

Nedbørens intensitet bestemmes sædvanligvis ved hjælp af registrerede regnmålere. Nedbørsintensiteten angives i mm/h eller l/s-ha (1 mm/h = 2,78 l/s-ha). Det er en erfarings-sag, at der er en sammenhæng mellem en regnbyges varighed og dens intensitet. Jo længere bygen varer, desto mindre intensitet vil den i reglen have. Normalt dimensioneres ikke for de kraftigste kortvarige regnskyl, der forekommer, da det ikke anses for at være økonomisk rimeligt i forhold til de gener en overbelastning giver. I stedet tillades det, at afløbssystemet bliver overbelastet et eller andet antal (n) gange om året.

Det vil derfor være naturligt, at bestemme de sammenhørende værdier for regnens intensitet og varighed, der inden for et bestemt tidsrum (f. eks. et år) lige ofte nås eller overskrides. Et sådant sæt sammenhørende værdier (en regnrække) kan f. eks. være følgende:

160 l/s-ha i 5 minutter
120 l/s-ha i 10 minutter
75 l/s-ha i 15 minutter osv.

Der er udført en del statistisk bearbejdelse af nedbørsmålinger i Danmark. På grundlag af nedbørsmålinger i forskellige større byer (Århus, Aal-

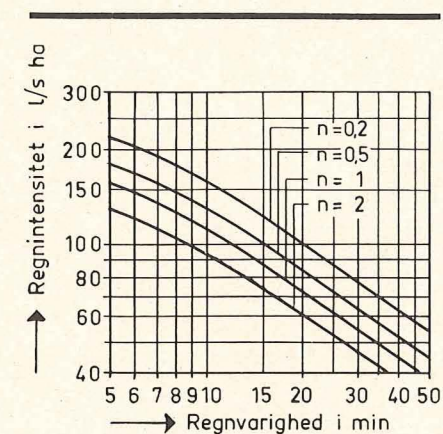
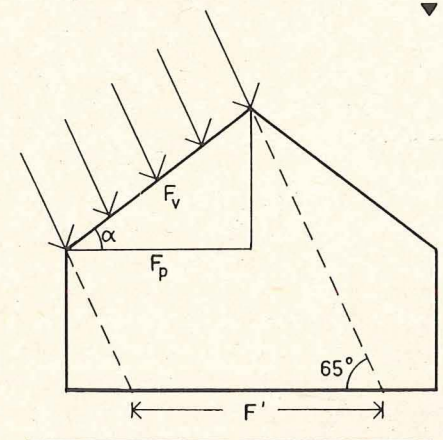


Fig. 1. Regnrækker. Gennemsnit for Danmark.

Fig. 2. Arealer, der benyttes ved beregning af regnvandsmængder.



I artiklen angives en metode til dimensionering af tagrender og nedløbsrør i afhængighed af regnintensitet, tagareal og nedløbsrørets placering. Metoden er baseret dels på teoretiske studier og dels på en række forsøg foretaget ved Building Research Station i England.

borg, Odense og Gentofte) fra 1933-1947 kan det fastslås, at der ganske vist er lokale forskelle i nedbørsintensiteten, men at de i fig. 1 viste regnrækker, der er beregnet som et gennemsnit for hele landet, normalt vil være et rimeligt dimensioneringsgrundlag.

Af fig. 1 ses f. eks., at nedenstående nedbørsintensiteter optræder med følgende varigheder og hyppigheder: 200 l/s-ha:

i 5 minutter 1 gang hvert 4. år.

130 l/s-ha:

i 5 minutter 2 gange om året,
i 10 minutter 1 gang hvert 2. år.

100 l/s-ha:

i 10 minutter 2 gange om året

Kortere regnskyl end 5 minutter bør næppe tages i betragtning. I øvrigt vil en tagrende kunne modtage et heftigt regnskyl af 1-2 minutters varighed før der indtræder overstrømning.

Ved beregning af tagrender og nedløbsrør bør der tages hensyn til afløbssystemets kapacitet, idet det ikke er ønskeligt direkte at få tilført regnvand i mængder, der overstiger denne kapacitet, da det kan medføre opstuvning og oversvømmelse. I Danmark er det almindeligt at dimensionere afløbssystemet i jorden for en regnintensitet på 130 l/s-ha i 10 minutter, svarende til en overskridelse hvert andet år.

De regnintensiteter, der ifølge ovenstående lægges til grund ved beregning af regnvandsmængden, er alle målt og angivet for et vandret plan. Ved beregning af den regnvandsmængde, der skal afledes fra et skrå tag, må der derfor tages hensyn til, at regnen ikke falder lodret. I England har man fundet, at den vinkel, regnen danner med vandret plan ved dimensionerende regnskyl, kan sættes til mindst 65°. Af fig. 2 ses, at den

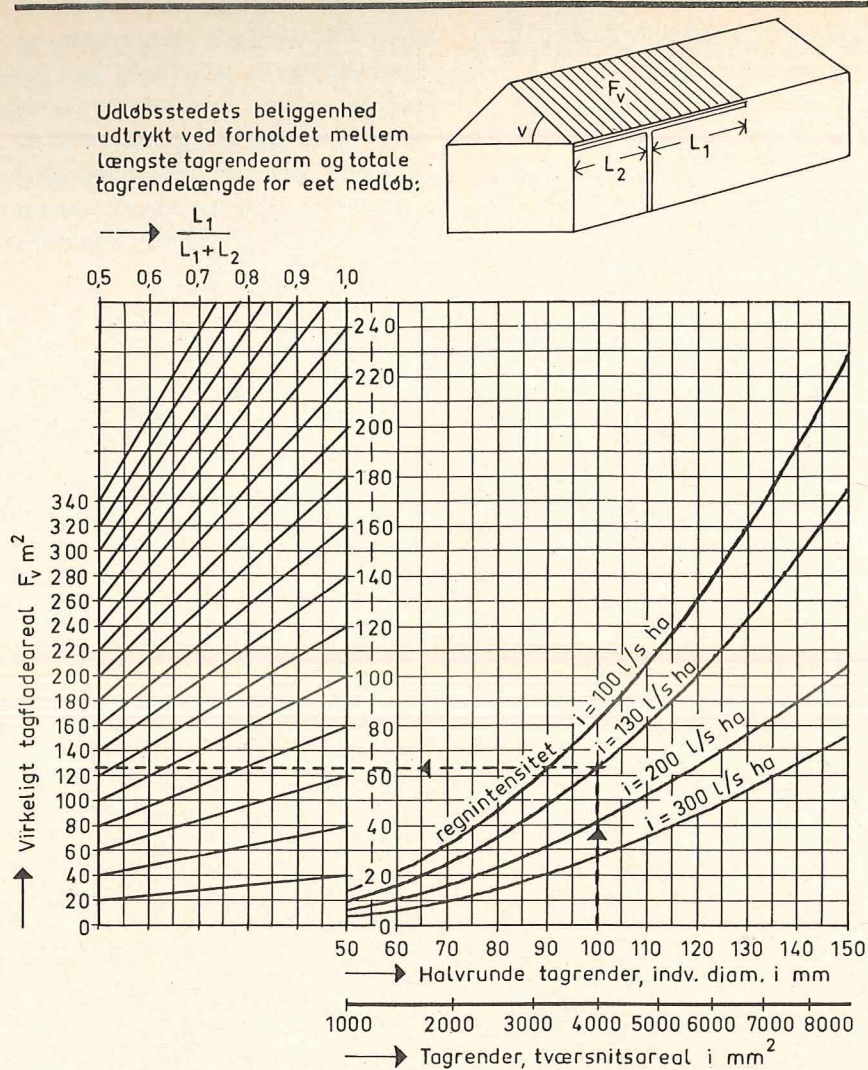


Fig. 3. Vandrette tagrenders kapacitet i afhængighed af regnintensiteten, tagrendens dimension og nedløbsrørets beliggenhed. Eksempel: En halvrund tagrende med $d = 100$ mm kan i et område med regnintensitet $i = 130$ l/s ha afvande et tagareal på 64 m², dersom nedløbsrøret er beliggende for enden af tagrenden. Er nedløbsrøret beliggende i midten, kan tagrenden afvande et tagareal på 128 m².

regnvandsmængde, der rammer den skrå side af et tag, er den mængde, der ville være faldet i det vandrette plan på arealet F' .

Antages at regnen falder under en vinkel på 65° med vandret, bliver regnvandsmængden, der falder på en skrå tagside med hældning α° og tagarealet F_v :

$$Q = i \cdot F_p \cdot 10^{-4} \quad (1)$$

hvor Q = regnvandsmængden i l/s
 F_p = tagfladens vandrette proj. areal i m²
 α = taghældningen i grader
 i = regnintensiteten i l/s/ha

For taghældninger indtil 50° kan med god tilnærmelse anvendes formelen:

$$Q = i \cdot F_v \cdot 10^{-4} \quad (2)$$

hvor F_v = den skrå tagsides areal i m².

Tagrenders kapacitet

Kapaciteten af en lige tagrende, dvs. den mængde vand pr. tidsenhed, renden kan bortlede uden at der indtræder overstrømning, afhænger af rendens tværsnitsareal og form samt af dens hældning. Er renden vandret, er det kun formen og tværsnitsarealet, der påvirker kapaciteten. Blot en lille hældning vil øge kapaciteten betydeligt, men der er dog grænse for hvor stort et fald, der kan udnyttes. Et for stort fald vil desuden kunne give for stor afstand mellem tagkanten og renden, således at vandet ikke føres til renden.

Ved Building Research Station har man fundet, at en vandret liggende, halvcirkulær tagrende kan føre vandmængden

$$Q = 0,0000267 \cdot A^{1,25} \quad (3)$$

hvor Q = kapaciteten i l/s
 A = rendens tværsnitsareal i mm²

Denne kapacitet kan ifølge Building Research Stations forsøg korrigeres med følgende værdier:

Ved fald større end ca. 2‰ , dvs. 2 mm/m, og render mere end 6 m lange: $+40\%$.

For bøjninger i en afstand mindre end 2 m fra udledningsstedet, ved vandrette render, skarpe bøjninger: -20%
 ved vandrette render, runde bøjninger: -10%
 ved render med fald: -25%

Den overfor angivne kapacitetsformel og korrektionsværdierne kan med god tilnærmelse også anvendes for rektangulære tagrender.

I fig. 3 er for skrå tage med hældning $< 50^\circ$ afbildet tagrenders kapacitet i afhængighed af tagrendens tværsnitsareal, tagarealet og regnintensiteten.

Nedløbsrørs kapacitet

Den vandmængde, et nedløbsrør kan føre, afhænger af indløbets form, dvs. om indløbet har skarpe eller runde hjørner. Endvidere afhænger kapaciteten også af, om nedløbsrøret får tilført vand fra een eller to sider. Ved Building Research Station har man fundet data for nedløbsrørs kapacitet i overensstemmelse med Wyly og Eatons formel:

$$Q = 0,0315 \cdot r^{5/8} \cdot d^{8/3}$$

hvor Q = vandmængden i l/s
 r = fyldningsforholdet, dvs. den andel af ledningstværsnittet, der er vandfyldt.
 d = indvendig diameter i mm.

For nedløbsrør med tilløb fra to sider fandtes data svarende til fyldningsforholdet $1/4$, og med tilløb fra een side, fyldningsforholdet $1/5$. Disse fyldningsforhold er fundet for indløb med skarpe hjørner. For indløb med runde hjørner kan der regnes med $10-30\%$ kapacitetsforøgelse.

Nedløbsrør, som er placeret i den

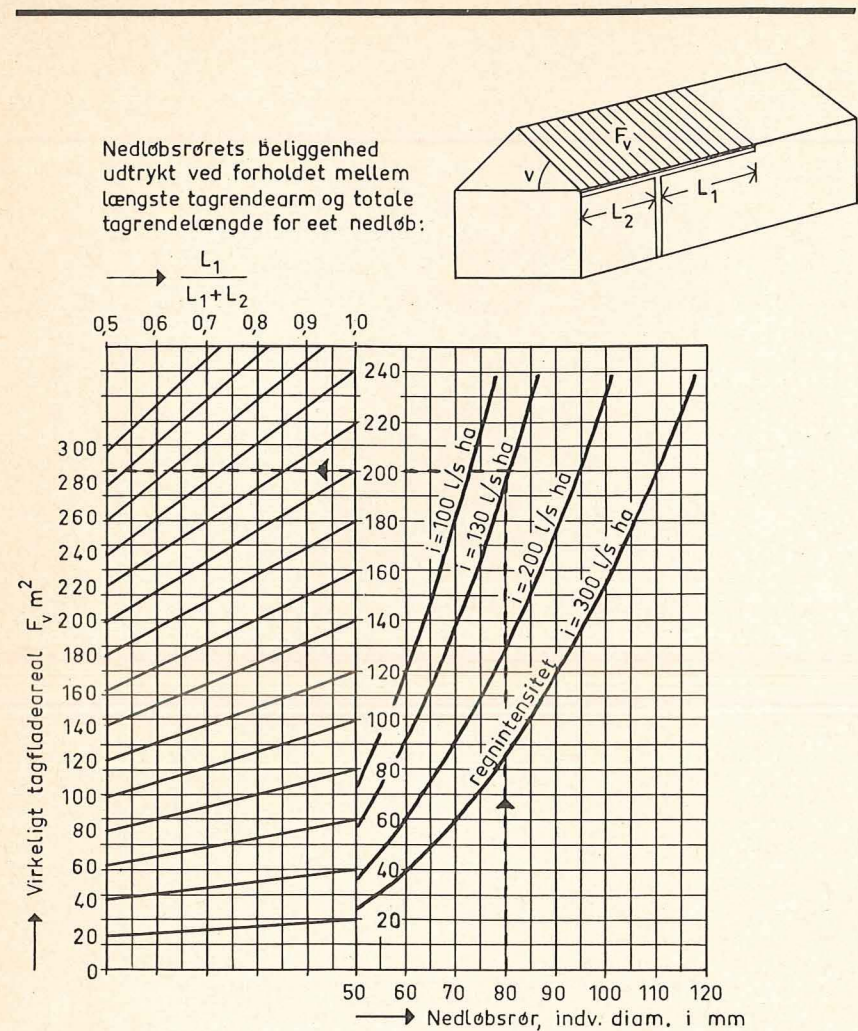


Fig. 4. Nedløbsrørs kapacitet i afhængighed af regnintensiteten, nedløbsrørets dimension og nedløbsrørets beliggenhed. Eksempel: Et 80 mm nedløbsrør kan i et område med regnintensitet $i = 130$ l/s ha bortlede vand fra 200 m² tagareal, dersom nedløbsrøret er beliggende for enden af tagrenden. Er nedløbsrøret beliggende midt for tagrenden, kan det bortlede vand fra 290 m² tagareal.

ene ende af en tagrende, har således en maksimumskapacitet, der er ca. 70% af kapaciteten for et centralt placeret nedløb.

I fig. 4 er afbildet nedløbsrørs kapacitet i afhængighed af nedløbsrørets dimension, regnintensiteten, tagarealet og nedløbsrørets placering.

Eksempel

I et område, hvor der gås ud fra en

regnintensitet på 130 l/s/ha, kan der til et tag, der er 50 m langt, 10 m bredt (fra tagfod til tagryg) og med hældning 30° , f. eks. vælges mellem tagrender og nedløbsrør i følgende dimensioner, længder og antal:

Halvcirkulære tagrender, fald $< 2\text{‰}$
 Med centralt placeret nedløbsrør (dvs. $\frac{L_1}{L_1 + L_2} = 0,5$) fås af fig. 3:

$d = 100$ mm: max. 128 m² tagareal pr. nedløb, dvs. max. $\frac{128}{10} = 12,8$ m lange
 $d = 125$ mm: max. 220 m² tagareal pr. nedløb, dvs. max. $\frac{220}{10} = 22$ m lange
 $d = 150$ mm: max. 352 m² tagareal pr. nedløb, dvs. max. $\frac{352}{10} = 35,2$ m lange

Nedløbsrør

Da der som anført regnes med centralt placerede nedløbsrør, skal der ved tagrender med $d = 100$ mm,

mindst benyttes $\frac{50}{12,8} \sim 4$ nedløb

ved tagrender med $d = 125$ mm,

mindst benyttes $\frac{50}{22} \sim 3$ nedløb

ved tagrender med $d = 150$ mm,

mindst benyttes $\frac{50}{35,2} \sim 2$ nedløb

Anvendes 4 nedløb, skal hvert nedløb aflede vand fra $\frac{50 \cdot 10}{4} = 125$ m²

Anvendes 3 nedløb, skal hvert nedløb aflede vand fra $\frac{50 \cdot 10}{3} = 167$ m²

Anvendes 2 nedløb, skal hvert nedløb aflede vand fra $\frac{50 \cdot 10}{2} = 250$ m²

Af fig. 4 fås følgende dimensioner på nedløbsrørene

med ialt 4 nedløb: $d = 60$ mm

med ialt 3 nedløb: $d = 65$ mm

med ialt 2 nedløb: $d = 76$ mm

Der kan således vælges mellem følgende:

halvcirkulær tagrende	centralt placerede nedløbsrør	
	antal	dimension
$d = 100$ mm	4	$d = 60$ mm
$d = 125$ mm	3	$d = 65$ mm
$d = 150$ mm	2	$d = 76$ mm