

D02-101

Last mot skyddsrum

Raslast mot skyddsrum från närliggande byggnad

Författare: Morgan Johansson. Ansvarig utgivare: Lars Gråbergs.

1 Orientering	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Om detta dokument	1
2 Nya anvisningar för beräkning av raslast	2
2.1 Orientering	2
2.2 Dimensionerande raslast	3
3 Beräkningsexempel	5
3.1 Beskrivning	5
3.2 Raslast från ovanpåliggande byggnad	6
3.3 Raslast från närliggande, mellanhög byggnad (Byggnad A)	6
3.4 Raslast från närliggande, hög byggnad (Byggnad B)	7

1 Orientering

1.1 Bakgrund

I 2018 års version av MSB:s skyddsrumregler SR anges att verkan av raslast mot skyddsrumstak ska beaktas för kollaps av ovanpåliggande samt närliggande byggnader. Denna kravställning infördes 1978, via TB 78, och har haft samma principiella utformning sedan dess.

Detta raslastkrav medför potentiella problem för befintliga skyddsrum. En bidragande anledning till detta är att det i dagens byggande uppförs mycket högre byggnader än vad som var fallet när de befintliga raslastreglerna ursprungligen togs fram. I dagens Sverige blir det alltmer vanligt att byggnader med en byggnadshöjd på 100 - 250 m uppförs och detta medför att raslastkrav med hänsyn till en närliggande byggnad kan få stora konsekvenser för befintliga skyddsrum. De raslasterna som, enligt 2018 års version av SR, ska beaktas för sådana höga byggnader medför med stor sannolikhet att de befintliga skyddsrummen behöver tas ur bruk och ersättas med nya eftersom erhållna laster ofta inte är möjliga att förstärka mot.

Med anledning av detta har MSB gjort en översyn av SR:s tidigare anvisningar för raslast och från detta tagit fram en ny beräkningsmetod där raslast från närliggande byggnad kan reduceras jämfört med tidigare.

1.2 Om detta dokument

I detta dokument presenteras nya anvisningar för hur raslasten från ovanliggande samt närliggande byggnad principiellt kan beräknas. Fokus ligger på att illustrera hur justerade anvisningar i SR, för beräkning av raslast från närliggande byggnad, är avsedda att tolkas och användas. Med beaktande av detta redovisas inte någon detaljerad redovisning av förutsättningar eller beräkningar av t.ex. ingående rasmassa – för information om hur detta kan göras hänvisas istället till dokument D03-101. På valda ställen ges även hänvisningar till aktuella skyddsrumregler, SR 15, för att identifiera betydelsen av använda parameternamn.

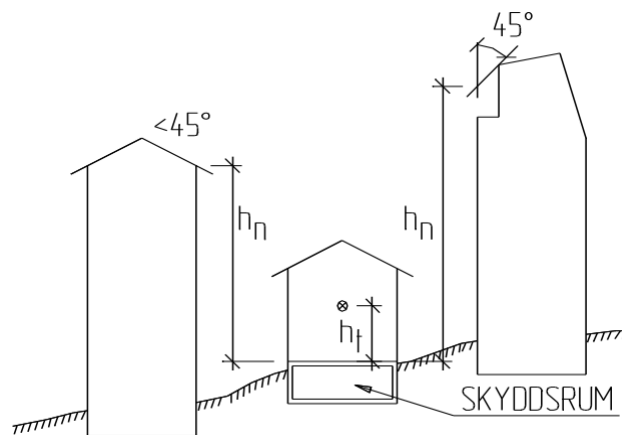
2 Nya anvisningar för beräkning av raslast

2.1 Orientering

I detta avsnitt presenteras anvisningar för hur raslast ska beräknas. Jämfört med 2018 års SR har ingen ändring gjorts för raslast från ovanpåliggande byggnad. För raslast från närliggande byggnad har dock följande justeringar gjorts:

- Ett förtydligande av hur raslastens grundvärde q_n kan bestämmas för last från närliggande byggnad när dess massegenskaper är kända.
- Införande av en lastreduktionsfaktor η_n som minskar raslasten från närliggande byggnad.
- Reducerat avstånd från närliggande byggnad som inverkan av raslast behöver beaktas, så kallat rasavstånd. Justeringen får effekt för höga byggnader där $h_n > 90$ m.

Om inget annat anges används här samma beteckningar som i SR, i Figur 2.1 visas definition av byggnaders höjd ovan skyddsrum.



Figur 2.1 Definition av byggnaders höjd ovan skyddsrummet.

2.2 Dimensionerande raslast

Dimensionerande raslast q_{ras} är en vertikal last som antas verka mot skyddsrumstaket, vilken beräknas i en given punkt som

$$q_{ras} = \max(q_b, \eta_n \cdot q_n) \quad (1)$$

där

$$q_b = k \cdot m \sqrt{h_t} \quad (2)$$

avser raslast från ovanpåliggande byggnad enligt Formel 6:15a i SR 15 och q_n avser raslast från en närliggande byggnad med höjder definierade enligt Figur 2.1. Om masseegenskaperna hos den närliggande byggnaden är kända kan q_n beräknas enligt samma princip som q_b i ekvation (2). Om enbart höjden hos den närliggande byggnaden är känd ska raslasten från denna dock beräknas som

$$q_n = 3,0 \sqrt{h_n^3} \quad (3)$$

Raslast från en närliggande byggnad ska beaktas om utsida fasad hos byggnaden är placerad inom rasavståndet r_1 från skyddsrummet, där detta avstånd kan beräknas som

$$\begin{aligned} r_1 &= \frac{h_n}{3} && \text{om } h_n \leq 90 \text{ m} \\ r_1 &= 30 + \frac{h_n - 90}{6} && \text{om } h_n > 90 \text{ m} \end{aligned} \quad (4)$$

Raslasten från en närliggande byggnad får reduceras med en reduktionsfaktor $\eta_n \leq 1,0$. Denna reduktionsfaktor kan beräknas som

$$\begin{aligned} \eta_n &= 1,0 && r \leq 5 \text{ m} \\ \eta_n &= \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot r}{b}} && r > 5 \text{ m} \end{aligned} \quad (5)$$

där r är avstånd till utsida fasad hos aktuell del i närliggande byggnad och

$$b = \sqrt{A_o} \quad (6)$$

är en ekvivalent längd som beräknas utgående från tvärsnittsarean A_o hos ett representativt våningsplan hos den närliggande byggnaden. Inom ett avstånd $r \leq 5$ m gäller alltid att $\eta_n = 1,0$.

För en byggnad med varierande tvärsnittsarea kan A_o beräknas som

$$A_o = \frac{V_o}{h_n} \quad (7)$$

där V_o är volymen av den del av byggnaden som ger upphov till raslasten och h_n är höjd för denna del så som definieras i Figur 2.1.

Dimensionering av skyddsrum

För en situation där det inte är känt vilken geometrisk utformning som en närliggande byggnad har kan den ekvivalenta längden b approximativt beräknas som

$$\begin{aligned} b &= \frac{120}{1 + \frac{70}{h_n}} && \text{om } 15 \text{ m} < h_n \leq 50 \text{ m} \\ b &= \frac{30}{1 - \frac{20}{h_n}} && \text{om } 50 \text{ m} < h_n \leq 200 \text{ m} \\ b &= \frac{h_n}{6} && \text{om } h_n > 200 \text{ m} \end{aligned} \tag{8}$$

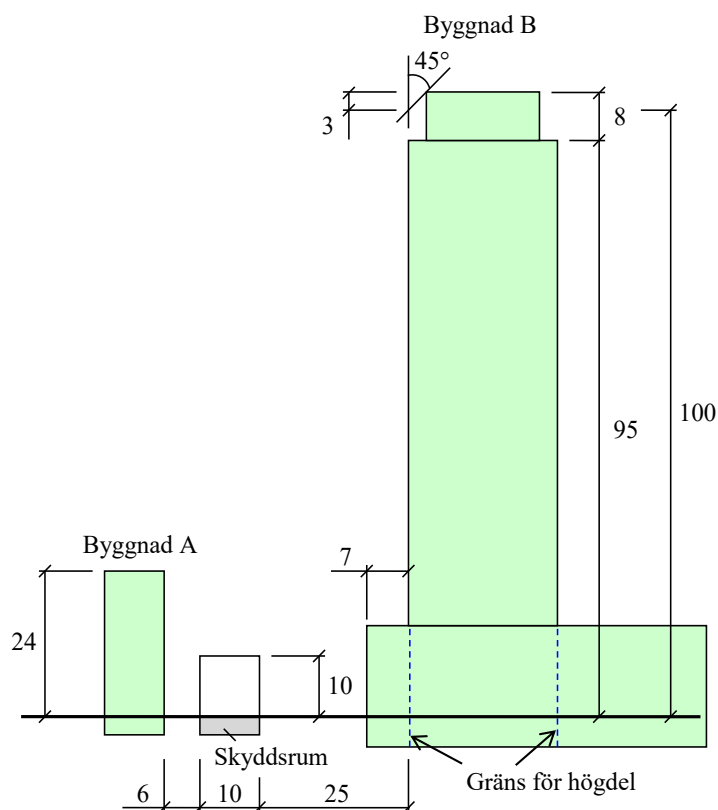
Eftersom reduktionsfaktorn η_n varierar med avståndet r så innebär detta att raslasten från en närliggande byggnad kan vara olika stor på olika delar av skyddsrummet. Det går dock bra att konservativt anta ett större raslastvärde än vad som har beräknats i en given punkt, t.ex. att anta att det största raslastvärdet som kan verka mot skyddsrummet också verkar över hela skyddsrummet, oavsett avstånd till närliggande byggnad.

Resultande raslast q_{ras} kan därefter reduceras ytterligare enligt anvisningar i SR för gynnsam inverkan av kupolverkan i rasmassorna. Det ska förutsättas att två olika närliggande byggnader ska kunna rasa samtidigt, dvs. raslasten från två olika närliggande byggnader ska beaktas i samma lastfall. Den aktuella raslasten från olika byggnader ska dock inte adderas med varandra, resulterande raslast begränsas istället till den största av de verkande raslasterna i en given punkt så som anges i ekvation (1).

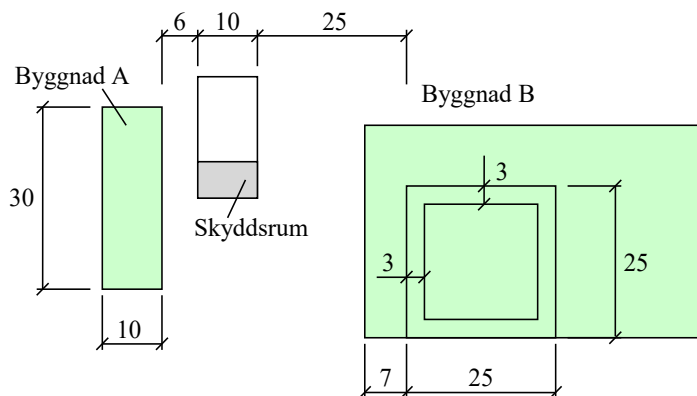
3 Beräkningsexempel

3.1 Beskrivning

För att illustrera effekten av nya ändringar av raslastuttrycken ges här ett beräkningsexempel där raslast från ovanpåliggande samt två närliggande byggnader beräknas, se Figur 3.1 och Figur 3.2. För byggnad A, antas geometrin vara känd men massegenskaperna okända medan det för byggnad B antas att både geometri och massa är känd. Byggnad B består av en lågdell och en högdell, där den senare har en topp som har en något mindre tvärsnittsarea. Lågdellen är närmare skyddsrummet än högdellen men här görs enbart beräkning av raslast för den senare.



Figur 3.1 Placering av närliggande byggnader i förhållande till skyddsrummet (sektion).



Figur 3.2 Placering av närliggande byggnader i förhållande till skyddsrummet (plan).

3.2 Raslast från ovanpåliggande byggnad

Förutsättningar:

- $h = 10 \text{ m} \rightarrow h_t = 10 / 2 = 5 \text{ m}$
- $m' = 2,5 \text{ kN/m}^3 \rightarrow m = 2,5 \cdot 10 = 25 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ använd ekvation (2) för q_b
- Ej rasdämpande byggnad $\rightarrow k = 1,4$

Raslasten bestäms som

$$q_b = k \cdot m \sqrt{h_t} = 1,4 \cdot 25 \sqrt{5} = 78 \text{ kN/m}^2 \quad (9)$$

Något reduktionsvärde η_n är inte aktuellt för raslast från ovanpåliggande byggnad.

3.3 Raslast från närliggande, mellanhög byggnad (Byggnad A)

Förutsättningar:

- $h_n = 24 \text{ m}$
- $A_0 = 10 \times 30 = 300 \text{ m}^2$
- Massa okänd \rightarrow använd ekvation (3) för $q_{n,A}$

Raslasten bestäms som

$$q_{n,A} = 3,0 \sqrt{h_n^3} = 3,0 \sqrt{24^3} = 353 \text{ kN/m}^2 \quad (10)$$

Reduktionsfaktorn kan beräknas som

$$\begin{aligned} \eta_n &= 1,0 & r &\leq 5 \text{ m} \\ \eta_n &= \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot r}{b}} & r &> 5 \text{ m} \end{aligned} \quad (11)$$

där

$$b = \sqrt{A_0} = \sqrt{300} = 17,3 \text{ m} \quad (12)$$

varvid lastreduktionsfaktorer kan beräknas enligt Tabell 3.1. Om byggnadens tvärsnittsarea A_0 hade varit okänd hade längden b istället beräknats som

$$b = \frac{120}{1 + \frac{70}{h_n}} = \frac{120}{1 + \frac{70}{24}} = 31 \text{ m} \quad (13)$$

vilket således hade resulterat i ett högre värde på lastreduktionsfaktorn η_n (dvs. en högre total raslast).

Eftersom $h_n < 90$ m så är raslast från hög byggnad enbart aktuellt inom ett avstånd

$$r_{1,A} = \frac{h_n}{3} = \frac{24}{3} = 8 \text{ m} \quad (14)$$

3.4 Raslast från närliggande, hög byggnad (Byggnad B)

Förutsättningar:

- $h_n = 100 \text{ m} \rightarrow h_t = 100 / 2 = 50 \text{ m}$ (eftersom massegenskaperna är kända kan h_t användas)
- $A_0 = 25 \times 25 = 625 \text{ m}^2$ (approximativt)
- $m' = 1,9 \text{ kN/m}^3 \rightarrow m = 1,9 \cdot 100 = 190 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ använd ekvation (2) för $q_{n,B}$
- Ej rasdämpande byggnad $\rightarrow k = 1,4$

Eftersom byggnadens egenskaper är kända kan raslasten från närliggande byggnad beräknas med samma uttryck som ovanliggande byggnad, dvs.

$$q_{n,B} = q_{b,B} = k \cdot m \sqrt{h_t} = 1,4 \cdot 190 \sqrt{50} = 1881 \text{ kN/m}^2 \quad (15)$$

Reduktionsfaktorn kan beräknas som

$$\begin{aligned} \eta_n &= 1,0 & r &\leq 5 \text{ m} \\ \eta_n &= \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot r}{b}} & r &> 5 \text{ m} \end{aligned} \quad (16)$$

där

$$b = \sqrt{A_0} = \sqrt{625} = 25,0 \text{ m} \quad (17)$$

varvid lastreduktionsfaktorer kan beräknas enligt Tabell 3.1. En mer noggrann beräkning kan också göras för bestämning av A_0 baserat på de geometriska förutsättningarna i byggnadens högd. Denna skulle därmed även kunna beräknas som

$$A_0 = \frac{V_o}{h_n} = \frac{95 \cdot 25^2 + (8-3) \cdot (25-2 \cdot 3)^2}{100} = 612 \text{ m}^2 \quad (18)$$

vilket i det här fallet är tämligen snarlikt det ovan beräknade $A_0 = 625 \text{ m}^2$. Baserat på denna noggrannare beräkning skulle den ekvivalenta längden dock blivit $b = 24,7 \text{ m}$, vilket således hade resulterat i en marginellt lägre reduktionsfaktor η_n . (dvs. en lägre raslast) Om byggnadens tvärsnittsarea A_0 hade varit okänd hade längden b istället beräknats som

$$b = \frac{30}{1 - \frac{20}{h_n}} = \frac{30}{1 - \frac{20}{100}} = 38 \text{ m} \quad (19)$$

vilket således hade resulterat i ett högre värde på lastreduktionsfaktorn η_n (dvs. en högre raslast).

Dimensionering av skyddsrum

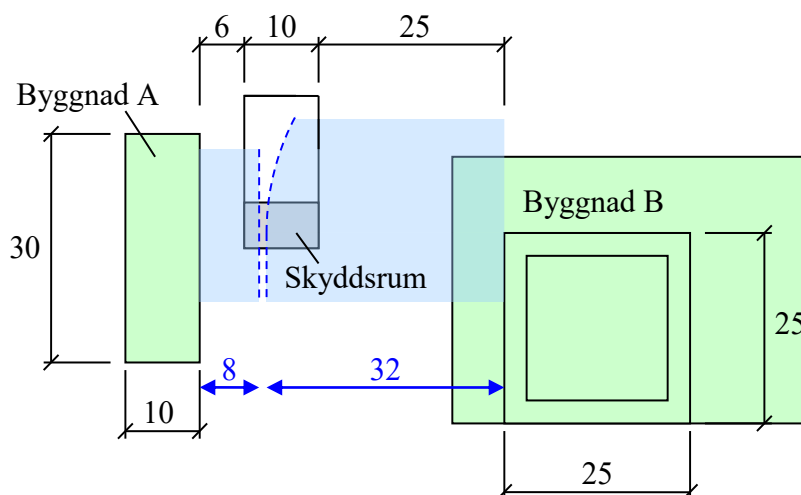
Eftersom $h_n > 90$ m så är raslast från hög byggnad enbart aktuellt inom ett avstånd

$$r_{1,B} = 30 + \frac{h_n - 90}{6} = 30 + \frac{100 - 90}{6} = 32 \text{ m} \quad (20)$$

Byggnad B består av en lågdel och en högd. Avståndet $r_{1,B}$ som är representativt för raslasten $q_{n,B}$ enligt ekvation (15) mäts dock från den del av byggnaden som representerar dess högd. För att beakta raslast från lågdelen i byggnad B bestäms raslasten för denna del på motsvarande sätt som för högdelen. En sådan beräkning redovisas dock inte här.

Tabell 3.1 Lastreduktionsfaktor för byggnad A och B. Inom ett avstånd om 5 m från byggnad fås ingen lastreduktion – dessa delar är markerade med röd text. Raslaster som är relevanta för det här exemplet är markerade med grönt.

Byggnad A			Byggnad B		
r [m]	$\eta_{n,A}$ [-]	$q_{n,red}$ [kN/m ²]	r [m]	$\eta_{n,B}$ [-]	$q_{n,red}$ [kN/m ²]
0	1,00	353	0	1,00	1 881
5 ⁻	1,00	353	5 ⁻	1,00	1 881
5 ⁺	0,63	224	5 ⁺	0,71	1 344
6	0,59	208	10	0,56	1 045
7	0,55	195	15	0,45	855
8	0,52	183	20	0,38	723
			25	0,33	627
			30	0,29	553
			32	0,28	528

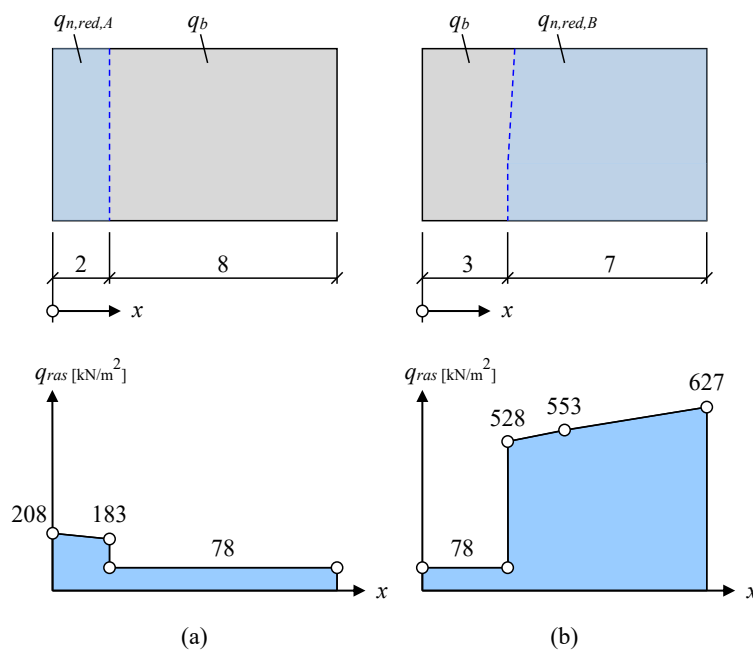


Figur 3.3 Illustration av vilka delar av aktuellt skyddsrum som utsätts för raslast från närliggande byggnader.

Den raslast som verkar mot skyddsrummet i en given punkt bestäms slutligen som

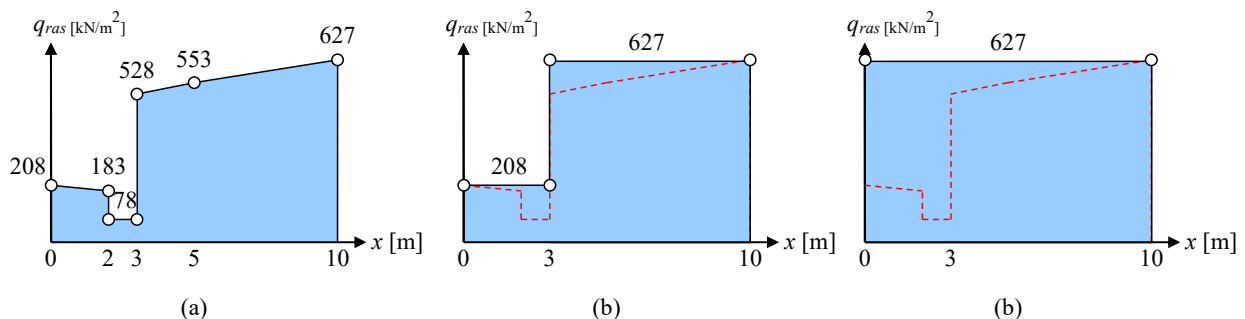
$$q_{ras} = \max(q_b, \eta_n \cdot q_n) \quad (21)$$

Raslast från ovanliggande byggnad, byggnad A samt byggnad B antas kunna verka samtidigt. Dessa raslaster ska dock inte adderas till varandra, istället används det största värdet i en given punkt. Eftersom byggnad A och B befinner sig inom rasavståndet $r_{l,A} = 8$ m respektive $r_{l,B} = 32$ m från skyddsrummet så blir raslast från dessa dimensionerande inom de områden som de verkar. Vidare fås att en raslast $q_{ras} = q_b = 78$ kN/m² verkar inom de områden som ligger bortom $r_{l,A} = 8$ m och $r_{l,B} = 32$ m för raslast från byggnad A respektive byggnad B. Sammantaget kan raslasten beskrivas utgående från de två fall som illustreras i Figur 3.4.



Figur 3.4 Raslast mot skyddsrum med hänsyn till (a) byggnad A och (b) byggnad B.

Sammantaget resulterar dessa två fall i en lastfördelning enligt Figur 3.5a. Det är dock tillåtet att använda enklare lastbeskrivningar än denna, så länge som de angivna lastnivåerna innefattas av den valda lastfördelningen. Exempel på sådana förenklade lastfördelningar ges i Figur 3.5b och c.



Figur 3.5 Exempel på förenklade lastbeskrivningar: (a) minimal lastnivå som måste uppfyllas enligt Figur 3.4, (b) förenkling baserad på maximal raslast för byggnad A respektive byggnad B, (c) förenkling baserad på maximal raslast.