

DIMENSJONERING AV TAKSTOLER

Av Rolf Schjødt

Norges
Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd
KONTORET FOR BYGGFORSKNING

OSLO 1951

Særtrykk av Teknisk Ukeblad
I kommisjon: Johan Grundt Tanum Forlag

Dimensjonering av takstoler

Dr. techn. Rolf Schjødt

DK 624.023

De praktiske krav til loftsrom som har fått uttrykk i bygningslovens bestemmelser, og ønsket om å utnytte bygningens volum mest mulig, har sammen fremtvunget en takstol som vist på fig. 1. Den smyer seg så nær som mulig til de forlangte fri høyder, og spenner samtidig over hele bygningens bredde. Man får derfor også full frihet til å anbringe delevegger hvor det måtte passe.

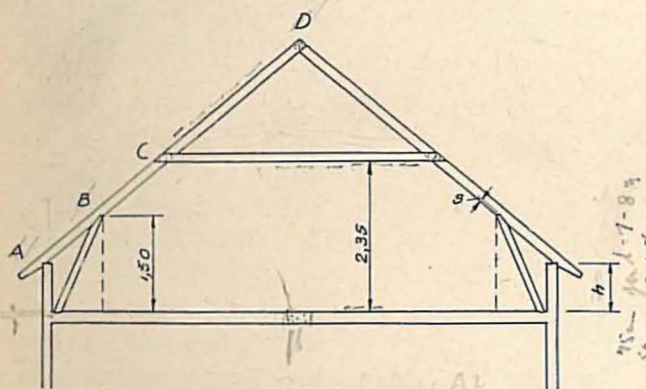


Fig. 1. Typisk takstol.

Da denne takstol benyttes meget — i enkelte strøk er den praktisk talt enerådende — skulle en enkel dimensjoneringsmetode være av verdi. I forbindelse med de pågående undersøkelser av småhus ved Kontoret for byggforskning ble derfor dette spørsmål tatt opp.

I det følgende viser jeg da først momentkurvens forløp ved en nøyaktig beregning under forskjellige forutsetninger, og deretter hvordan man på grunnlag av denne kurve kommer fram til en meget enkel og tilstrekkelig nøyaktig tilnærming.

1. Laster.

Alle laster dekomponeres loddrett på og parallelt med takflaten. Lastene parallelt med takflaten forutsettes å opptas av bordtak og himling, og av disse å føres over på gavlveggene. En del av

denne last kan tenkes å gå til streveren, og en del å overføres til den langsgående ytterveggs stolper.

Men bordtakets bøyingsstivhet i sitt eget plan er så stor sammenliknet med stolpenes bøyingsstivhet og streverens sammentrykning, at de sistes del av denne last vil bli ubetydelig.

Hvor husene utføres uten bordtak, må man spikre ett par bord diagonalt over takstolene for kraftoverføringen. I dette tilfelle vil streveren og stolpene i langveggen kunne få en del av lasten parallelt takflaten, men dette vil ikke gi noen uheldige virkninger. Den ekstra last streveren eventuelt kan få, vil bli avlastet igjen ved noe større deformasjoner av streveren og dens opplagere.

De tre forekommende belastningsarter, egenvekt, sne og vind, er i våre bygningsforskrifter gitt på tre forskjellige måter, nemlig pr. m² skråflate, pr. m² horisontalflate og loddrett på taket. For å vise beregningsgangen skal jeg her gjennomføre regningen for et tak med 40° helling.

Egenvekten for takstein på bordtak settes lik 95 kg/m² skråflate, etter byggeforskriftene. Da blir komponenten loddrett taket

$$95 \cdot \cos 40^\circ = 70 \text{ kg/m}^2 \text{ egenvekt.}$$

Snelasten på taket blir 100 kg/m² horisontalflate. Komponenten loddrett taket blir

$$100 \cdot \cos^2 40^\circ = 60 \text{ kg/m}^2 \text{ sne.}$$

Vinden gir loddrett taket

$$100 (0,02 \cdot 40 - 0,5) = 30 \text{ kg/m}^2 \text{ vindtrykk,}$$

og på lesiden

$$0,2 \cdot 100 = 20 \text{ kg/m}^2 \text{ vindsug.}$$

Snelasten kan virke ensidig eller på begge sider. Det vil ses av momentkurven lenger ute i artikkelen at usymmetrisk last har en langt ugunstigere virk-

ning enn symmetrisk. Ensidig snelast er derfor det ugunstigste. Kombinasjonen av de tre belastninger gir et lastbilde som på fig. 2.

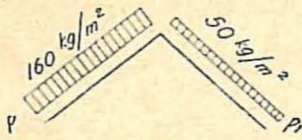


Fig. 2. Ugunstigste last på tak med 40° helling.

2. Nøyaktig beregning.

Ved den vanlige utførelse blir streveren 1 felt inn i takstolen, og sikret med et par spiker (fig. 3). Denne utførelse kan ikke overføre noe moment. Stav 1 blir derfor regnet forbundet til takstolen ved et ledd. Videre blir regningen først gjennomført under forutsetning av at stav 3, hanebjelken, er bøyingsstivt forbundet til takstolen, og at punkt

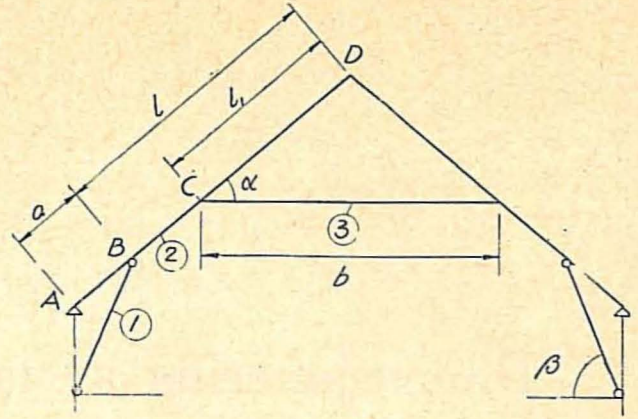


Fig. 3. Statisk system.

D kan overføre momenter. Resultatet av regningen for en 9 m takstol er vist på fig. 4, kurve 1.

De momenter man får i stav 3 og punkt D blir dog større enn man kan være sikker på å få overført ved vanlig spikring. Regningen blir derfor også gjennomført med stav 3 tilsluttet ved et ledd, og med ledd i D. Resultatet er kurve 2 på fig. 4.

Endelig vil jo stav 1 og 3 gi etter under belastningen, og forandre momentforløpet. For å få en oversikt over dette er regningen også gjennomført under hensyntagen til normalkreftene i stav 1 og 3, hvorved man får kurve 3 på fig. 4.

Regningen byr ikke på noe nytt, og gjengis derfor ikke her.

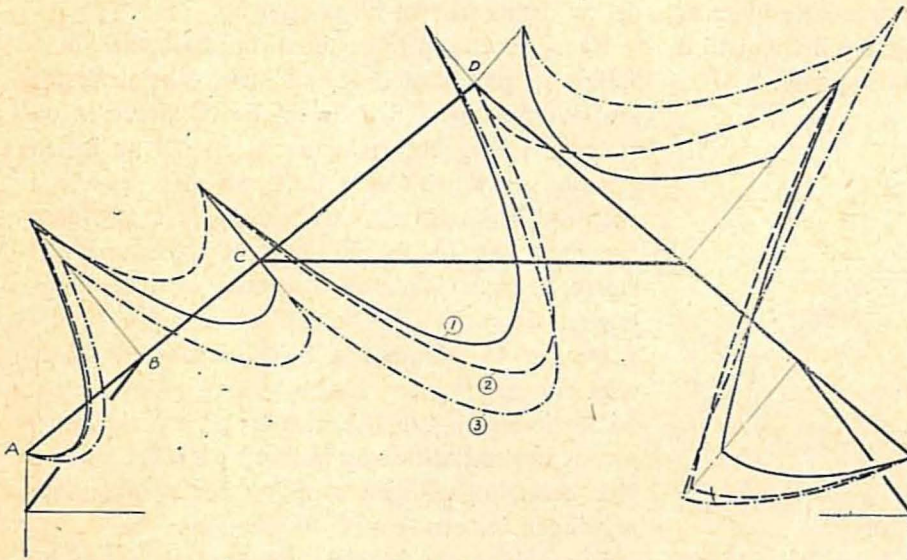


Fig. 4. Momentkurver etter nøyaktig beregning. Last som på fig. 2. 1. Stive knutepunkter. 2. Med ledd i topp og hanebjelke. 3. Stive knutepunkter og virkning av normalkraft.

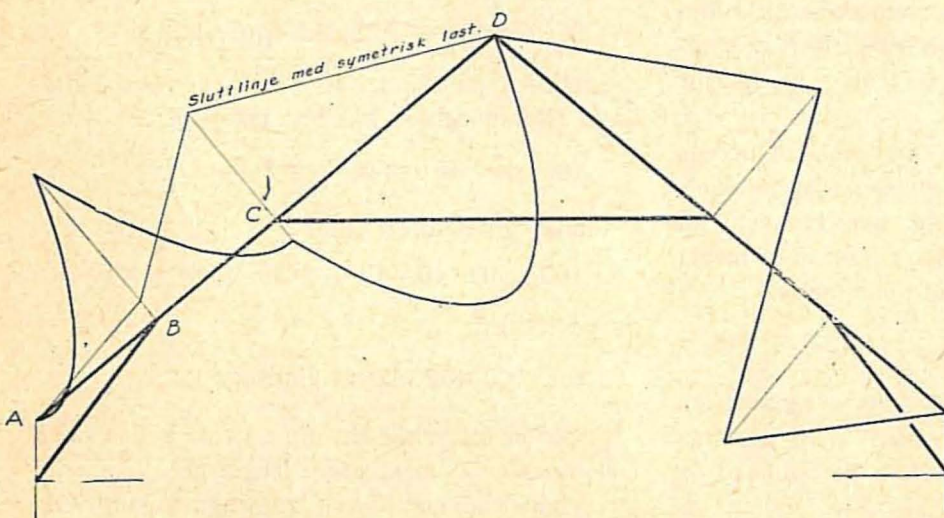


Fig. 5. Momentkurve for ensidig last.

3. Tilnærmet beregning.

Den nøyaktige beregning er satt opp for å få en vegledning for hvordan den tilnærmete beregning bør utføres, og for å få en kontroll på denne. Beregningen ble utført ved at takstolen først tenktes belastet med 100 kg/m² på den ene side, hvorved man for 9 m takstolen får en kurve som fig. 5, som

er opptegnet under samme forutsetninger som kurve 2 på fig. 4.

Et studium av kurven viser oss hvordan takstolen virker for ensidig last. Momentkurven er som for en delvis innspent bjelke over spenn B-D, men med så meget av lasten overført via hanebjelken til lesiden at momentene på begge sider blir tilnærmet like store. Dette vil si, da den overførte last virker konsentrert, at $\frac{1}{3}$ av lasten går til lesiden mens $\frac{2}{3}$ opptas direkte av spenn B-D. En konsentrert last har nemlig under disse forhold tilnærmet samme virkning som en dobbelt så stor fordelt last.

Vi får etter dette følgende enkle formel for beregning av momentene i sperren:

$$M = \frac{2}{3} (p - p_1) \frac{l^2}{9} = \sim 0,075 (p - p_1) l^2 \quad (1)$$

(se fig. 2 og 3 for bokstavenes betydning). Faktoren $\frac{1}{9}$ er benyttet for å ta noe hensyn til innspenningen.

Når lastene på begge sider blir noenlunde like store, eller når hanebjelken nærmer seg punkt B eller D, blir punkt C tilnærmet et stivt opplager. Vi får da for momentet

$$M = \frac{pl_1^2}{9} \quad (2)$$

Det største av de to momenter (1) og (2) må benyttes til dimensjoneringen. Disse formler gjelder for alle takhellinger.

Tabell 1.

Momenter og normalkrefter i tak med 40° helling. Belastningsbredde 1 m. Mom. i hanebjelke = $\frac{30 b^2}{8} + 10\%$

Hus	l	l ₁	M	N ₁	N ₂ <i>3/4 m</i>	Hanebjelke		
						b	M	N
7 m	3,35	1,83	93	720	670	2,8	32	255
7½	3,68	2,15	112	770	720	3,3	45	285
8	4,00	2,48	134	830	770	3,8	60	315
8½	3,96	2,41	130	890	860	3,7	56	310
9	4,26	2,74	151	940	910	4,2	72	340

Normalkraften beregner vi med tilstrekkelig god tilnærming for fullt belastet tak. Vi får da for streveren:

$$N_1 = [p(l + a) + 30 l_1] \frac{\cos \alpha}{\sin \beta}, \quad \frac{b}{2} = l_1 \cos \alpha$$

og for sperren:

$$N_2 = N_1 \cos (\beta - \alpha).$$

Her er himlingens vekt satt til 30 kg/m². De momenter og normalkrefter som på denne måte regnes ut er for en belastningsstripe på 1 m bredde, og må altså multipliseres med avstanden mellom åsene.

I de vedstående tabeller er dimensjoneringen av takstolene gjennomført for tak med 40° helling, for hus med fra 7 til 9 m bredde, og 60 til 120 cm avstand mellom takstolene. Andre takhellinger forandrer sne- og vindlasten, og forandrer også

Tabell 2.

Dimensjonering av takstol for tak med 40° helling.

Hus	Avst. mellom takstoler	M	N	Sperredimensjon	Spennning	Hanebjelket			Antall 5" stift		Strever	
						Mom.	Dim.	Alt: dim.	i pkt. C	i topp	Dim.	s
7	60	56	406	2" x 4"	75	19	1 ½" x 3"		4 3	5 4		2,0
	80	74	540	2" x 5"	66	26	1 ½" x 3"		5 4	6 5		2,0
	100	93	670	2" x 5"	82	32	1 ½" x 4"	2" x 3"	6 5	9 7	2" x 3"	2,0
	120	112	810	2" x 6"	71	38	1 ½" x 4"	2" x 4"	8 6	10 8	2" x 4"	2,5
7 ½	60	67	460	2" x 4"	89	27	1 ½" x 3"		4 3	6 5		1,5
	80	90	620	2" x 5"	79	36	1 ½" x 4"	2" x 3"	6 4	7 6		2,0
	100	112	770	2" x 6"	70	45	1 ½" x 4"	2" x 4"	7 5	10 8	2" x 3"	2,5
	120	134	920	2" x 6"	83	54	1 ½" x 5"	2" x 4"	8 6	11 9	2" x 4"	3,0
8 og 8 ½	60	78	520	2" x 5"	68	36	1 ½" x 4"	2" x 4"	5 4	6 5		1,5
	80	104	690	2" x 6"	64	48	1 ½" x 4"	2" x 4"	6 5	9 7	2" x 3"	2,0
	100	130	860	2" x 6"	81	60	1 ½" x 5"	2" x 5"	8 6	10 8	2" x 4"	2,5
	120	156	1030	2" x 7"	73	72	1 ½" x 5"	2" x 5"	9 7	11 9	2" x 4"	3,0
9	60	91	550	2" x 5"	79	43	1 ½" x 4"	2" x 4"	5 4	7 6		2,0
	80	121	730	2" x 6"	75	58	1 ½" x 5"	2" x 5"	7 5	9 7	2" x 3"	2,5
	100	151	860	2" x 7"	69	72	1 ½" x 5"	2" x 5"	8 6	10 8	2" x 4"	3,0
	120	181	1090	2" x 7"	84	86	2 " x 5"	2" x 6"	10 8	11 9	2" x 5"	3,0

(all 3" x 2")

spennviddene l og l_1 , men mellom 35° og 45° er variasjonene så små at tabellen kan benyttes.

Høyden h på fig. 1 er satt til 75 cm på 7—8 m husene, og 50 cm på 8,5—9 m husene.

Hanebjelken blir noe mer påkjent enn formelen $\frac{pl^2}{8}$ gir. Den nøyaktige regning viser at man kommer tilstrekkelig nær ved å øke dette moment med 10 %. Foruten dette moment skal hanebjelken overføre last til lesiden. For at den ikke skal knekke ut under denne må himlingen være utført av bord. Brukes plater eller slett ingen himling, må hanebjelkene avstives ved hjelp av bord som

legges i kryss over dem. Den normalkraft som skal overføres er tilnærmet

$$N = (p - p_1) \frac{l}{3 \sin \alpha} + 30 l_1 \cotg \alpha.$$

Spikringen må dimensjoneres så denne kraft kan opptas.

Streveren som skal overføre lasten til gulvbjelkene felles et stykke s inn i takbjelken, se fig. 1 og tabell 2. I gulvbjelkene sages ut halvdelen av målet s i tabell 2, dog minst 1 cm. Eller streveren kan sikres mot å gli ut på annen måte, for eksempel ved at en kloss spikres på gulvbjelken mellom strever og vegg.