

Upplands Väsby's Undergång: Analys av Konsekvenserna av ett Meteornedslag i ett Befolkat Område

Håkan Andersson (hakan.andersson@radioufs.com) & Anders Sandberg (asa@nada.kth.se)

Introduktion

Vi har valt att studera effekterna av ett medelstort meteoritnedslag i ett tätbefolkat område. Diskussioner om meteoritfaror handlar ofta om långdistans- och globala effekter av större meteoriter snarare än den direkta förödelsen orsakad av ett plötsligt nedslag av en medelstor meteorit (Lewis 1999, Paine 2000). Sannolikheten för sådana nedslag är större och förvarnings- och åtgärds-möjligheterna betydligt mindre. Dessutom blir det möjligt att närmare studera hur samhället reagerar på katastrofen genom mer detaljerade effekter.

Metoden vi använder är att utgående från (Collins et al. 2005) beräkna de olika effekterna på olika avstånd av en meteorit och sedan gå igenom en karta för att se de lokala konsekvenserna. Detta ligger sedan till grunden för ett scenario om konsekvenserna på omgivning och samhälle.

Antaganden

En meteor slår ned i sydöstra Upplands Väsby norr om Stockholm. Platsen valdes godtyckligt för att producera både tätorts- och landsbygdseffekter.

Meteoriten är baserad på asteroid 1997 XR2, en Near Earth Asteroid som för närvarande når upp till 1 på Torinoskalan (Morrison et al. 2004). Asteroiden skulle slå ned med en hastighet av 14 km/s och har en diameter på 230 meter. Massan är 1.7×10^{10} kg, vilket ger den en täthet på 2668 kg/m^3 , vilket motsvarar tämligen tät sten (NASA 2002). Enligt den approximativa beräkningen i (Collins et al. 2005) sker nedslag av denna storleksordning omkring en gång per 11,000 år.

Nedslaget sker i 45 graders vinkel, den troligaste nedslagsvinkeln.

Marken i träffområdet är tätare metamorfa bergarter (eventuell täckande moränjord är försumbar i så pass stora nedslag).

Givet jordens rotation sker nedslaget mer troligt från en östlig riktning; vi antar att meteoren rör sig västsydvästligt på samma sätt som den troliga banan för Kaali meteoriten (Veski et al 2004).

Jordens rörelse kring solen gör nedslag något troligare omkring morgonen (eftersom platsen på marken då befinner sig mitt på den ledande hemisfären). Tidpunkten valdes därför som klockan sex på morgonen plus ett normalfördelat slumpstal med standardavvikelse på 10 timmar. Datum slumpades också fram. Resultatet blev ett nedslag tisdagen den 19 juli 2005 klockan 8:58.

Väderförhållanden togs från samma tidpunkt. Första halvan av juli hade varit varm och torr, men ett par dagar innan hade temperaturerna börjat minska och vissa regnområden passerade.

Den 19e var vädret i området vackert, med morgondimma fram till 8-tiden. Temperaturen låg mellan 19 och 23 grader vid nedslagsplatsen (nattemperatur 14 grader). Vinden var nästan stiltje och östlig fram till middagstiden, då den skiftade till sydlig och ökade i styrka till en svag vind på 3 m/s. Spridda moln vilka samlades till ett svagt regnväder (7mm) mellan klockan 13 och 14.

Dagarna efter nedslaget fortsatte sommarvädret. Den 20 inträffade morgonregn fram till lunchtid och vinden blev en måttlig vind från sydsydväst. Den 21 inträffade mer regn och åska, och skurarna fortsatte fram emot helgen (maximum den 22a med 35 mm regn i Stockholm). Temperaturerna höll sig kring 14-18 grader.

Fysiska effekter av nedslaget

(Collins et al. 2005) sammanfattar data från ett otal modeller till en approximativ modell för meteornedslag och deras konsekvenser. Data kommer från kärnvapentester (Glasstone & Dolan 1975), numeriska simulationer och kända kratrar.

Atmosfäriskt inträde

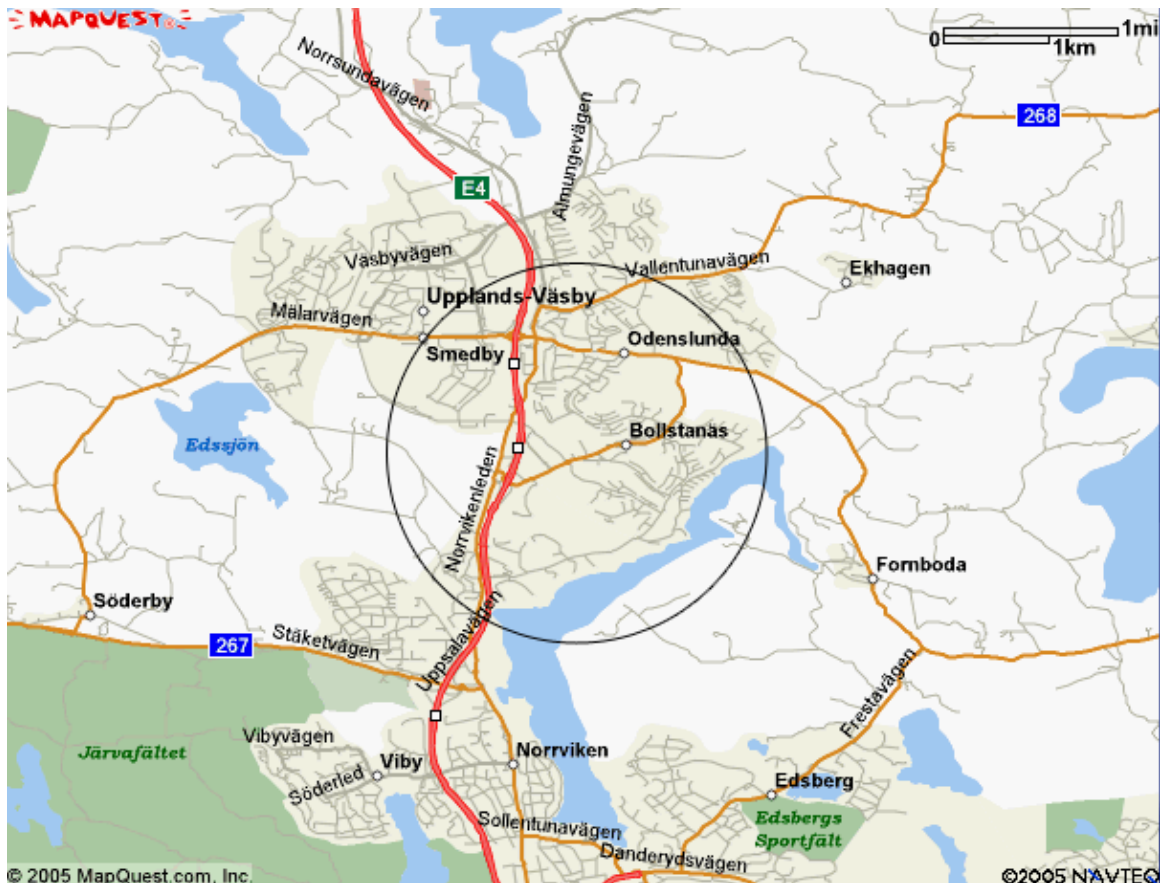
Meteorens energi innan inträdet i atmosfären är 1.67×10^{18} Joules, 398 megaton TNT. Meteoren börjar brytas upp på 54.5 kilometers höjd och når marken sönderbruten. Projektilerna slår ned som en ellips med diametrar 0.907 x 0.642 km.

Hastigheten vid nedslaget har då reducerats från 14 km/s till 12.4 km/s. Den totala energin i nedslaget blir 313 megaton, motsvarande en större vätebomb.

Kraterbildning

Modellen beräknar både en initial kraterstorlek och en slutlig, baserad på analysen i (Melosh & Ivanov 1999). Den initiala kratern uppstår genom att nedslaget och dess chockvåg trycker undan material och skapar en djup skålformig krater. Kort efter nedslaget (sekunder) kollapsar kraterväggarna och fyller skålen med sönderbruten sten (breccia); transporten är till stor del genom akustisk fluidisering (Collins & Melosh 2003) snarare än ett enkelt ras. I större nedslag bildas också smälta genom chock- och friktionsuppvärmning. Sammanflödet av material i mitten kan skapa en central upphöjning eller ring i större ("komplexa") kratrar.

I detta fall bildas en initial krater med diameter 2.73 km och ett djup av 965 meter. Den utvecklas sedan till en enkel krater med diameter 3.13 km och ett djup av 417 meter.



Modellen producerar ett minimalt lager breccia. Däremot smälts omkring 8 miljoner kubikmeter sten, vilket ungefär motsvarar projektilens volym. Ungefär hälften av smältan stannar i kratern, vilket producerar ett halvmeterdjupt lager. Troligen är kratern en övergångsform mellan en enkel och komplex krater.

Med tiden kommer kratern att fyllas med vatten och bli en djup cirkulär sjö omkring 3 kilometer tvärs över. Det är också troligt att den förenas med det som finns kvar av Norrviken; mycket beror på exakt hur berggrund och jordar flyttas av nedslaget.

Eldklot

Nedslagshastigheten ligger precis under den hastighet (omkring 15 km/s) som krävs för att förånga sten. Hade den varit så pass hög hade ett moln av förgasad och joniserad sten expanderat ut från träffpunkten med en starttemperatur över 10,000 K. När eldklotets temperatur minskat under transparenstemperaturen (2000-3000 K för luft) skulle den frigjort det mesta av sin termiska energi som strålning, vilket skulle ha producerat en värmeimpuls (Collins et al. 2005).

I detta fall uppstår inte något verkligt eldklot, men ett moln av finfördelad berggrund, meteorit and förångat vatten expanderar ut från platsen. Effekten är troligen mer lik en vulkanisk plym snarare än ett nukleärt eldklot. Värmestrålningen är förmodligen märkbar men inte så intensiv att den kan antända något.

Seismiska effekter

Den seismiska effekten motsvarar ett jordskalv med magnitud 6.3 Richter placerat nära jordytan. Modellen förutsäger en seismisk intensitet inom 20 km från nedslaget mellan VII-VIII Mercalli:

VIII: Bilister har svårt att styra. Hus som inte är pålade kan flytta sig på grunden. Höga strukturer som torn och skorstenar kan vrida sig och falla. Välbyggda hus tar skada, dåligt byggda strukturer tar allvarlig skada. Trädgrenar bryts. Sluttningar kan glida om marken är våt. Grundvattennivåer kan förändras.

VII: Människor har svårt att stå, bilister känner bilarna skaka. En del möbler går sönder. Lösa tegelstenar lossnar från hus. Skadorna är små till moderata i välbyggda hus, avsevärda i dåligt byggda hus.

Skakningarna anländer inom 4 sekunder (på 20 km avstånd). Bortom 20 km är intensiteten VI-VII:

VI: Alla känner rörelser. Folk har svårt att stå. Objekt faller från hyllor, tavlor från väggarna. Möbler flyttar sig. Gipsväggar kan spricka. Träd och buskar skakar. Mindre skador på dåligt byggda hus.

Bortom 60 km minskar effekten till IV-V (anländer 12 sekunder efter nedslaget):

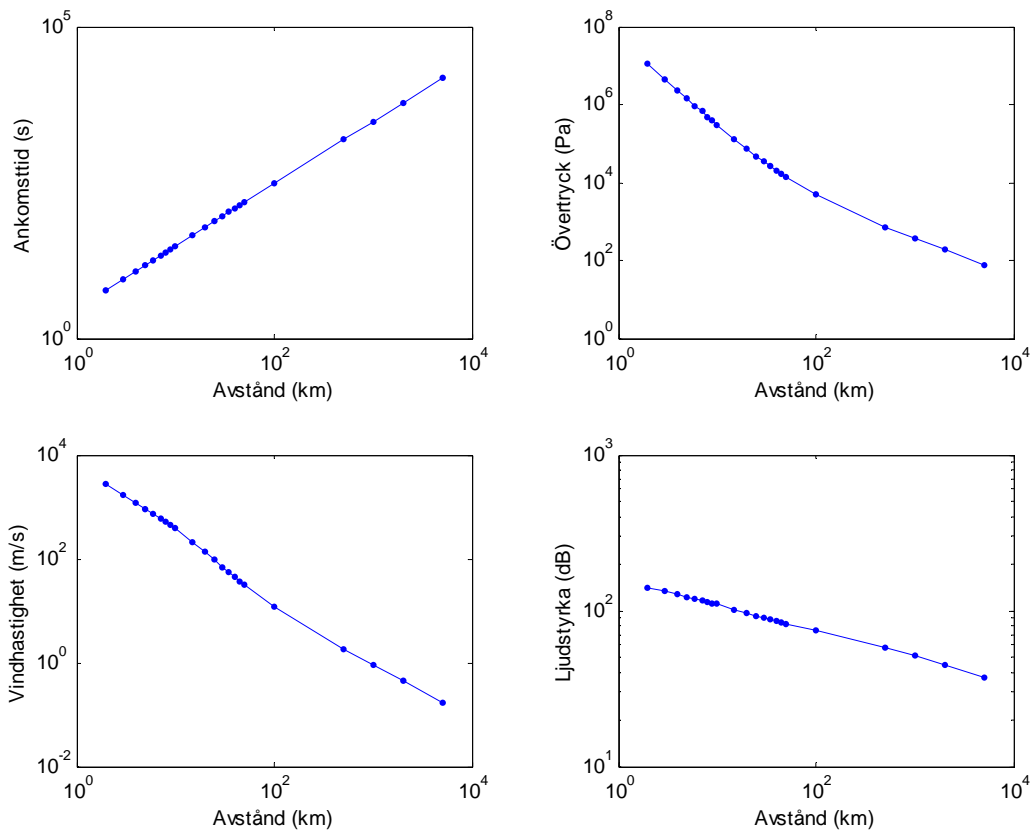
V: Nästan alla känner rörelser. Sovande väcks. Dörrar svänger upp eller stängs. Tallrikar krossas. Tavlor rör sig. Mindre objekt rör sig eller välter. Träd kan skaka. Vätskor kan spillas ut ur öppna behållare.

Här spelar naturligtvis lokala geologiska förhållanden och byggteknik en stor roll.

Likvifiering, där våt sand och lera börjar uppföra sig som en vätska och skapar sättningar, kan tänkas inträffa i vissa områden. Sårbara områden har en grund av relativt unga sediment och högt grundvatten (Green 1999). I Stockholmsområdet gäller det framför allt gamla sjöbottnar. Här ligger bland annat vissa förortscentra (t.ex. Solna, Huddinge) och villaområden i Västerort, men ett annat tänkbart instabilt område kan vara området kring Centralstationen och Nybroviken. Det låga grundvattenståndet efter den torra försommaren i detta scenario reducerar risken något. Även om riskområden inte är bebyggda eller sluttar mycket kan laterala rörelser i marken leda till avbrott i rörledningar vilka är svåra att åtgärda.

Risken för större jordbävning drivna jordskred verkar inte stor givet det relativt tunna jordlagret på de bergiga kullarna i det kuperade Stockholmslandskapet. Här skulle kanhända Stockholmsåsen kunnat bli riskabel om den inte redan i hög grad grävts bort och kapslats in i tätorter längs med sin längd.

Tryckvåg



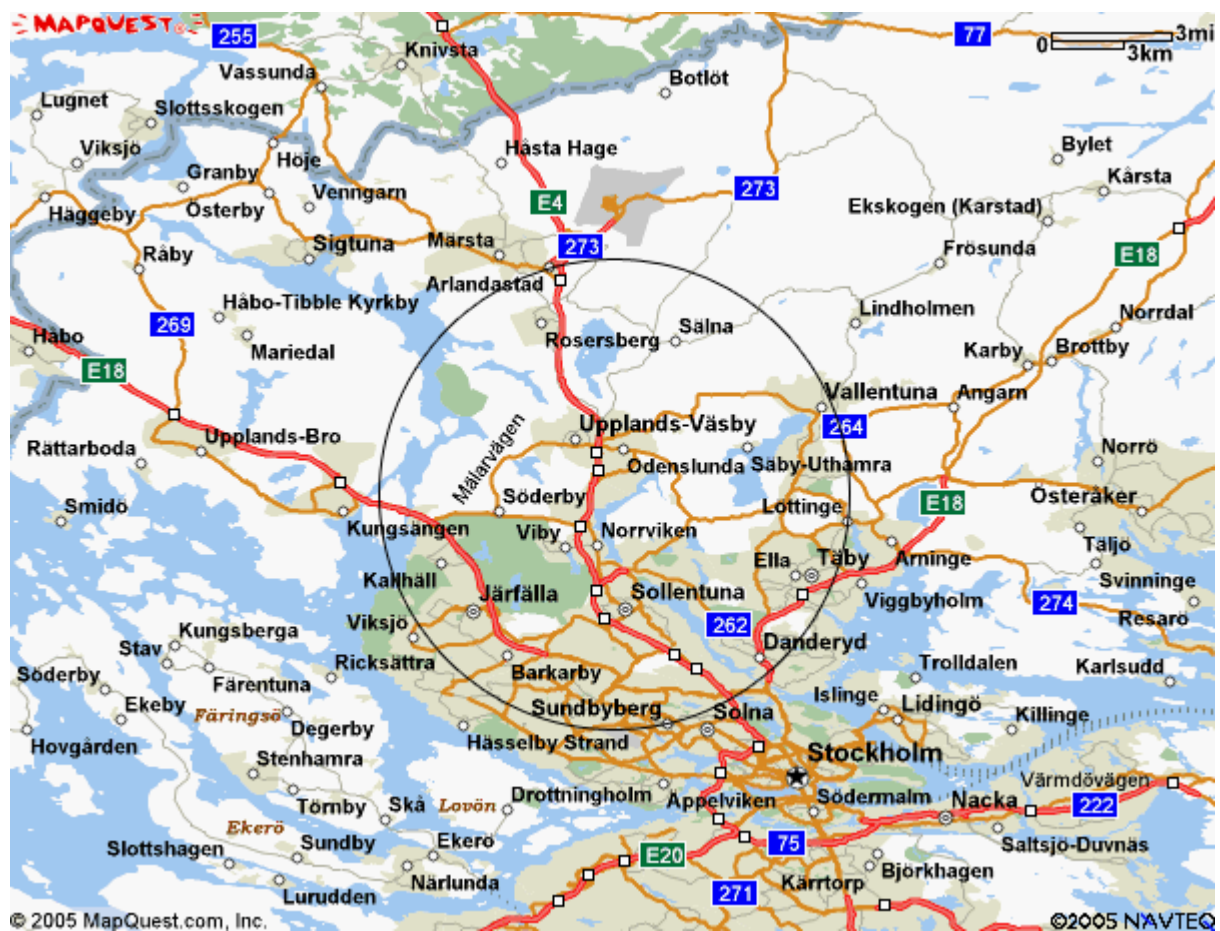
De seismiska effekterna är små i jämförelse med tryckvågen:

Avstånd (km)	Ankomsttid (s)	Övertryck (Pa)	Vindhastighet (m/s)	Ljudintensitet (dB)	Kommentarer/Effekter
2	6.06	1.1e7	2660	141	
3	9.09	4.39e6	1660	133	
4	12.1	2.29e6	1190	127	
5	15.2	1.39e6	912	123	
6	18.2	928000	731	119	
7	21.2	660000	603	116	Total förödelse
8	24.2	493000	508	114	Bilar kastas omkring och förstörs.
9	27.3	382000	435	112	Girder broar kollapsar. Flervånings stålramade kontorshus förvrids och kan kollapsa.
10	30.3	304000	378	110	Bilar kastas omkull och flyttas. Konstruktioner i armerad betong förstörs.
15	45.5	130000	211	102	Truss broar kollapsar.. Många fabriker och kommersiella byggnader förstörs. Trähus och tegelhus förstörs och sprids ut.
20	60.6	72800	135	97	Lättare kommersiella byggnader och bostäder förstörs, stora skador på tyngre konstruktioner.
25	75.8	47300	94	93	Flervånings byggnader med bärande ytterväggar kollapsar. Människor kan dödas av att kastas av vinden.
30	90.9	33700	70	90	Smärtsamt högt ljud Träbyggnader kollapsar. 90% av alla träd blåser ned, resten tappar grenar och löv.
35	106	25500	54.5	88	Skador på tak.
40	121	20300	44.1	86	30% av alla träd blåser omkull.
45	136	16600	36.7	84	Människor skadas av kringflygande skräp.
50	152	14000	31.2	83	Fönster krossas.
100	303	5030	11.6	74	
500	1520	722	1.81	58	
1000	3030	376	0.885	52	Som kraftigt trafikbrus
2000	6060	186	0.438	45	
5000	15200	74	0.174	37	Lätt hörbart; modellen förutsäger en hörbar volym på 25 dB på andra sidan Jorden.

Kommentarerna och skadeuppskattningarna baserade på (Collins et al. 2005) och (Glasstone & Dolan 1975). Skadeuppskattningarna är också troligen en smula pessimistiska, eftersom svenska hus jämfört med amerikanska har tjockare väggar och är byggda på andra sätt. Typhusanalysen i (Lindqvist & Oscarsson 1984) är mer anpassad till svenska förhållanden; resultaten verkar dock vara av ungefär samma storleksordning (se också (FOA 1983)).

Landskapets form och byggnadernas typ spelar stor roll för effekterna. Ett punkthus på en kulle är betydligt mer drabbat än ett lågt hus i en dal. I stadsmiljö kanaliseras trycket längs gator, vilket särskilt leder till skador längs med nordnordvästligt riktade gator som Sveavägen medan tvärgator är mer skyddade.

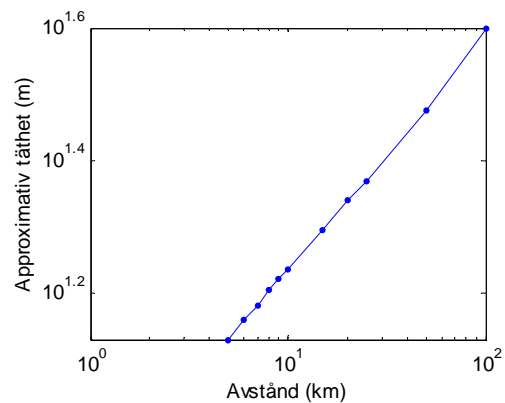
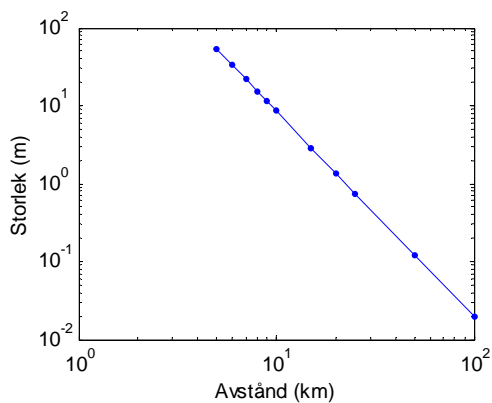
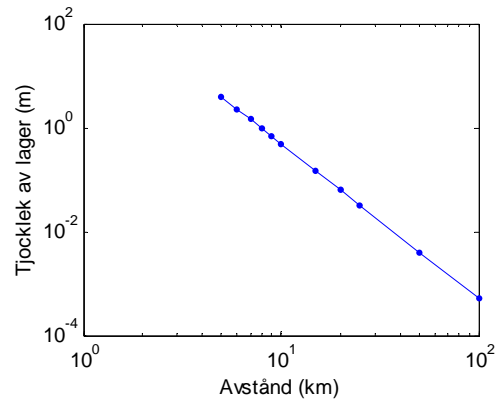
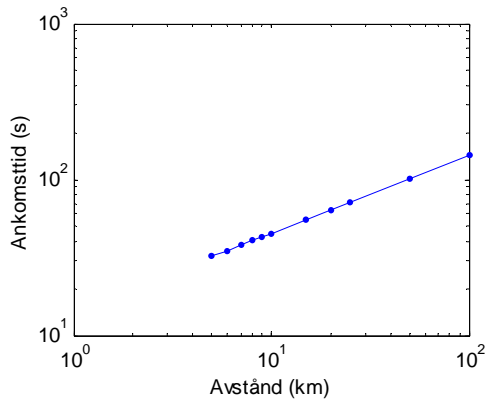
Allmänt är det troligt att skadorna inom en 9 km cirkel från nedslaget är tämligen totala, med lokala undantag.





Skadorna inom en 30 km cirkel är allvarliga, från nära total förstörelse i mitten till effekterna av en orkan i utkanten. Det finns dock stora lokala variationer beroende på landskapets form.

Ejekta



Nedslaget kastar iväg en stor mängd material som tidigare låg i kratern.

Avstånd (km)	Tid till nedslag (s)	Tjocklek på ejektalager (m)	Medelstorlek på ejekta (m)	
<4				Kontinuerligt lager ejekta
5	32	3.96	53.4	
6	35	2.29	33	
7	37.8	1.44	21.9	
8	40.4	0.96	15.4	
9	42.9	0.679	11.3	Splittrade fragment
10	45.2	0.495	8.51	
15	55.4	0.147	2.91	
20	64	0.062	1.36	
25	71.6	0.032	0.75	
50	101	0.004	0.12	
100	144	0.0005	0.02	Fint stoft med enstaka fragment

Tryckvågen anländer före ejekta inom 22 km radie, sedan kommer ejekta först.

Ejekta har en storleksfördelning som följer en power-law ((Shingareva 2002) fann att antalet makrofragment på Phobos var proportionellt mot storleken upphöjt med -5.33). Majoriteten av materialet kommer att existera i form av fint stoft och små fragment som anländer betydligt senare än stora bomber.

En grov uppskattning av avståndet mellan nedfallande större ejekta kan fås genom att anta dividera storleken av ejekta med tjockleken på ejektalagret. Det ger ett avstånd av 17 meter vid 10 km avstånd, 22 meter vid 20 km avstånd och 30 meter vid 50 km avstånd. Effekten är således ett rätt tätt bombardemang av större ejekta över en stor areal. Eftersom ejekta är upphettat av nedslaget och luftfriktion kan fragment antända växtlighet och byggnader långt bort.

Områden där mycket ejekta accumuleras kan drabbas av jordskred senare. Detta är dock av mindre betydelse i den uppländska terrängen.

Lokala vädereffekter

Den direkta vädereffekten består i en plym av uppvärmd luft, ånga och damm som först pekar västerut och sedan böjer av åt norr. Den producerar en mindre mängd askbemängd nederbörd. Den svaga vinden gör dock att det mesta materialet hinner upp i högre luftlager.

Kratern är belagd med smälta som gradvis kyls. Inläckande vatten från Norrviken och senare regn producerar täta ångmoln som ligger kvar i området eller sprids med vinden. Kratern har förmodligen också en "värme-ö effekt" som förändrar regnmönstren de första dagarna/veckorna, men den är svår att uppskatta.

Långsiktigt så bidrar nedslaget med stoft till stratosfären vilket leder till mindre instrålning globalt sett, praktfulla solnedgångar och något sänkta medeltemperaturer. .

Gifter

Den största kemiska miljöeffekten är frisättande av pyrotoxiner från skogsbränder och byggnader.

Berggrunden i Upplands Väsby verkar dock inte innehålla några högre koncentrationer av tungmetaller eller svavel, vilket skulle producera direkta toxiner i molnet. Däremot finfördelades ett antal industrier i området kring Bredden, vilket skulle kunna medföra en miljöfara.

Om meteoriten är svavelbärande kan dock 1.3-2% viktprocent vara svavel (Ross 2001), vilket skulle kunna frisätta hundratusentals ton svavel i atmosfären. Nedfallet från askplymen och vattnet i kratern skulle bli mycket surt.

Nedslaget producerar en större mängd ozon och kväveoxider. Kväveoxiderna kommer att reducera ozonlagret under följande år på norra halvklotet med minst 30% (Turco et al 1982).

Elektromagnetism

Meteoror har vissa elektriska effekter. Plasmaspåret kan fungera som en antenn kopplad till jonosfären, och vittnesrapporter beskriver ibland statisk elektricitet (Pugh et al. 2004). Detta kan förklara hur vittnen hör ljud samtidigt som de ser en detonation i luften: elektriska fält orsakar lokala urladdningar av statisk elektricitet (Price & Blum 1998). Spänningen som uppmättes i (Price & Blum 1998) var av storleksordningen 0.3 volt för meteoror i Leoniderna; frekvensen hade toppar omkring 0.3-1.5 kHz. Givet ett större plasmaspår är det tänkbart att en elektrisk puls kan uppstå vilket stör elektronisk utrustning i omgivningen.

Den elektromagnetiska effekten skalar dock troligen inte som nedslagsenergin, eftersom då skulle de luftdetonationer som sker ett antal gånger varje år orsaka märkbara elektromagnetiska pulser. Detonationen den 18e januari 2000 över Yukon påstås ibland (t.ex. i Wikipedia) ha orsakat en elektromagnetisk puls som slog ut elnätet. (David 2000) framför dock en enklare förklaring: ljusblixten fick gatubelysningen att stänga av och tända sig i ett stort område, vilket överlastade elnätet. Nukleära elektromagnetiska pulser orsakas av gammastrålningsdriven Comptonspridning av elektroner (US Army 1990), vilket överför energi effektivare till det elektromagnetiska fältet.

Därför antar vi att den elektromagnetiska effekten av nedslaget inskränker sig till effekterna av en lång joniserad plasmasvans och spridning av elektriskt laddad stoft. Situationen kan mycket väl producera blixtrar lika vulkaniska blixtrar eller genom friktion inom nedfallande aska. Radiokommunikationer störs och blixtnedslag kan producera elektriska skador. Dessa effekter avklingar eftersom molnet sprids ut.

Effekter på olika platser och strukturer

Händelseförlopp

Norrtälje 8:57:45

Morgonen den 19 Juni har just morgondimman skingrats i Norrtälje. Morgontidiga semestrare äter frukost medan de som arbetar anländer till jobbet. Plötsligt märks ett kraftigt ljussken i nordöst. Det rör sig under några sekunder sydväst över himlen, allt mer ljusstarkt tills det skiner mer än solen. När det når horisonten flamlar det upp och försvinner.

Upplands Väsby 8:58:00

Meteoriten slår ned i ett skogs- och villaområde strax öster om Infra City som en bred massa av glödande klippblock. På mindre än en sekund plöjer massan upp en krater ned till Norrviken och bort till Smedby.

8:58:10

En jordstöt skakar stockholmsområdet. Bilister har svårt att styra, höghus svajar och möbler kastas omkring. I Fysingen och Norrviken utvecklas tsunamivågor, men de passeras av en chockvåg som pressar med sig ytvattnet och allt annat material. Byggnader inom ett par kilometer från nedslaget i Sollentuna och Upplands Väsby pulveriseras fullständigt och begravs av stenmassor.

8:58:30

Chockvågen passerar genom Stockholms norra förorter. Högre byggnader krossas, stålkonstruktioner som Kista Science Tower deformeras kraftigt. Träd kastas iväg. I Upplands Väsby har ett regn av sten börjat falla. På Arlanda välter flygledartornet och flygplan kastas omkring.

8:59:00

Chockvågen passerar genom Stockholm City. Tak och ibland övervåningar på byggnader blåser av. Nordvästligt riktade gator som Sveavägen fungerar som vindtunnlar och låter bråte sopa med sig allt. Många tvärgator klarar sig dock från vinden, men drabbas av nedfallande glas och tak. Ett regn av stora och små glödande stenbumlingar slår samtidigt ned, antändandes vissa hus. I Värtahamnen fattar gasklockor och oljelager eld.

08:59:30

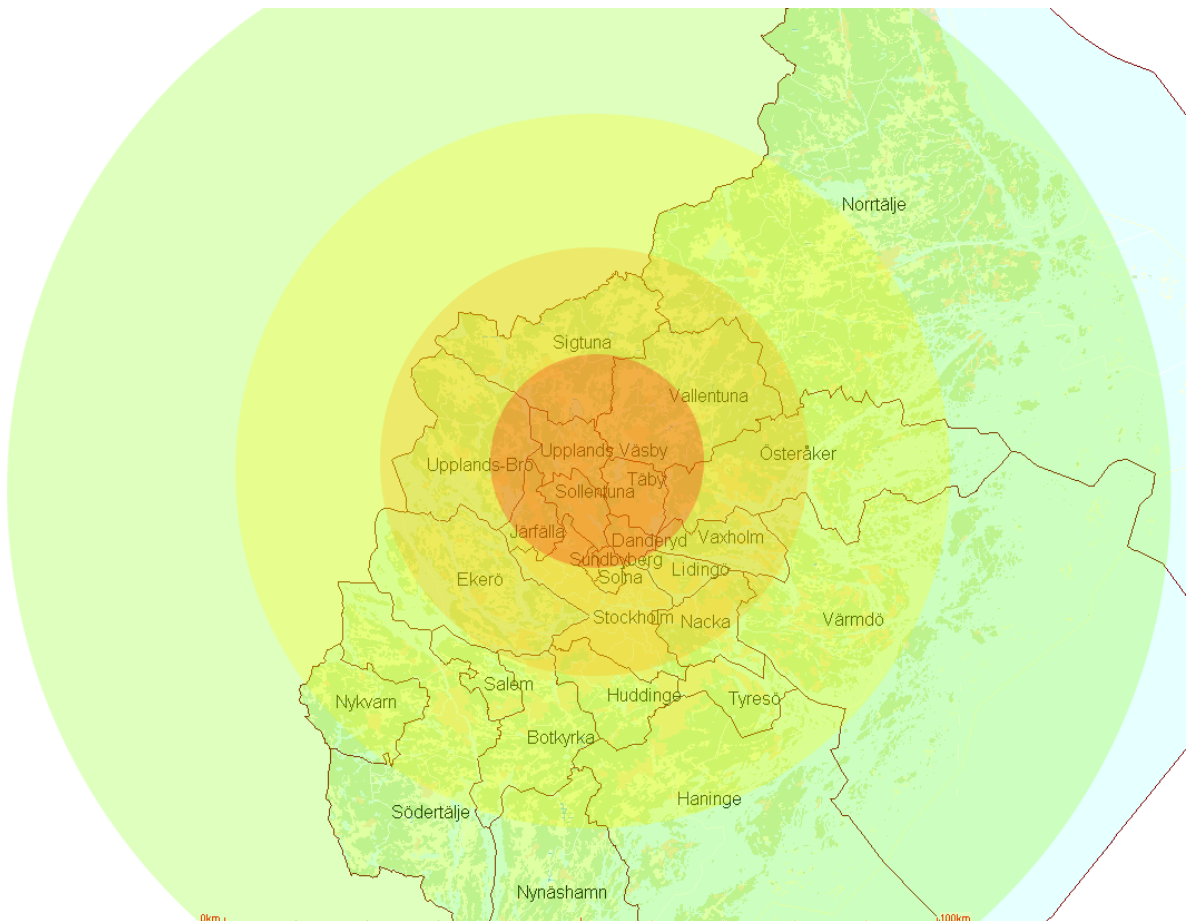
I Uppsala och Södertälje börjar stenregnet innan tryckvågen anländer. När den anländer några sekunder senare krossas fönster och träd välter omkull. I de Uppländska skogarna antänds träd här och var av nedfallet.

09:00:00

Ett svampmoln höjer sig över Upplands Väsby.

Skadade

Den huvudsakliga skadekällan är hus som kollapsar på grund av tryckvågen. (Glasstone & Dolan 1975) beräknar antalet fataliteter till 98% och 2% skadade för övertryck över 12 psi (82 kPa). Detta skulle motsvara omkring 15 km avstånd i detta scenario. 5-12 psi ger 50% fataliteter, 40% skadade och 10% oskadade (inom 30 km radie). 2-5 psi ger 5%, 45%, 50% (50 km) och 1-2 psi 25% skadade, 75% oskadade (omkring 80 km).



Baserat på detta får vi följande grova uppskattning (baserat på att dela in kommuner i de olika zonerna; i kommuner som ligger över en zongräns antas medelvärden):

Zon	Kommun	Befolkning	Effekt
Zon 1: 98% döda, 2% skadade	Upplands väsby	35 919	239330 döda
	Sollentuna	58 897	4884 skadade
	Täby	57 834	
	Järfälla	61 564	
	Danderyd	30 107	
		244 214	
Zon 1 & 2	Sigtuna	6 050	107 350 dödade
	Vallentuna	24 755	30 464 skadade
	Solna	59 098	7253 oskadda
	Sundbyberg	33 816	
	Upplandsbro	21 348	
		145 067	
Zon 2: 50% döda, 40%skadade, 10% oskadda	Vaxholm	10 026	655 213 döda
	Lidingö	41 407	524 170 skadade
	Stockholm	1 212 196	131 043 oskadda
	Ekerö	9931	
	Österåker	36 867	
		1 310 427	
Zon 2 & 3	Nacka	79 499	45 974 döda
	Huddinge	87 681	71 052 skadade

		167 180	50 154 oskadade
Zon 3: 5% döda, 45% skadade, 50% oskadade	Värmdö Tyresö Haninge Botkyrka Salem Södertälje Nykvarn	34 029 40 605 71 355 75 830 14 127 59 342 5 969 301 257	15 063 döda 135 566 skadade 150 629 oskadade
Zon 4: 25% skadade, 75% oskadade	Norrtälje Nynäshamn	16 189 12 983 29 172	7293 skadade 21879 oskadade
		2 197 317	1 062 930 döda 773 429 skadade 360 958 oskadade.

Därtill tillkommer naturligtvis offer utanför länet, framför allt Uppsala (i Zon 3, med 6500 döda och 58 500 skadade).

En annan skadekälla mer unik för meteornedslag är ejekta. Inom 10-20 km från nedslaget skapar stora block allvarlig lokal förödelse (i princip sekundära små meteornedslag). Även på 50 km avstånd kan större fragment vara dödliga, och närmare nedslaget faller stora bomber relativt tätt. Det är dock svårt att bedöma risken. En enkel approximation är att anta att sannolikheten för att träffas utomhus är lika med ejektastorleken dividerad med medelavståndet, dvs. (givet den mycket approximativa uppskattningen ovan) medeldjupet av ejekta. Det leder till att inom 8 km från nedslaget träffas i stort sett alla, på 10 km avstånd är det 50% risk, 15 km 15% risk, 20 km 6% och 50 km 0.4%. Detta värde ska förmodligen multipliceras med en proportionalitetskonstant $\ll 1$ på grund av att de flesta ejekta är små och bromsas av atmosfären. Följaktligen bidrar ejekta till skadorna, men den totala effekten är troligen mindre än tryckvågen i de områden där ejekta är verkligt dödliga.

Bränder skapade av ejekta är troligen en signifikant skadekälla, men långt under det nukleära scenariot i (Glasstone & Dolan 1975). Helt förstörda byggnader är en mindre brandfara än delvis förstörda. Baserat på (Glasstone & Dolan 1975) är det plausibelt att anta att omkring 1-5% av byggnaderna inom 30 km antänds, medan de svårt skadade områdena inom 10 km inte är lika drabbade. Eld kan sprida sig när byggnader ligger närmare än 15 m, vilket skulle producera eldsvådor som på 24 timmar förstör ungefär hälften av byggnader i tätorter. Dock antar detta att inga åtgärder utförs lokalt.

Skogsbränder är dock troliga, särskilt givet det antagna sommarvädret. Regnen som kommer några dagar efter nedslaget borde bromsa deras utveckling och göra skadorna lokala. De kan dock störa räddningsarbetet.

(Lindqvist & Oscarsson 1984) har en kalkyl för antalet psykologiskt utslagna i en katastrofsituation som förutsäger att ungefär 30% så många som dödats/skadats svårt av de överlevande blir utslagna. Givet diskussionen nedan om panik är detta troligen pessimistiskt

räknat, men under det tidiga katastrofskedet kommer ändå många att vara desorienterade och ha svårt att sätta sig i säkerhet effektivt. Framför allt gäller detta att lämna ramponerade byggnader och bränder.

Omkring 73,000 turister befinner sig i katastrofområdet, varav 50,000 i Stockholms stad (Turistdelegationen 2005). 18% är utländska turister, vilket innebär att framför allt Tyskland, USA, Storbritannien, Norge, Italien, Finland, Danmark, Japan, Frankrike och Ryssland kommer att ha medborgare som drabbas. Om utvecklingen liknar den vid den sydostasiatiska tsunamin är det troligt att framför allt dessa länder kommer att sända signifikant hjälp utöver den normala, eftersom medborgare hamnat i fara eller hemmavarande medborgare har band till Sverige.

Framkomlighet

Studier av byggnadsras pekar på att framkomligheten kan bli allvarligt störd men kunskapen om exakt hur rasmassorna uppför sig vid denna sorts stads-vida katastrofer är tämligen teoretisk. Information från jordbävningar är av mindre hjälp, eftersom bebyggelsen i jordbävningsskadede områden dels skiljer sig från den svenska och genom att skakande grund har andra stabilitetseffekter än en tryckvåg (Broberg 1988).

Nedfall och ejetta blockerar de flesta större vägar i norra Stockholm. E4 är helt förstörd upp till Knivstatrakten. E18 är också drabbad men kan troligen göras framkomlig åtminstone fram till Kungsängen. Söder om staden är situationen bättre, men nedfallna träd blockerar många vägar. Eftersom tryckvågen verkar radiellt är framför allt öst-västliga vägvägsnitt söder om Stockholm drabbade. Detsamma gäller järnvägarna. Stambanan är bruten och Inlandsbanan får stor betydelse.

Flyget drabbas hårt. Arlanda och Bromma är helt ur funktion på grund av skador på flygledartorn, hangarer, flygplan och ejetta på landningsbanorna. Skavsta i Nyköping är troligen i funktion och får en viktig roll.

Människor kommer att försöka ta sig ut ur området själva. Eftersom vägarna är till stor del blockerade rör de sig till fots. I vissa områden hindrar skadade broar och vattensamlingar utvandringen och kan tvinga in stora grupper på liten plats. Sådana platser är naturliga riskpunkter för panik. Särskilt området mellan nedslagspunkten och centrala Stockholm är här klämt och isolerat, medan de södra förorterna har betydligt enklare rörelsemöjligheter. Båtar blir viktiga för överfärjning av evakuerade.

Båttransporter fungerar i de områden där inte flytande träd blockerar ytan. Eftersom de kan nå djupt in i katastrofområdets kärna både från öst och väst kommer de att bli viktiga för djupa insatser.

En rimlig uppdelning är att katastrofinsatser kanaliseras genom Uppsala, Norrtälje, Södertälje och Enköping in mot Stockholm. Även Mariefhamn kan få betydelse genom sin flygplats och sina båttransporter.

Huddinge sjukhus är troligen relativt oskadat, bortsett från krossade fönster och enstaka ejetta-träffar. Förmodligen är det närmsta storsjukhus som kan fungera väl i denna katastrof och blir en lokal ledningscentral.

Civildförsvaret drabbas av att dels Rosersberg, dels Kungsängen drabbas svårt. Enköping, med Upplands regemente, är dock relativt oskadat.

Elektricitet

Nedslaget förstör omgående de kraftledningar som leder in till Stockholm norrifrån, både 220 kV ledningarna från Uppsala och 400 kV ledningarna från Forsmark. Visserligen är de omgivna av skogsgator, men de passerar nära nedslagsplatsen och tryckvågen är kapabel att kasta både träd och grenar mot dem över en lång sträcka.

Skadan destabiliserar Svenska stamnätet till viss del. Bortfallet av effektanvändning i Uppland och skadorna på kommunikationerna har också en destabiliserande effekt. Kärkraftverk kan reagera på effektförluster med snabbstopp. Elavbrott kan således inträffa i en större region och sprida sig.

Kommunikationer

I likhet med stormen Gudrun blåser träd ned över ledningar och utrustning för el och kommunikation. Master, stationsbyggnader och utrustning blåser sönder. Även där skadorna inte är direkta försvinner kommunikationen på grund av elbrist: även om mobiltelefonen har batteri har inte masten det. Alla telestationer har reservelskapacitet, antingen batterier 2-8 timmar efter elbortfall eller automatstarande reservelverk. Mindre stationer kan ha elverk vilka kräver manuell start, vilket inte är möjligt på många ställen. Andra drivs med diesel och kan behöva tankas två gånger per dygn – vilket ger problem vid en långvarig och utbredd situation (Post & Telestyrelsen 2005).

Teleoperatörerna har en del mobil reservelverk, men dessa kräver transporter.

Strömavbrott och ledningsbrott isolerar de centrala svenska internetserverna: även om serverna har reservkraft och skydd kan de inte nås. Detta destabiliserar datakommunikationerna inom Sverige.

Svenska media är koncentrerade till Stockholm. De fyra större dagstidningarna och mycket av radio/tv är koncentrerade till Stockholm. Det finns dock andra medier utanför katastrofområdet som kan ta upp informationsdistributionen, både tidningar och etermedier.

Fjärrvärme

Sättningar i jorden på grund av jordskalvet och åverkan på byggnader kommer troligen att skada fjärrvärmenätet i norra Stockholm. Detsamma gäller gasledningar, vilka kan tänkas åstadkomma bränder här och var. Problemen är dock mindre p.g.a. sommarvärmen.

Effekter på individer, samhälle och omvärld

Samhällskonsekvenser av meteoritnedslag har inte studerats speciellt väl (Chapman et al. 2001). (Chapman 2003) diskuterar möjligheterna att nära missar av stofhaltiga kometer skadar satelliter, att nedslag skapar kommunikations- och kraftöverföringsproblem och att de riskerar att utlösa konflikter i regioner med spända relationer. Han föreslår också en risk för en politisk "svekdebatt" från allmänhet som anser att givet nuvarande NEO sökningar och åtgärdsfunderingar borde de ansvariga avvärjt hotet.

Effekterna kan dock bedömmas i ljuset av samhälle och individers reaktioner på andra sorters katastrofer. Nedan tar vi upp troliga kortsiktiga, medellånga och långsiktiga konsekvenser för olika grupper och system.

Psykosociala effekter, drabbade i området

Kort sikt

Är masspanik troligt? Enligt (Clarke 2003) är panik ovanligt, även i verkligt katastrofala situationer. Människor handlar i rädsla, men överreagerar i allmänhet inte eller skadar andra för att garantera sin trygghet. Panik är inte heller något smittsamt fenomen som lätt sprider sig. Panik kan istället ses som en social konstruktion som till stor del lägger skuld på de drabbade och motiverar överdrivna försäkringar om trygghet från auktoritetspersoner.

Detta stöds av (Quarantelli 2001) och (Jones et al. 2006). Den senare artikeln studerar den engelska allmänhetens reaktion på de tyska bombningarna under andra världskriget och jämför den med effekterna av september 11 bombningarna. Den påpekar att fall av panik oftast skett i brinnande strukturer utan klara utgångar eller en folkmassa rusar in i ett begränsat utrymme. Civilbefolkningen visade sig mer hårdig än planerare antog, främst genom att de undervärderade dess anpassningsbarhet och uppfinningsrikedom.

Det är därför troligt att man ser en hög gruppsammanhållning inom katastrofområdet, där det dock råder allvarlig brist på folk och verktyg.

Enligt (Jones et al. 2006) spelade möjligheten att förbereda sig mentalt innan attackerna en stor roll för motståndskraften hos civilbefolkningen. Här har meteoritnedslaget värre moraleffekter eftersom det sker helt oväntat. Den överväldigande spridningen av förödelse (istället för isolerade foci) kan också underminera moralen. Framför allt är det viktigt hur snabbt hjälpen anländer och hur information sprids; om den anländer inom 36 timmar minskas inte moralen lika mycket som en (uppfattat) långsam räddningsinsats.

Medellång sikt

Civilbefolkningens förmåga att bidra effektivt i katastrofer bör inte undervärderas. Altruism och sociala normer försvinner inte även i snabba utrymningar eller hos rädda grupper i den utsträckning panikmyten hävdar (Clarke 2003, Glass & Schoch-Spana 2002). Myndigheter ser ofta en kommando/kontroll-modell av katastrofhantering som den enda möjliga, men spontana ordningar hos de drabbade är ofta adaptiva och fungerar även utan officiell information eller sanktion. Majoriteten av människor räddade i katastrofer har räddats av ickeprofessionella i den direkta närheten (Glass & Schoch-Spana 2002).

Detta är extra viktigt i detta scenario, eftersom nedslaget producerar skador långt bortom något katastrofhanteringskydd, och även större samordning blir omöjligt i katastrofområdet.

Sjukhus tenderar att fungera efter en "just-in-time" princip med minsta möjliga mängd oanvända resurser och har därför ofta svårt att hantera ett plötsligt inflöde av patienter (O'Toole 2001). Även en i jämförelse med meteoren mycket begränsad explosion som Madridbombningarna skulle troligen inte kunna hanteras av Stockholms läns sjukvård och förvaltning [CMP Madridbomningspappret]. Eftersom dessutom Landstingets krisledning är tämligen centraliserad till en ledningscentral blir koordinering av kvarvande resurser obefintlig.

Tacksamhet för mottagen hjälp blandas ut med frustration när tiden går. Under den medellånga fasen börjar den ursprungliga samarbetsviljan undermineras av frustration och utmattning, särskilt om hjälp eller uttransport uppfattas som att den anländer långsamt.

Lång sikt

Leder katastrofer till mentala störningar hos de överlevande? Enligt (Jones et al. 2006) är effekterna förvånansvärt små, med tillfälliga öknningar i psykosomatiska sjukdomar, neurotiska symptom, PTSD och depression som dock försvinner inom några veckor. Vissa sårbara blir långvarigt drabbade men majoriteten hämtar sig. Dock minskar moral och resiliens mot nya problem. (Dyregrov 2002) har en mer pessimistisk syn och menar att en relativt stor andel av de överlevande kommer att drabbas av psykosociala besvär som hänför sig till deras upplevelser i katastrofen.

Även om effekterna är ovanliga eller små är en såpass stor grupp drabbade att de kommer att påverka samhället under en lång tid med sina problem, vårdbehov och nedsatta kapacitet.

Psykosociala effekter, samhället i övrigt

Kort sikt

Den första reaktionen på nyheten om katastrofen är en överklighetskänsla, därefter chockreaktioner utspridda i tiden beroende på individer (Dyregrov 2002). Många avvaktar utvecklingen och försöker kontakta anhöriga i katastrofområdet (vilket ytterligare belastar kommunikationssystemen).

Medellång sikt

Man inser att det rör sig om en närliggande katastrof som har eller kan ha drabbat anhöriga. I likhet med Estoniakatstrofen har många varit på den drabbade platsen, har anhöriga som är/har varit där och kan lätt föreställa sig sig själv eller dem som drabbade. Oro för anhöriga blir en starkt drivande kraft i krav på myndigheter.

Hjälpviljan kommer att vara väldigt stor, och samhälle och stat måste förmå att kanalisera den. Misslyckad kanalisering leder till frustration och vrede hos allmänheten, som vi sett i efterspelet till sydostasien-tsunamin och orkanen Katrina.

Längre sikt

Det finns ett behov av en förklaring. Förklaringen behöver både vara objektiv och ha ett moraliskt innehåll för att tillfredställa människan. Vetenskapen kan i detta fall ge en rätt klar objektiv förklaring som dock saknar moraliskt innehåll.

Om man jämför med en kärnexplosion så efterlämnar den en varaktig skada i form av radioaktivitet och kan tänkas upprepas genom nya angrepp. Ett meteornedslag har en klar slutpunkt. Det kommer inte att upprepas och skadorna tilltar inte efteråt. Visserligen kvarstår risken, men den är jämnt fördelad över hela jorden och inte högre på den drabbade platsen (vissa kan rentav falla för spelarens misstag och tro att "blixten inte slår ned på samma plats två gånger" och se området som *säkrare*). De drabbade, om de kan få klar information om situationen, kan lättare få lugnande fakta-svar på frågor om "varför?", "varför just jag?", "vad händer nu?" och "hur ska det sluta?" även om svaren kanske inte ger något fundamentalt känslomässigt stöd.

Såväl en religiös nytändning som en ökning av ateism kan vara rimliga reaktioner för att möta de känslomässiga behoven.

Utkrävande av ansvar. Katastrofen var objektivt omöjlig att förutse, fokus kommer snarare att ligga på senare åtgärder. Framför allt kommer dessa åtgärders lämplighet och effektivitet att skärskådas. Är de inte tillräckliga eller finns det ofokuserade vredeskänslor (eftersom orsaken ligger utanför mänsklig påverkan) kommer detta på sikt att få kraftiga politiska konsekvenser genom att man söker efter syndabocker. Omvänt kommer hjältar att utses för att möta människans mytiska behov och för att ge samhället en känsla av trygghet (Bryant 2005) .

Det finns en utbredd vilja att säkra sig mot upprepning av katastrofen, oaktat den faktiska låga statistiska risken. Som (Chapman 2003) påpekar är det troligt att ett starkt intresse för att detektera och avvärja andra NEOs väcks för en lång tid framöver. Just genom att nedslagsplatsen kunde ha varit var som helst (och de ekonomiska effekterna är kännbara globalt) är detta också ett internationellt intresse.

Mediala effekter

Kort sikt

Strypning av nyhetsflödet. Så gott som alla riksredaktioner för radio, tv och dagstidningar med nationell cirkulation ligger i Stockholmsområdet. Inga lokala nyhetsredaktioner kommer inledningsvis ha folk på plats.

Fragmentering av nyhetsflödet. Vissa lokalredaktioner för radio och tv kommer att fungera. Tidningarna kommer sannolikt att vara helt utslagna under någon vecka eller två, tills någon lokalredaktion lyckas samordna övriga redaktioner och kvarvarande tryckerier. Möjligen försöker någon av de stora lokaltidningarna (göteborgsposten, t ex) att uppnå nationell cirkulation.

Störningarna i kommunikationerna stimulerar till spekulationer utanför Sverige.

Medellång sikt

Det mesta av medias utrymme kommer i inledningsskedet att tas upp av regeringskommunikéer och ren samhällsinformation p.g.a informationsbristen. Listning av döda och saknade kommer också att vara prioriterat om än svåruppnåeligt.

Spekulationer kring orsak och ansvar kommer sannolikt att uppta mycket mediautrymme därefter. Vilken inriktning och återverkan på samhället i stort en sådan rapportering skulle få är omöjligt att spå om. Om man iakttar tsunamikatastrofen, en händelse för vilken ingen kan skyllas men där agerandet efteråt fick desto större betydelse, ser man några huvuddrag. Ansvarsfördelning och en heltäckande bild av vad som skett blir huvudfrågor för media. Om vi istället betraktar Estonias haveri, så ser vi att ansvaret inte automatiskt behöver stanna på politiska beslutsfattare. Här intog fartygschefen och rederiet nyckelroller. Det är emellertid svårt att tänka sig en liknande ansvarsbegränsning i ifrågavarande fall. Den politiska makten kommer med stor säkerhet att skärskådas, men samtidigt är hela samhället skakat i grunden, vilket viss forskning utvisar kan utlösa starka solidaritetskänslor (Bryant 2005).

Att sprida ”spin” som information – en riskundvikande approach som försöker undvika potentiella negativa politiska konsekvenser genom att undvika full och komplett beskrivning av vad som sker – leder lätt till att allmänhetens förtroende försvagas (Schwartz 2001). Dålig informationsspridning kan lätt föda konspirationstänkande. Var det verkligen en meteor och inte ett terroristkärnvapen? Varför var räddningsinsatserna så långsamma/små/selektiva? Enskilda beslut från myndigheter och enskilda om hur de informerar kommer på sikt att få stor betydelse för hur kritisk synen blir på insatserna.

Statens reaktion

Kort sikt

Med tanke på angiven tidpunkt, semestertider och att riksmötet slutat, kommer landets politiska ledning troligen att klara sig bättre än vad som annars vore fallet. Problemet är snarare hur snabbt regeringen kan formera sig med så stor del av dess kritiska infrastruktur i ruiner. Det troligaste är att inom loppet av ett par timmar har nyckelpersoner hittats, ytterligare några timmar kommer att löpa innan de transporterats till lämplig plats för att samarbeta.

Utlokaliseringen av statliga myndigheter från Stockholm som skett under senare år är en viktig faktor. Särskilt i Karlstad har både civila och militära beredskapsmyndigheter som FMV, pliktverket och räddningsverket omfattande verksamhet. I detta fall antar vi att regeringen väljer att omgruppera till en oskadd stad, t ex Karlstad, för att därifrån kunna överblicka läget.

Informationsbristen kommer inledningsvis att vara total. En kärnvapendetonation ser ut att vara den troligaste orsaken till det inträffade. Detta kan på kort sikt hindra att personal sänds in i katastrofområdet, men då frånvaron av strålning och elektromagnetisk puls konstateras tvingas kärnvapenteorin att stå tillbaka (troligen efter några timmar/någon dag, beroende på hur snabbt informationen sprider sig uppåt i organisationen).

Mycket hänger på vilka beslut som fattas tidigt rörande krisledning. Om regeringen söker upprätthålla detaljkontroll över röjnings- och räddningsarbetet, finns risken att den drabbas av överbelastning av såväl information som arbetsuppgifter. Omfattande delegation till centrala och lokala räddningsenheter framstår som ett tänkbart val. Regeringen skulle då fatta

principbeslut om räddningsarbetets art och omfattning, samt agera samordnande rörande internationellt bistånd.

Medellång sikt

Krisen omfattar inte bara Stockholm, utan i viss mån hela landet. Regeringen behöver trygga varuförsörjningen för övriga landet, även när dess ekonomiska och infrastrukturella centrum slagits ut. Ransonering och andra planekonomiska krisåtgärder verkar sannolika.

Lång sikt

Sverige behöver återuppbyggas. Detta är i och för sig en uppgift för hela samhället, men staten kommer med största säkerhet att ta på sig ledarrollen för ett sådant företag. I en sådan återuppbyggnadsprocess kommer avgörande frågor och val att komma upp. Är vi på väg tillbaka mot det Sverige som en gång var, eller bygger vi upp ett nytt land och fokuserar på framtiden?

Omvärldens reaktion

Kort sikt

Overklighetskänsla och förvåning sannolika reaktioner. Katastrofens omfattning inses snabbt när satellitfoton, flygobservationer och radarobservationer av meteoritens bana blir tillgängliga.

Hjälpresurser tillgängliga främst från de nordiska länderna, Baltikum och Tyskland när situationen börjar klarna. Behoven tillgodoses sannolikt främst genom sjöleveranser, vilka kommer efter ett par dagar men i gengäld kan föras mycket längre in i katastrofområdet.

Medellång sikt

EU och USA kan lämna bistånd. Biståndets natur blir först och främst personal, vårdplatser och tyngre utrustning till räddningsarbetet i stockholmsområdet. Bistånd i pengar, annat än rena nödkrediter får en begränsad betydelse, då den svenska staten kan återfinansiera sig via världsmarknaden, åtminstone för stunden.

Lång sikt

Effekten av en plötslig skada i samhället kan förstärkas kraftigt (i sociala, ekonomiska och politiska termer) genom samhällets reaktioner. Överreaktioner, restriktioner av resor, ransonering och hamstring, reducerad riskvillighet etc. kan ha långvariga effekter som påverkar globalt även om skadan är lokal (Chapman 2003).

Högteknologisk och globalt viktig industri måste återuppbyggas. En hel del nyckelpersoner inom olika globala företag och organisationer måste ersättas. Internationellt bistånd kan påräknas i hög grad, särskilt från förut nämnda parter. Sverige kommer sannolikt att återuppbyggas, men tidsramen är högst oklar. Det är vidare ingen självklarhet att vi återfår exakt de industrier som gick förlorade.

En oväntad sidoeffekt är att Sverige kommer att ha ett överskott av elenergiproduktion att sälja till utlandet. Den region som konsumerat mest har slagits ut, medan vatten- och kärnkraft i princip är oskadda. Detta kan hjälpa att betala för en återuppbyggnad.

Den globala försäkringsindustrin kommer att utsättas för en extrem påfrestning. Svenska hushåll och företag, till skillnad från t ex Guatemala efter orkanen Mitch, är i hög grad täckta av diverse försäkringar. Även om företag och institut skulle vägra att ersätta t ex person- och saksador i den mån force majeure anses täcka ett meteornedslag, kvarstår problem. Livförsäkringar, samt kapitalförsäkringar mot t ex börskrascher kan komma att fälla det globala återförsäkringsväsendet, om inte länder bakom t ex Världsbanken och Internationella valutafonden kliver in som borgenärer.

Variationer

Plats

90 procent av länets areal utgörs av glesbygd medan 95 procent av befolkningen bor inom tätorterna. En rätt liten flytt av nedslagsplatsen kan reducera (eller öka) dödligheten markant.

Ett nedslag som drabbar en tätort omgiven av landsbygd får en annan karaktär. Framkomligheten till tätorten kan hindras av nedblåsta träd men när hjälpen väl anländer är det lättare att tränga in i området. Arean av hjälpbehövande områden per hjälpsändande del av omkretsen är mindre i en mindre stad. En skadad storstad är troligen också en betydligt svårare miljö att ta sig fram igenom än skadad glesbygd, vilket betyder att framryckningen med hjälp mot de mest centrala delarna går långsamt. Det är större risk att befolkningen finner den otillfredsställande än i glesbygdstätortsfallet. Här är det troligt att upprättande av människoburna hjälptransporter, om så bara av symbolisk karaktär, har en viktig moralupprätthållande verkan. Givet slutsatserna i (Jones et al. 2006) är det i glesbygdssfallet istället viktigare att bryta isoleringen, t.ex. genom helikoptertrafik eller snabbt återupprättande av kommunikationer.

Väder/Tid

I detta scenario var vädret vackert och sommartemperaturer rådde. Hade nedslaget inträffat sex månader senare hade tusentals människor i stället drabbats av vinterkyla utan vare sig el, fjärrvärme eller fungerande hus. Eventuell snö hade dock reducerat risken för skogsbränder kraftigt.

Ett torrare väder skulle ha producerat mer och mer svårkontrollerade skogsbränder, särskilt med kraftig vind.

En vardag i rusningstid skulle öka dödsiffrorna markant, och öka osäkerheten hos de överlevande om anhörigas situation.

Havsnedslag

Om meteoriten slagit ned några sekunder tidigare hade den hamnat i Östersjön och orsakat en tsunami.

Storleken på vågen efter ett meteoritnedslag är osäker (på grund av osäkerhet om nedslaget hydrodynamik och hur dispersion av vågorna reducerar dess storlek), men en trolig storlek på djupvattenvågen från 1997 XR2 är 1-5 meter (Paine). I Östersjön skulle dock vattnet vara grunt redan från början, vilket komplicerar analysen ytterligare genom att nedslaget blir mer komplext och tsunamin interagerar med botten redan från början. På medeldjupet 55 m rör sig tsunamin ca 83 km/h.

I detta fall kommer skadorna att distribueras runt Östersjön, med mycket olika effekter på olika orter beroende på lokala djupförhållanden och skärgårdar. De grunda (18-25 m) trösklarna mellan djupbassängerna bromsar och försvagar troligen tsunamin vid övergång från t.ex. Bottenviken till eller från den egentliga Östersjön. Stockholms skärgård skyddar stadens tätbefolkade områden väl, men ytterskärgården drabbas troligen av total förödelse när vågorna sköljer över de rätt låga öarna. I vissa vikar som Norrtäljeviken kan skadorna också samlas.

Även en liten våg i centrala Stockholm kan dock leda till problem genom att t.ex. skölja in i tunnelbanan vid Gamla Stan. Personskador kan dock troligen undvikas eftersom tidsintervallet mellan nedslaget och vågen är relativt stort, och många kommunikationssystemen i detta scenario inte drabbas lika hårt; uppmärksammas faran finns det gott med tid att evakuera tunnelbanan.

Diskussion

Vår analys behandlar en katastrof av en större magnitud än någon annan katastrof i ett utvecklat land. De närmsta är jordbävningen 1556 i Shaanxi (ca 830,000 döda) och översvämningarna 1931 i gula floden (850,000-4 miljoner döda).

Ett simulerat meteornedslag i Stockholmsregionen kan kännas som en högst akademisk och något verklighetsfrämmande uppsatsämne. Det ger oss emellertid chansen att fundera över vad en överväldigande katastrof på hemmaplan skulle innebära. Vissa generella slutsatser kan även dras, vilka gäller för alla katastrofsituationer, frånsett de verkligt globala.

För det första, samhället tjänar på decentralisering. I och med att ledningen för många viktiga samhällsfunktioner ligger utspridda, så minskar den kompetens- och styrningspåfrestning som en katastrof medför. Detta gäller såväl lokalt, regionalt och nationellt politiskt beslutsfattande, som ekonomiska och sociala systems sammansättning.

För det andra, en katastrof av denna typ, på hemmaplan, kommer att ge oanade psyksociala återverkningar. Dock ska man inte underskatta människors inneboende anpassningsförmåga. Istället för medias normala bild av panik och sociala bands upplösning, kan vi mycket hellre få se en ökad solidaritet och samhörighetskänsla bland de överlevande och i samhället i stort.

Katastrofer blir allt mer internationella; det är sällan något sker som enbart drabbar ett visst lands medborgare. En katastrof i en modern världsstad blir av nödvändighet global eftersom både medborgare, företag och organisationer med globala kopplingar drabbas.

Förebyggande Åtgärder

Normala risker är ungefärligen kända, men meteoritnedslag kan drabba var som helst utan förvarning. Ett katastrofskydd mot meteornedslag skulle detektera en meteor via radar och sända ut varning till räddningsmyndigheter så att de kan reagera snabbt och rätt.

De procentuella dödsiffrorna utanför den primära förstörelsezonen närmar sig siffrorna i (Lindqvist & Oscarsson 1984) för kärnvapenangrepp på en oförberedd medelstor svensk stad. Den analysen pekade på att ett visst mått av förvarning som möjliggjorde för folk att sätta sig i skyddsrum kunde vända siffrorna från 80% döda till 80% oskadade. Vi har inte analyserat effekterna av skyddsrum i detta scenario, men det är troligt att de skulle få en liknande god effekt utanför den primära förstörelsezonen.

En tids förvarning skulle utan tvekan kunna reducera skadorna både genom evakuering och användning av skyddsrum (samt avstängning av gasnät etc.). Det kräver dock att asteroidens position och rörelse detekteras med tillräckligt god precision så att nedslagsplatsen kan förutsägas. (Chapman et al. 2001) menar att även en timmes förvarning kan vara nog för nyttiga åtgärder, vilket detta resonemang stödjer. Givet de normala osäkerheterna i positionsdata och inträdet i luften skulle larmet behöva omfatta ett större område, i vårt scenario troligen hela Mellansverige.

Att stoppa asteroider givet nuvarande rymdfartskostnader är förmodligen bara kostnadseffektivt när skadorna av nedslag blir globala katastrofer. En mer utbyggd rymdinfrastruktur skulle dock reducera priset och göra både landning av sonder (för exakt positionsbestämning) och potentiella åtgärder mot farliga asteroider mer och mer lönsamma. Detta går hand i hand med andra former av rymdindustrialisering. Gruvbrytning på asteroider har ofta föreslagits (Sontner 1997, Ross 2001, Gerlach 2005) och skulle kunna kombineras med skyddsåtgärder för Jorden.

Vätgas

Energidistributionen skadas i detta scenario kraftigt. Ett samhälle med en mer decentraliserad energilagring kan förmodligen fungera bättre under de kraftiga påfrestningarna.

Visionen av en vätgasekonomi är att använda vätgas eller ett derivat som metanol som bärare och lagring av energi. Intresset är stort på grund av osäkerheten om fossila bränslen och växthuseffekten (United States Department of Energy 2002). Vätetransporter långa sträckor är ineffektiva, men som lokal energilagring för bränsleceller av energi från elnät eller solenergi kan förmodligen vätgas/metanolekonomi fungera (Eliasson & Bossel 2003). Många anser att en utveckling mot ett sådant system i den nära framtiden är troligt.

Ett sådant system skulle producera betydligt fler potentiellt brännbara/explosiva objekt i katastrofområdet, men också fler system som kan fungera när elnätet slås ut. Givet att säkerhetsåtgärder mot brand är troliga i närheten av samtliga sådana installationer kan detta ha fördelen att vid meteornedslaget skulle brandskyddsutrustning och träning vara vida mer spridd. Kommunikationerna skulle troligen fungera en tid efter nedslaget, åtminstone i vissa system.

Tack Till:

Reidar Magnusson, på vars hus vi släppte meteoren.

Referenser

Maria Broberg (1988) *Byggnadsras: en litteraturstudie*. FOA rapport C 20721-2.6

Edward Bryant, *Natural Hazards*, Cambridge University Press, 2005

Clark R. Chapman, Daniel D. Durda, Robert E. Gold (2001) *The Comet/Asteroid Impact Hazard: a Systems Approach*

http://www.international-space.com/pdf/NEOwp_Chapman-Durda-Gold.pdf

Clark R. Chapman, *How a Near-Earth Object Impact Might Affect Society*, report Commissioned by the Global Science Forum, OECD, for "Workshop on Near Earth Objects:

Risks, Policies, and Actions," January 2003, Frascati, Italy

<http://www4.tpg.com.au/users/horsts/chapman4oecd.pdf>

Lee Clarke (2003) Panic: myth or reality? *Contexts*, Fall 2002, Vol. 1, No. 3, Pages 21-26

Gareth S. Collins & H. Jay Melosh (2003) Acoustic fluidization and the extraordinary mobility of sturzstroms, *Journal of Geophysical Research*, Volume 108, Issue B10, pp. EPM 4-1

<http://www.lpl.arizona.edu/~jmelosh/sturzstroms.pdf>

Gareth S. Collins, H. Jay Melosh & Robert A. Marcus (2005), Earth Impact Effects Program: A Web-based computer program for calculating the regional environmental consequences of a meteoroid impact on Earth, *Meteoritics & Planetary Science* 40, Nr 6, 817--840

<http://www.lpl.arizona.edu/~marcus/CollinsEtAl2005.pdf>

Tillhörande program finns på

<http://www.lpl.arizona.edu/impacteffects/>

Leonard David (2000), Experts Demand Better Asteroid Alert, *space.com*

http://www.space.com/scienceastronomy/astronomy/classified_impacts_000502.html

Atle Dyregrov (2002), *Katastrofpsykologi*, Studentlitteratur, Lund

Baldur Eliasson, Ulf Bossel & Gordon Taylor (2003) The Future of the Hydrogen Economy:

Bright or Bleak? Report E08 European Fuel Cell Forum, 26 February 2005

http://www.efcf.com/reports/E02_Hydrogen_Economy_Report.pdf

FOA (1983), *Vapenverkan*. Uddevalla.

Charles L. Gerlach (2005), Profitably Exploiting Near-Earth Object Resources, 2005 International Space Development Conference, National Space Society, Washington DC, May 19-22, 2005

http://isd2005.xisp.net/~kmiller/isdc_archive/fileDownload.php/?link=fileSelect&file_id=127

Glass TA, Schoch-Spana M. (2002) Bioterrorism and the people: how to vaccinate a city against panic. *Clin Infect Dis*. 2002 Jan 15;34(2):217-23

<http://www.journals.uchicago.edu/CID/journal/issues/v34n2/011333/011333.web.pdf?erFrom=6230224959092981939Guest>

Glasstone, S. and Dolan, P.J. (1977). *The Effects of Nuclear Weapons* (3rd ed.) (U.S.

Government Printing Office, Washington D.C.).

Green, M. et. al., 1999. Liquefaction. What it is and What to Do About it, Earthquake Engineering Research Institute, EERI. Earthquake Basics

http://www.eeri.org/cds_publications/earthquake_basics_series/LIQ1.pdf

Edgar Jones, Robin Woolven, Bill Durodié & Simon Wessely (2006) Public Panic and Morale: Second World War civilian responses reexamined in the light of the current anti-terrorist campaign, *Journal of Risk Research*, in press

<http://www.durodie.net/pdf/PublicPanicandMorale.pdf>

Lewis J.S. (1999). *Comet and Asteroid Impact Hazards on a Populated Earth*. Academic Press, San Diego.

Stig Lindqvist & Björn Oscarsson (1984) *Underlagsstudier till civilförsvarets preliminära grundsyn ABC. Del III: Konsekvenser av kärnvapeninsatser mot befolkningsmål*. FOA Rapport C 20541-A3 Juni 1984

Sonter M.J. (1997) The technical and economic feasibility of mining the near-earth asteroids, *Acta Astronautica*, Volume 41, Number 4, August 1997, pp. 637-647(11)

H. J. Melosh, B. A. Ivanov (1999) Impact Crater Collapse, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 19. 27:385--415

Morrison, D., Chapman, C. R., Steel, D., & Binzel R. P. (2004) "Impacts and the Public: Communicating the Nature of the Impact Hazard" In *Mitigation of Hazardous Comets and Asteroids*, (M.J.S. Belton, T.H. Morgan, N.H. Samarasinha and D.K. Yeomans, Eds), Cambridge University Press.

NASA Near Earth Object Program (2002) 1997 XR2 Earth Impact Risk Summary

<http://neo.jpl.nasa.gov/risk/1997xr2.html>

Michael Paine, Tsunami from Asteroid/Comet Impacts

<http://www1.tpgi.com.au/users/tps-seti/spacegd7.html>

Michael Paine (2000), *Simulation of Asteroid/Comet Impacts with Earth*,

<http://www1.tpgi.com.au/users/tps-seti/sta1047.htm>

Post & Telestyrelsen (2005), Elektroniska kommunikationer och stormen den 8-9 januari 2005: Hur uppnås robustare elektroniska kommunikationer? Rapport PTS-ER-2005:9

http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Rapport_stormen_8_9_jan05_2005_9%20doc.pdf

Colin Price & Moshe Blum (1998) ELF/VLF Radiation Produced by the 1999 Leonid Meteors, Earth, Moon, and Planets, v. 82/83, p. 545-554

<http://aio.arc.nasa.gov/~leonid/MS025.pdf>

Richard Pugh, Alex Ruzicka, Melinda Hutson and Blaine Schmeer (2004), Eyewitness reports for the June 3, 2004 Pacific Northwest fireball

<http://astrowww.phys.uvic.ca/~tatum/fireball/ruzicka.pdf>

E.L. Quarantelli (2001), The Sociology of Panic, i Smelser & Baltes (eds) *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*

<http://www.udel.edu/DRC/preliminary/pp283.pdf>

Shane D. Ross (2001), *Near-Earth Asteroid Mining*

<http://www.cds.caltech.edu/~shane/papers/ross-asteroid-mining-2001.pdf>

Schwartz J. (2001) Efforts to calm the nation's fears spin out of control. New York Times.

28 October 2001:4, 1

Shingareva T.V. (2002) Ejecta blocks on Phobos: analysis of high-resolution MGS MOC image 55103, Lunar and Planetary Science XXXIII

<http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2002/pdf/1834.pdf>

Tara J. O'Toole (2001) Testimony to the U.S. Senate Government Affairs Subcommittee on International Security, Proliferation and Federal Services, July 23 2001

http://www.senate.gov/~gov_affairs/072301ispsfsOtoole.htm

Turco R., Toon O., Park C., Whitten R., Pollack J. and Noerdlinger P. (1982) 'An analysis of the physical, chemical, optical and historical impacts of the 1908 Tunguska meteor fall', *Icarus* vol. 50 Apr 1982 1-52.

Turistdelegationen (2005), *Fakta om svensk turism 2005*

<http://www.tourist.se/sidor/huvudmall.asp?publPage=true&menu=162&topMenu=5&cat=3&publid=49>

United States Department of Energy (2002), A National Vision of America's Transition to a Hydrogen Economy - to 2030 and beyond.

http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/vision_doc.pdf

U.S. Army Corps of Engineers (1990) *Engineering and Design - Electromagnetic Pulse (EMP) and Tempest Protection for Facilities*, EP 1110-3-2

<http://www.fas.org/nuke/intro/nuke/emp/toc.htm>

Siim Veski, Atko Heinsalu, Kalle Kirsimäe, Anneli Poska & Leili Saarse (2001) Ecological catastrophe in connection with the impact of the Kaali meteorite about 800–400 B.C. on the island of Saaremaa, Estonia. *Meteoritics & Planetary Science* 36, 1367–1375 (2001)

<http://www.gi.ee/~veski/Veski%20et%20al%202001.pdf>

Siim Veski, Atko Heinsalu, Valter Lang, Ülo Kestlane & Göran Possnert (2004)

The age of the Kaali meteorite craters and the effect of the impact on the environment and man: evidence from inside the Kaali craters, island of Saaremaa, Estonia. *Veget Hist Archaeobot* 13:197-206