Notat om fallenergi

Endringer i figur fallenergi i revisjon 4 av håndbok «Forebygging av fallende gjenstander»

Basert på tilbakemelding fra flere operatører har SfS gjort endringer i figuren som viser fallenergi og som brukes til en foreløpig klassifisering av alvorlighetsgrad av fallende gjenstander. Disse endringene er tatt med i revisjon 4 av håndboka «Forebygging av fallende gjenstander».

De to laveste kategoriene; 0-20 Joule og 20-40 Joule er uendret selv om fargen mellom 20-40 Joule er endret fra gul til mørkegrønn. En fallenergi mellom 0 og 40 joule antas å kunne medføre medisinsk behandling (20-40 Joule) eller førstehjelp/ ingen skade (0-20 Joule).

En fallenergi på over 40 Joule var tidligere merket med rød farge og beskrevet som å kunne medføre alvorlig personskade eller død. En grense på 40 Joule som mulig dødsfall oppleves som veldig lav og vi er ikke kjent med dødsulykker som resultat av så lav fallenergi (det forventes at hjelm er brukt). Det er derimot dokumentert tilfeller der personer har overlevd å bli truffet av fallende gjenstander med mye høyere energi. Som et eksempel viser SfS sin sikkerhetsfilm nr. 8 en reell hendelse der en person fikk en stillasplank på 12kg i hodet fra en høyde på 3.5m. Total fallenergi er her over 400 Joule men reell energi kan være litt lavere siden stillasplanken ble delvis bremset av at den traff et rør når den falt.

Videre, DROPS har laget et skriv (se vedlegg 1) som gir den tekniske bakgrunnen for DROPS sin egen kalkulator/grafer. Det er mest fokus på dødsfall i dette materialet og ut fra grafene kan en lese at dødsfall er antatt å kunne inntreffe (men da med lav sannsynlighet) i området mellom 100 og 140 Joule. For lave vekter (under 1 kg) er DROPS grensen på ca 100 Joule men for en vekt på 10 kg er grensen ca 140 Joule. SfS har valgt å legge seg på snittet av dette (120 Joule) og en kan da forholde seg til en enkelt graf (en Joule grense) der dødsfall er antatt å kunne inntreffe. En endelig vurdering av alvorlighetsgrad må uansett gjøres i hvert enkelt tilfelle.

Når det gjelder området mellom 40 og 120 Joule valgt å dele dette i 2 for å dekke de kategoriene som Ptil bruker; alvorlig personskade og fraværsskade. Gitt at det er lite litteratur og studier på dette har vi ut fra en fornuftsbetrakting valgt å dele området mellom 40 og 120 Joule i to like deler:

Fallenergi mellom 80 og 120 joule (oransje område) antas å kunne medføre alvorlig personskade
Fallenergi mellom 40 og 80 joule (gult område) antas å kunne medføre fraværsskade

Til sammenligning så har Drops en litt annen inndeling og bruker en grense på mellom 60 og 80 Joule, (avhengig av vekt) for fraværsskader (DAFWC).

Vedlegg 1 : DROPS sitt skriv om bakgrunnen for DROPS kalkulator/graf.

1 Introduction: The DROPS dropped object calculator has been developed over recent years in the DROPS forum. The technical background to the calculator spreadsheet is presented in this note.

2 Background:

From reference 1 page 20, the probability of human fatality due to impact from glazing is assessed on the basis of hits on the head causing skull fracture and hits on the body causing penetration injuries. The curve used for skull fracture is from Fletcher et al (reference 2). The criteria for injury are based on the critical velocity that a fragment of a given mass needs in order to cause injury.

From Figure 8 reference 3, on page 57 the probability of fatality or injury due to impact from cladding is presented based on the criterion for non-penetrating fragments; reference 4. The criterion is shown in Figure 1.

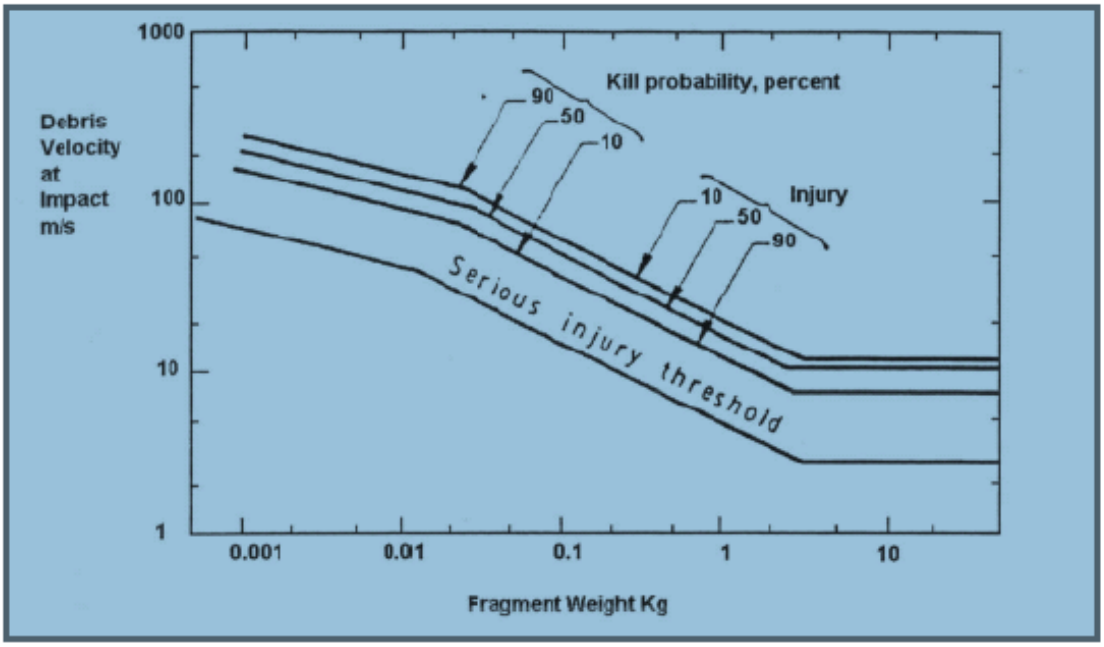


Figure 1 Personnel response to fragments impact (abdomen & limbs) from ref.4

Plotting "debris velocity at impact" versus "fragment weight", three distinct mass classes are presented. Thus the focus of the calculations is on the effect of an object of mass m (kg or lb) travelling at a velocity v (m/s or ft/sec) and the effect it has on the human body.

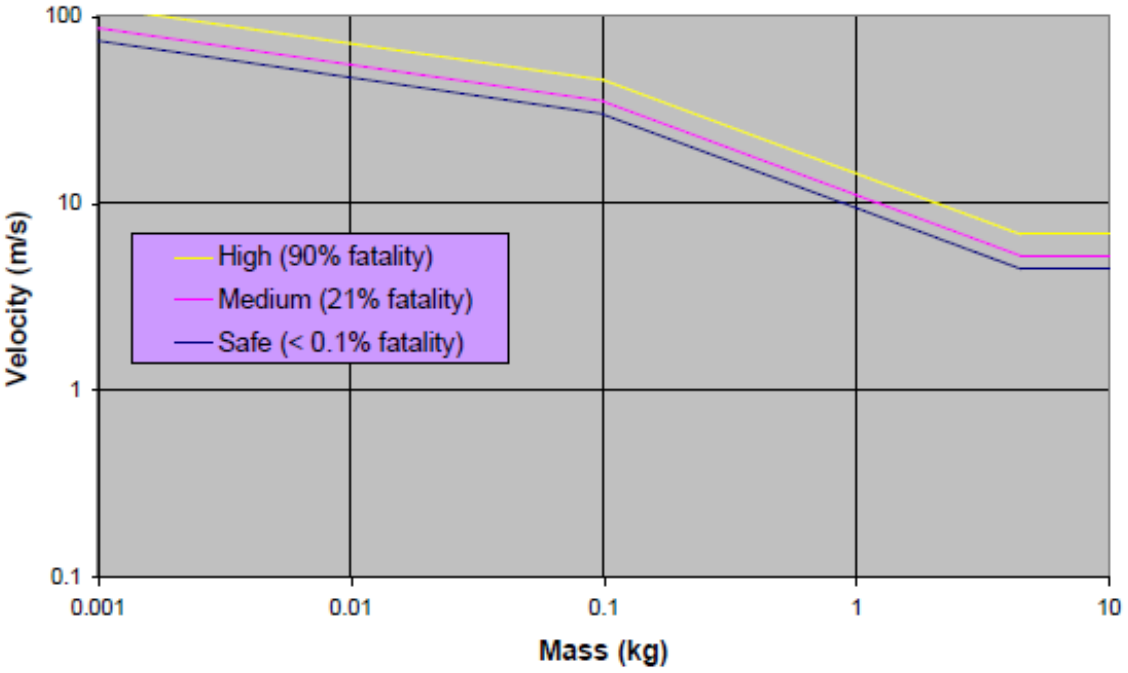
For the DROPS calculator, three classes of object size are also evaluated: less than 0.1 kg, 0.1kg to 4.5 kg and greater than 4.5 kg. The 0.1 kg threshold focuses on light objects such as shards of glass or metal. The 4.5 kg (10 lb) object has been the subject of research (page 44, references 3 & 5). The data presented in table 15 on page 44 is for a 10 lb missile and is taken from reference 6.

The DROPS calculator is based on page 27 of "The Green Book", reference 7, where similar to Figure 1, the probability of fatality has been assessed using set probability thresholds, which in this case are high 90%, medium 21% and safe, less than 0.1%.

Figure 2. DROPS fatality criterion (from reference 7)

For comparison with other dropped object assessment methods it is useful to record that for the 0.1 to 4.5 kg range, the corresponding threshold energy values are 103 Joules, 61 Joules and 44 Joules. The data presented in Figure 2 has modified prior to presentation as the DROPS calculator.

Modification 1



By assuming that no energy is lost and potential energy matches kinetic energy, the velocity of the dropped object can be re-expressed as a function of drop height so that:

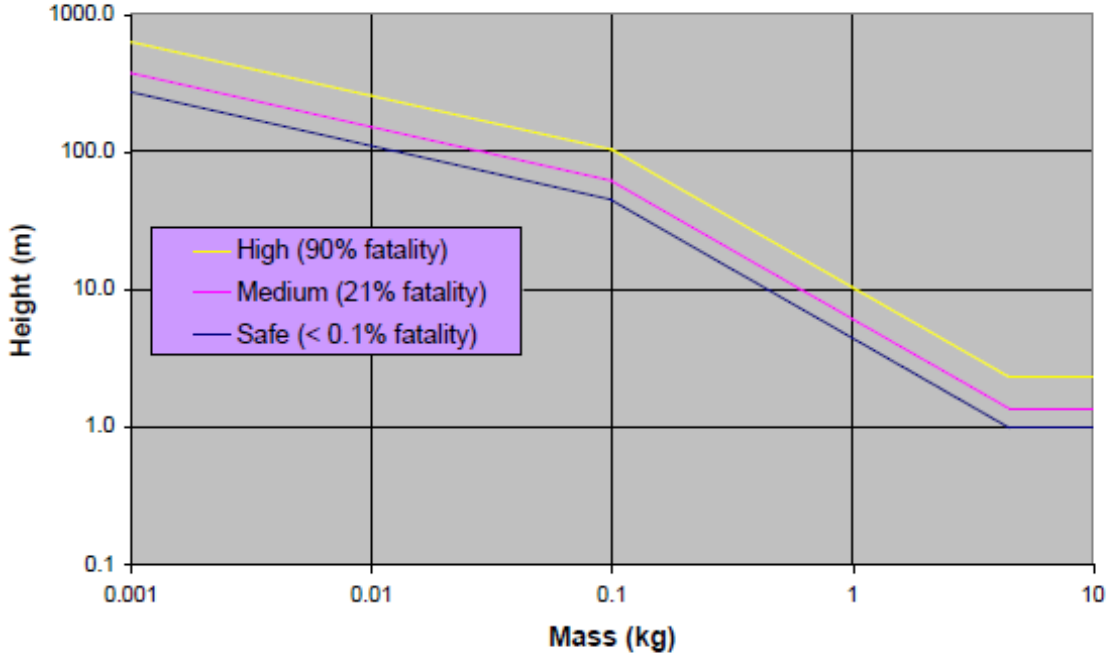
$$v^2 = 2*g*h$$

where
v = velocity (m/s)
g = gravitational constant = 9.81 m/s^2
h = drop height (m)

Using drop height h instead of impact velocity v, Figure 2 has been re-drawn as Figure 3

Figure 3. DROPS fatality criterion

Modification 2



With the focus on the heavier objects (greater than 0.1 kg) causing skull fracture, best-fit curves have been fitted to provide a smooth transition between 0.1 kg and 10 kg. With a change in name to the thresholds so that (Fatality = High, Medium = DAWFC, Recordable = Safe & First Aid for impacts less than Recordable) the curves are presented as the DROPS calculator, Figure 4.

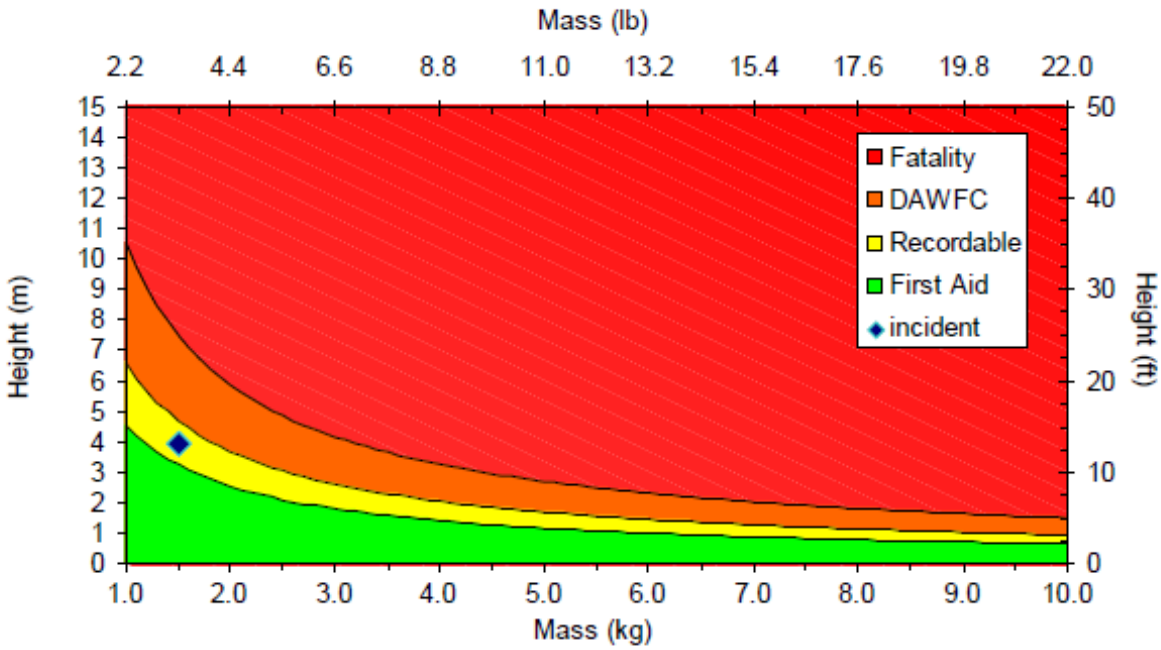


Figure 4. DROPS calculator

3 References:

1. 'Derivation of fatality probability functions for occupants of buildings subject to blast loads. Phase 4' WS Atkins Contract Research Report CRR 151/1997

2. 'Glass fragment hazard from windows broken by Airblast', Fletcher, Richmond & Yelverton, Lovelace Biomedical & Environmental Research Institute 1980

3. 'Review of blast injury data and models', Defence Evaluation & Research Agency (DERA) for the Health & Safety Executive (HSE) Contract Research Report CRR 192/1998

4. 'Fragment Hazard Study', Ahlers EB Minutes of the 11th US Department of Defence Explosives Safety Board (DDESB) Explosives Safety Seminar, Memphis Tennessee, 1969 pp81-107

5. 'Explosion hazards and evaluation', Baker WE, Cox PA, Westine PS, Kulesz JJ and Strehlow RA Elsevier Scientific publishing Company, Oxford 1983

6. 'The Effects of Nuclear Weapons', Glasstone S & Dolan PJ Castle House Publishing 1980

7. 'The Green Book'. Committee for the prevention of Disasters TNO report CPR 16E Voorburg 1989