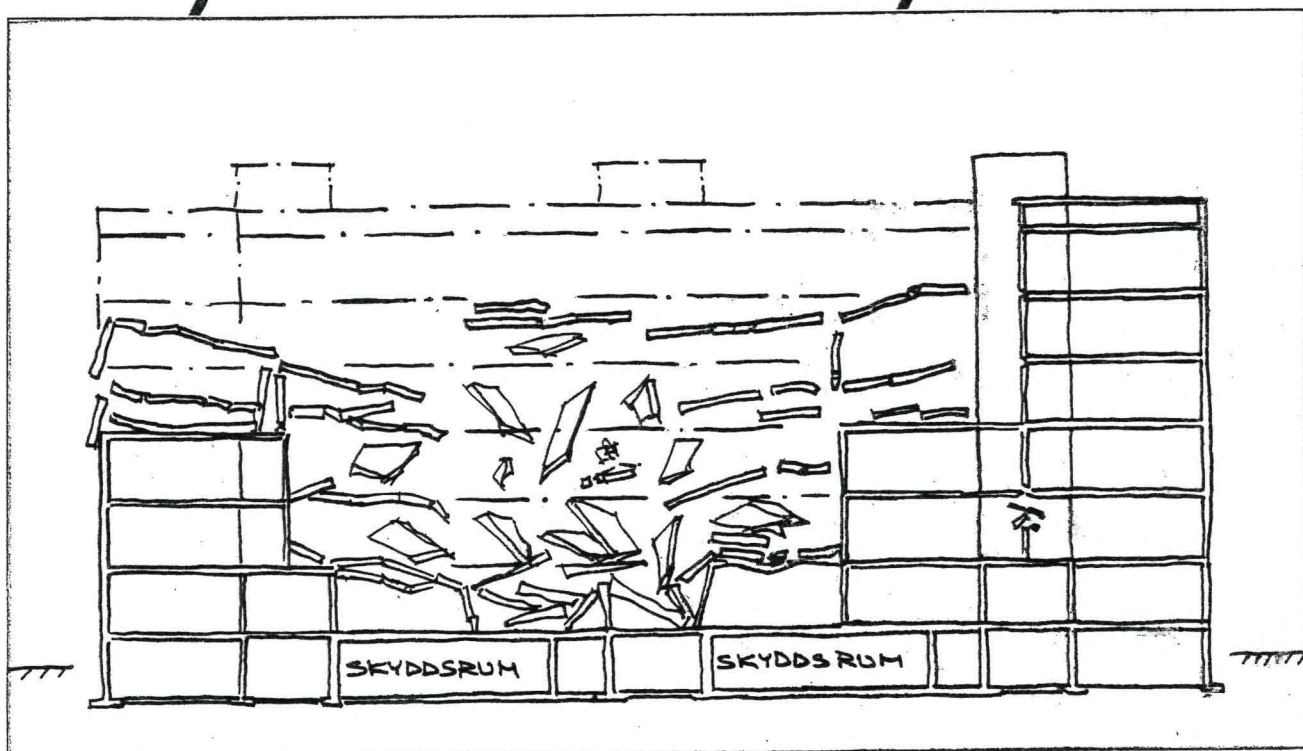


STATENS RÄDDNINGSVÄSK			
DELGES:		Dossie Datorer	Handl.
		1989 -07- 0 6	Föredras
		Projektnummer	Besvarat

RASSTUDIER

Avrapportering och ett förslag till
ny raslastnorm för skyddsrum



RASSTUDIER

**AVRAPPORTERING OCH ETT FÖRSLAG TILL
NY RASLASTNORM FÖR SKYDDSRUM**

Myndigheten för samhällsskydd
och beredskap
Biblioteket

TYRÉNS, Juni 1989

Uno Dellgar, projektansvarig
Lars Andersson, forskare
Philippe Samson
Inger Westling

INNEHÅLL

	Sida
Bakgrund	1
Förslag till ny raslastnorm	2
Motiveringar till förslaget	7
Förslag till fortsatt arbete	11
Tidigare avrapporterade delarbeten	13

BAKGRUND

Arbetet är ett led i en långsiktig studie över byggnaders förmåga att lindra ett ras som orsakas av en primär skada. Studiens huvuduppgift har varit att så noggrannt som möjligt beskriva hur ett byggnadsras påverkar ett skyddsrum och andra skydd.

Under ett tidigare skede har studien givit som resultat en dimensioneringsnorm som inskrivits i Civilförsvarsstyrelsens (nuvarande Räddningsverkets) Tekniska bestämmelser för skyddsrum, TB 78. Arbetet har utförts under ledning av Ove Hedman hos Civilförsvarsstyrelsen. Arbete som utförts av Per Hallgren vid TYRÉNS har betytt mycket för resultatet.

Raslastberäkningen enligt TB 78 ger ingen möjlighet att differentiera raslasten med utgångspunkt från byggnadens egenskaper. När normen skrevs fanns inte några tillräckligt säkra samband framtagna mellan byggnaders raslastdämpande förmåga och raslast mot underlaget.

På senare tid har fortsatta studier skett under ledning av Ove Hedman, Räddningsverket, i en grupp som i huvudsak bestått av: Uno Dellgar, TYRÉNS, Bernt Johansson, Bloms och Håkan Sundquist, BT-Konsult. Medverkan har skett bl a av Lars Andersson, KTH.

De fortsatta studierna har innehållit laboratorieförsök, fullskaleförsök, studier av rivningssprängningar och teoretiska studier.

Här redovisat förslag till ny raslastnorm har i huvudsak framtagits under våren 1989 av Uno Dellgar, Lars Andersson och Philippe Samson vid TYRÉNS, under ledning av Ove Hedman, Räddningsverket.

Här har lämnats ett förslag till en ny, mera differentierad norm för beräkning av raslast på skyddsrum och andra skyddande konstruktioner. På grund av uppgiftens komplexitet kvarstår ändå önskemål om vidare studier för att ytterligare klargöra rasförlopp under olika betingelser och därvid kunna utforma en ytterligare optimerad och ekonomiserad raslastnorm.

FÖRSLAG TILL NY RASLASTNORM

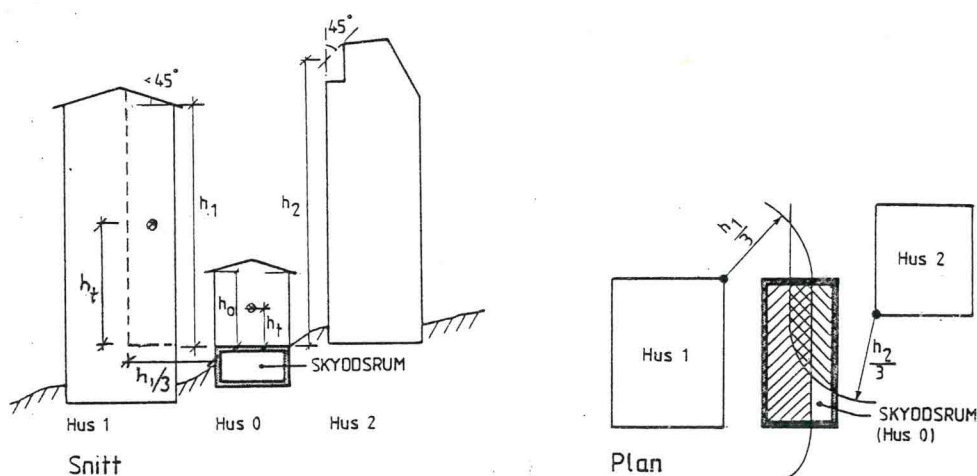
3:XX Raslastkombination

3:XX1 Allmänt

Skyddsrum och förstärkt utrymningsväg skall dimensioneras för den verkan som uppstår om ovanförliggande eller intilliggande byggnad rasar.

Om ovanförliggande eller intilliggande byggnads höjd inte överstiger 6 m räknat från skyddsrumstaketets överkant, respektive utrymningsvägens taköverkant, behöver denna påverkan inte beaktas. Förstärkt utrymningsväg skall dock alltid dimensioneras för en raslast av minst 50 kN/m^2 .

Verkan av ras från intilliggande byggnad skall beaktas intill avståndet $h/3$ från byggnaden. Byggnadshöjden (h) beräknas som hushöjd enligt figur 3:XX1.



Om- råde	raslast q
	q_0 ($q_{0\text{red}}$)
	den största av q_0 och q_1 ($q_{0\text{red}}$ och $q_{1\text{red}}$)
	den största av q_0 och q_2 ($q_{0\text{red}}$ och $q_{2\text{red}}$)
	den största av q_0 , q_1 och q_2 ($q_{0\text{red}}$, $q_{1\text{red}}$ och $q_{2\text{red}}$)

Figur 3:XX1. Bestämning av byggnadshöjd h_i (h_0 , h_1 och h_2 i fig) och raslast q . Raslast från hus 0, 1 och 2 betecknas q_0 , q_1 och q_2 . Värderna inom parentes avser dimensionerande raslast enligt 3:XX3. Figuren visar även hur h_t enligt 3:XX2 bestäms.

Möjlig framtida byggnad enligt detaljplan skall beaktas.

Verkan av ras får beaktas som en ekvivalent statisk raslast med vertikal riktning på skyddsrumstaket respektive utrymningsvägen enligt 3:XX1 - 3:XX4. Raslastkombination utgörs därvid av raslast, last enligt 3:YY (lastkombination vid skyddsrumsdraft) och last enligt Boverkets Nybyggnadsregler med vanliga lastvärden, dock inte vindlast.

Raslast q beräknas enligt reglerna i figur 3:XX1 som det största lastvärdet inom respektive lastyta för inverkan från ovanförliggande och intilliggande byggnader.

3:XX2 Raslast från byggnad

Raslasten q_i från ovanförliggande eller intilliggande byggnad får beräknas som

$$q_i = k * Q * \sqrt{h_t} / A \quad (\text{kN/m}^2)$$

Beteckningar:

- A skyddsrummets area under huskroppen inklusive begränsningsväggar (m^2).
- Q egentyngd (kN) jämte nyttig last hos den del av byggnaden som ligger ovanför arean A. För intilliggande byggnad beräknas kvoten Q/A som medelvärde av tyngd (kN) per m^2 vertikalt projicerad yta för den del av byggnaden som ligger närmare skyddsrummet än $h_i/3$ och ovanför ett horisontalplan i höjd med skyddsrumstaket.
- h_t vertikalt avstånd i meter mellan byggnadens tyngdpunkt (angreppspunkten för Q) och skyddsrumstakets överkant. Tyngdpunkten beräknas för den del av byggnaden som ligger ovanför ett horisontalplan i höjd med skyddsrumstaket.
- k faktor enligt figur 3:XX2.

För hus med jämn massfördelning som normala bostads- och kontorshus får h_t sättas till halva byggnadshöjden.

Nyttig last får reduceras enligt regler i Boverkets Nybyggnadsregler för lastkombination vid lastnedräkning.

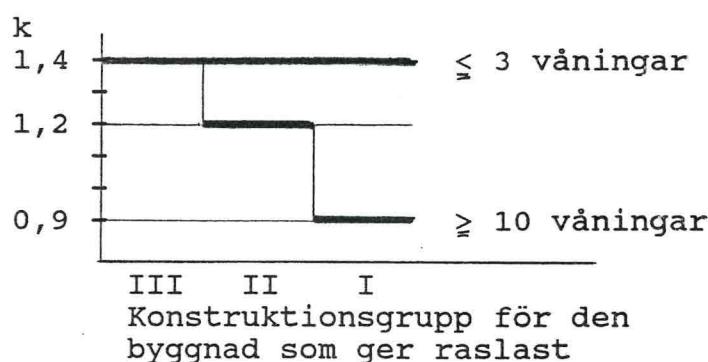
Om uppgifter saknas om intilliggande byggnad får

raslasten beräknas som

$$q_i = 3,0 * \sqrt{h_i^3} \quad (\text{kN/m}^2)$$

Beteckningar:

h_i den största byggnadshöjden i meter hos befintlig eller planerad intilliggande byggnad, beräknad enligt figur 3:XX1. Byggnadshöjden h_i räknas från skyddsrumstakets överkant.



Figur 3:XX2. Bestämning av faktor k för raslastberäkning.

Rätlinjig interpolation är tillåten för våningsantal vid bestämning av k . Våningsantalet avser antalet över skyddsrumstaket respektive utrymningsvägens tak.

Bestämning av konstruktionsgrupp:

- I. Kraven på bärförmåga verifieras enligt samma principer som vid olyckslast och fortskridande ras enligt Boverkets Nybyggnadsregler.

Sammanhållning inom bjälklag och bärande väggar skall motsvara en dragkraft minst 40 kN/m i två vinkelräta riktningar. Om minsta spännvidd i meter, multiplicerad med summan av egentyngd och nyttig last per ytenhet i m^2 , multiplicerat med 1,25 är större än 40 kN/m, skall sammanhållningen motsvara detta större värde i minsta spännviddsriktningen. Mellan bjälklag och bärande vägg skall ovanstående kraft kunna överföras som dragkraft såväl genom väggen som genom bjälklaget. Friktion anses i detta sammanhang inte överföra kraft.

Sammanhållning mellan balk och pelare skall vara ovanstående kraft multiplicerad med avståndet mellan pelarna i riktning vinkelrätt

mot balken. För pelare med balk endast från en sida vid randen av en konstruktion får kraften begränsas till den horisontalkraft som ger böjbrott i pelaren.

Sammanhållningen skall vara så deformierbar att ett bjälklag, respektive en balk, skall kunna få en nedböjning i fältmitt som är 15% av spännvidden utan att ovan nämnda kraftöverföring upphör. En enskild infästning skall, utan att ovan nämnda kraftöverföring upphör, kunna tåla en vinkeländring av 90 grader av en bjälklagsdel eller balk. För ingjuten armering i underkant bjälklag av stålsorten Ks 40 anses kravet uppfyllt om förankringen är tillräcklig åt båda håll.

Pelardäck och upplagsanordningar skall vara utformade så att de efter genomstansning eller lokalt brott förmår hänga upp bjälklaget inklusive nyttig last. För pelardäck innebär detta att skjuvarmering av nedbockade överkantstänger fordras och att skjuvarmeringen dimensioneras för hela pelarkraften.

- II Krav på sammanhållande kraft i bjälklag och balkar lika som vid konstruktionsgrupp I. Inga speciella krav på kraftöverföring till väggar och pelare.

Krav på deformerbarhet hälften av kravet i konstruktionsgrupp I.

- III Övriga konstruktioner.

3:XX3 Dimensionerande raslast

För yttervägg och tillhörande grundkonstruktion får raslasten inte reduceras. För bjälklag och invändiga balkar och pelare får raslasten reduceras till q_{red} .

$$q_{red} = q * b / n \quad \text{då } b < n$$

$$q_{red} = q \quad \text{då } b > n$$

Beteckningar:

q raslast enligt 3:XX1 - 3:XX2.

b det minsta avståndet i meter mellan upplagslinjerna hos betraktad bjälklagsdel. Del av upplagslinje som inte är understödd får ha en längd lika med det större av $b/3$ och 1,5 m. För

invändig balk eller pelare sätts b lika med skyddsrummets bredd.

- n antalet medräknade våningar ovan skyddsrumstaket eller utrymningsvägen i byggnad varifrån q härrör. För intilliggande byggnad väljs $n = h_i / 3$.

Reduktion av raslast på bjälklag motiveras av att krafter som byggs upp av rasmassorna överför viss last direkt till stöd.

MOTIVERINGAR TILL FÖRSLAGET

Huvuduppgiften vid framttagande av detta förslag till ny raslastnorm har varit att möjliggöra att byggnaders raslastdämpande förmåga ska kunna tillgodoräknas.

Byggnadskonstruktionernas rasdämpande förmåga redovisas i normförslaget i form av konstruktionsklasser. Ett mera generellt sätt att redovisa vore att sätta raslastkrav (via faktorn k) i relation till sönderbrytningsenergi i kNm/m^2 och våning hos det hus som ger raslast. Detta skulle dock ställa alltför höga kunskapskrav på både konstruktörer och granskande myndigheter och kan leda till äventyrliga tolkningar.

I arbetet har raslast mot skyddsrumstak kunnat bestämmas i ett antal fall. Mest arbete har lagts ned på relativa beräkningar som jämförts med dimensioneringskrav enligt TB 78.

Arbetsmetodiken har varit att först räkna igenom några olika höga byggnader med svag raslastdämpande förmåga helt med förutsättningar som ges av TB 78 och arbeten som låg bakom framttagandet av TB 78. Därefter har byggnadernas energiupptagningsförmåga i våningarna varierats och tillhörande skyddsrum dimensionerats om.

Vid beräkning av ett husras har det förutsatts att raset startar högst upp i huset. Våningarna har sedan fallit på varandra i tur och ordning för att till slut bromsas mot skyddsrumstaket. På vägen ner bromsas raset i viss omfattning av stötförluster och sönderbrytningsenergi.

Vid rasmassornas anslag mot skyddsrumstaket har raset simulerats med ett stråltryck som varat en viss tid. Stråltryckets storlek beror både på rasmassornas densitet och dess hastighet.

Mera utförligt hur beräkningarna utförts och vilka variationer som gjorts redovisas i särskild skrift.

Nedan visas översiktligt något av resultatet och de överväganden som gjorts:

Figur 1 visar sönderbrytningsenergi för fyra bjälklagsexempel beräknat på olika sätt och med olika energiupptagande förmåga. Resultatet ges i relativa termer.

Beräkningsprincip	TB 78	Simulerad verklig bärförmåga Exkl valv- och membranverkan				Simulerad verklig bärförmåga Inkl valv- och membranverkan			
Armeringstyp		Nps	Ks60	Ks40	Ss	Nps	Ks60	Ks40	Ss
		50			26S	50			26S
Bjälklagstyp									
Fyrs.insp 5*5*0,2m (Fiktivt)	1,0	0,6	1,0	1,5	2,2	1,9	3,4	5,4	9,8
Pelardäck (Lycksele)	1,0	0,6	1,2	1,7	2,5	1,1	2,0	3,0	5,0
Enkelsp. (Tensta)	1,0	0,5	0,9	1,3	2,0	1,2	2,1	3,1	5,1
Fyrs.insp (Farsta)	1,0	1,1	1,9	2,8	4,1	2,2	4,2	6,8	12,3

Figur 1. Relativ sönderbrytningsenergi för några bjälklagsexempel.

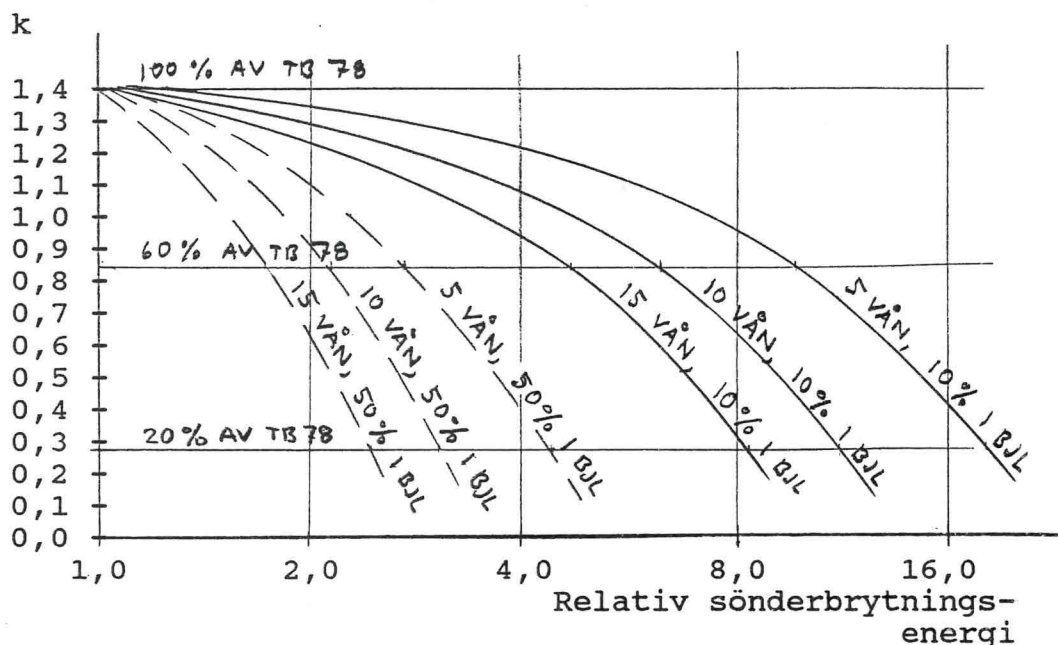
I figur 1 är i spalten för TB 78 bjälklagets bärförmåga beräknad på sätt som anges i TB 78 med armeringens sträckgräns och nedböjningen 10% av korta spännvidden som avgörande parametrar. I de övriga spalterna har plattans motstånd och nedböjning beräknats med datorprogrammen BMOD och UTBR som nyttjar olika mekanismer i bärning under sönderbrytningen.

Figur 2 visar ungefärliga samband mellan faktorn k och bjälklagens sönderbrytningsenergi. Faktorn k ingår i det föreslagna uttrycket för beräkning av raslasten q_1 . Sambanden visas för hushöjderna 5, 10 respektive 15 våningar samt för antagandet om att bjälklagens sönderbrytningsenergi utgör 10%, respektive 50% av total energiåtgång i våningarna.

Resultat från andra delstudier, t ex rivnings-
sprängningen i Kortedala och teoretiska överväganden tyder på att bjälklagens sönderbrytningsenergi kan utgöra omkring 10% av total energiåtgång som också innefattar stötförluster och sönderbrytning av väggar och inredning. I varje fall verkar 10% vara mera rätt än 50%.

Om framtida studier skulle peka på att en större

andel än 10% av total energiåtgång skulle härröra från bjälklagens sönderbrytning skulle det medföra att raslasten för bra raslastdämpande hus skulle bli lägre än vad som anges i detta normförslag.



Figur 2. Samband mellan faktorn k och bjälklagens relativa sönderbrytningsenergi, hushöjd samt sönderbrytningsenergens andel av total energiåtgång för några genomräknade exempel. Sönderbrytningsenergin anges som multipel av vad som ansatts som minimum för raslast enligt TB 78.

Påverkan av initialhastigheter är inte helt utredd. Dock ger preliminära beräkningar resultatet att raslasten ej påverkas nämnvärt vid höga hus men kan höjas väsentligt vid låga hus. Eventuellt kan raslast enligt TB 78 samt enligt detta nya förslag behöva justeras uppåt för låga hus. Detta är dock ej självklart varför noggrannare studier bör göras särskilt för detta. En justering uppåt av raslasten för låga hus skulle innebära en skärpning av kraven i TB 78.

För höga hus innebär detta förslag till ny raslastnorm att kraven lindras för höga hus med god raslastdämpande förmåga. Fortsatta studier får visa om lindringen möjligtvis kan gå längre än vad som gjorts i detta förslag. För låga hus är kraven oförändrade jämfört med TB 78. Dock kan eventuellt kraven komma att behöva skärpas vid låga hus, vilket fortsatta studier får visa.

Rent tekniskt kan hus konstrueras så att raslast ej uppträder annat än mycket lokalt under ett detone-

rande vapen utan att bjälklagen behöver klassas som "fullträffsäkra". Sådana hus bör hanteras separat.

Raskänsliga byggnader med stora sammanhängande enheter (t ex vid stora spännvidder) kan ge större genomslagssannolikhet för delar av ett skyddsrum vid ett ras än vad som förutsatts i detta normförslag. Sådana byggnader förekommer i berydande omfattning, t ex industribyggnader, och borde studeras särskilt.

FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Som framgår av föregående avsnitt har detta förslag till ny raslastnorm utformats med en balanserad nivå i förhållande till tidigare norm och gjorda studier.

Detta normförslag innebär att byggnaders raslast-dämpande förmåga kan utnyttjas vid dimensionering av skyddsrum och andra skydd.

Vissa osäkerheter kvarstår ännu beträffande normens utformning för att för alla byggnadstyper och byggnadshöjder få en dimensionerande raslast som ger en jämn och mycket låg sannolikhet för genomslag. För vissa hus kanske säkerheten inte är tillräckligt hög och för andra kanske rätt säkerhet kan nås även med något lägre dimensioneringskrav.

Nedan förtecknas några områden där fortsatta studier kan ge ett förbättrat underlag för kommande normer. Förteckningen är ej sorterad i angelägenhetsordning:

Fördjupade, främst teoretiska, studier avseende initialhastigheters inverkan på raslast. Studierna bör differentieras med avseende på att en kontaktexplosion kan ge en mindre massa en hög hastighet medan en annan explosion kan ge en större massa en något lägre initialhastighet. Inverkan på normen ska ske i teknisk-statistiska termer.

Studera den fallande rasmassans densitet och utbredning i höjddled. Studera därmed den simulerade påverkan mot skyddsrummet i form av stråltryck, där densitet och varaktighet kan variera mera än i hittills gjorda beräkningar.

Räkna på flera skyddsrumformer och -storlekar samt variera takets förmåga att kunna uppta valv- och membrankrafter.

Studera rasmassans valvande förmåga vid olika betingelser.

Studera noggrannare hur stor andel av den totala energiåtgången som kan hänföras till sönderbrytning av bjälklag och även hur övrig energiåtgång fördelar sig på t ex stötförluster och sönderbrytning av mellanväggar, inredning etc.

Ägna särskilt intresse åt olika former av monterade byggnader som är mycket vanliga.

Ta tillfällen i akt att studera förutsättningar

i full skala. T ex mätningar och höghastighetsfilmning vid rivningssprängningar. Sådana studier har visat sig ge mycket information till låg kostnad. Vissa kompletterande studier kan behöva göras även med fallförsök på byggnader som ska rivas.

TIDIGARE AVRAPPORTERADE DELARBETEN

Särskilda rapporter har producerats för följande delstudier och närliggande arbeten:

Sabotagesprängning i Västtyska ambassaden i Stockholm 1975. Redovisas i rapport T16:1976 från Statens råd för byggnadsforskning. Sune Granström och Martin Carlsson vid TYRÉNS.

Sabotagesprängning i restaurang Fountaineblau, 1982. Redovisas i rapport R86:1984 från Statens råd för byggnadsforskning. Sune Granström, Martin Carlsson och Uno Dellgar vid TYRÉNS.

Sabotagesprängning vid kronofogdemyndigheten i Nacka, 1983. Rapport skriven av Uno Dellgar och P-O Sandberg vid TYRÉNS.

Rasförloppsstudier i Malmberget, fallförsök i maj 1984. Rasstudiegruppen¹.

Rasförloppsstudier i Kortedala, rivnings-sprängning i april 1985. Rasstudiegruppen.

Fallförsök i Piteå i juni 1986. Redovisas i en rapport från examensarbete 1987:007E vid Tekniska Högskolan i Luleå, Avdelningen för stålbyggnad. Rasstudiegruppen.

Rasförloppssudier i Värtan, rivningssprängning i augusti 1986. Uno Dellgar och Inger Westling vid TYRÉNS.

Laboratorieförsök och teoretiska studier utförda av Lars Andersson vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm i samarbete med Rasstudiegruppen. Lars Anderssons doktorsarbete redovisas i Meddelande nr 154, 1988, vid Institutionen för byggnadsstatik.

Arbeten utförda vid FOA av Rickard Forsén. Avser främst initialhastighet hos bortsprängda byggnadsdelar. FOA Rapport C 20747-2.6, febr 1989.

Myndigheten för samhällsskydd
och beredskap
Biblioteket

¹Rasstudiegruppen är den arbetsgrupp som omnämns i avsnittet som beskriver "Bakgrund".