

# Hastigheder

Hastigheden er den først afledte af stedet med hensyn til tiden. SI enheden er (m/s).

Hastighed er en vektor, og har således såvel en retning  $r$ , som en tidsmæssig udstrækning  $v = \frac{d\pi}{dt}$  eller  $\frac{\delta s}{\delta t}$

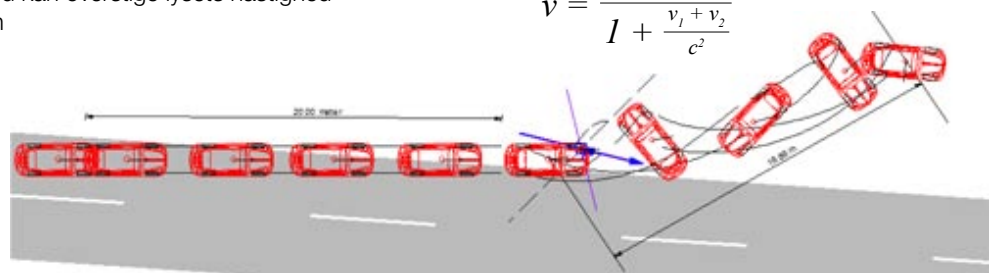
Addition eller sammenlægning af hastigheder er derfor forskellig fra addition af fart, der er den skalare værdi af hastigheden.

Forestiller man sig et barn i tog, der kaster bold i samme retning som toget kører, kan man tilnærmeth benytte  $V_{\text{tog}} + V_{\text{bold}}$ , som den resulterende hastighed, men reference til jordens overflade.

Kører toget 100 km/t og bolden kastes med 40 km/t i samme retning, er boldens hastighed i forhold til jorden (skinnerne) 140 km/t.

Ved større hastigheder er der et loft over, hvor høj den samlede hastighed kan blive, idet ingen hastighed kan overstige lysets hastighed "c" (299792458 m/s), og den

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 + v_2}{c^2}}$$



Ser vi på et trafikuheld, vil vi ofte have de tre faser i forløbet:

før kollision, kollision og efter kollision, der kommer til udtryk på forskellig vis.

Ovenfor ses de tre faser med afstandsangivelse, og til højre en 3D-gengivelse af startposition, kollision med træ og slutposition.



## Fase 1

Der afsættes 20 meter blokadespor.

Med  $v = \sqrt{2 a s \Delta \mu} \sim 0,8$  er  $dv1 = 63 \text{ km/t}$

## Fase 2

EES er opmålt til 54 km/t, og da træet teoretisk har en EES på 0 km/t er EES = EBS = 54 km/t  $dv2$  er dermed 54 km/t.

## Fase 3

Bilen roterer næsten 360 grader og afsætter skridspor over 16,6 meter.

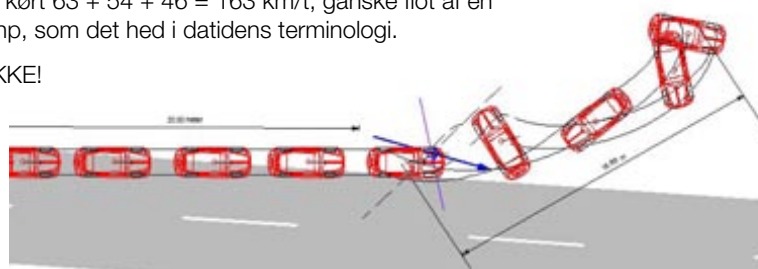
Antages dækkene under sideværts påvirkning at kunne udnytte en friktion 0,45 - 0,5, der sammen med inertien giver en deceleration (liniær) på 4,8 m/s<sup>2</sup>, er  $dv3 = 46 \text{ km/t}$ .

Vi skal nu sætte de tre faser sammen, da målet med rekonstruktionen er at beregne, med hvilken hastighed bilen kørte inden opbremsningen.

Men er  $\sum v = v_1 + v_2 + v_3$  ?

Hvis det gælder, har bilen kørt  $63 + 54 + 46 = 163 \text{ km/t}$ , ganske flot af en ældre folkevogn med 44 hp, som det hed i datidens terminologi.

Svaret er, at det gælder IKKE!



Crash Simulation			
Vehicle:	1 VWKA	2 TREE	
Pre-impact Vel (km/h):	75.32	0.00	
Post-impact Vel (km/h):	45.45	4.84	
Dir. [°]:	10.90	-15.79	
Delta v (km/h):	31.86	4.84	
Omega (rad/s):	0.00	-1.13	
EES (km/h):	54.17	0.00	
sep. v. (km/h) [Cur. 47.25]:	4.11		
Frict.:	0.10	Frictio: 0.60	
Coordinates [m]:	Crash		
Move Point of Impact:	Options...		
Rotate Contact Plane:	Crash		
x:	4.11	y:	136.7
z:	0.14	No.:	1
<input type="checkbox"/> Auto calc			

Beregningerne er sket under antagelsen, at  $v_2 - v_1 = v_2$ , eller verbalt; at bilen holder stille efter hver fase, hvilket jo kun er rigtigt for den sidste fase.

For denne kan der aflæses en post-impact velocity (hastighed efter kollision) på 45,6 km/t. Dette er i god overensstemmelse med de tidligere fundne 46 km/t.

Pre-impact velocity (hastigheden inden kollisionen) er imidlertid ca. 75,3 km/t, og hastighedstabet i selve kollisionen dermed ca. 30 km/t trods en EES på 54 km/t.

Der er altså blevet 24 km/t "væk" i kollisionsfasen!

En EES på 54 km/t er hastighedsækvivalenten, hvor man med 54 km/t kolliderer med en urokkelig rigid genstand, og hvor bilen opnår stilstand efter kollisionen.

Den kinetiske energi, der er i bilen, inden kollisionen, omsættes med andre ord i al væsentlighed til deformationsenergi.

Den kinetiske energi inden kollisionen er  $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ .

hastigheden inden kollisionen (75 km/t) og 46 km/t.

De 75 km/t har vi imidlertid aflæst, og vil ikke i den virkelige verden være kendt. Derfor skal den beregnes som den kinetiske energi, der forsvinder efter kollisionen med træet samt den energi, der omsættes under kollisionen med træet.

Idet bilens vægt forbliver uændret under kollisionen er energien før uheldet, divideret med  $\frac{1}{2}$  masse, lig med hastigheden. Derfor kan vi også regne med (km/t) og ikke, som ellers nødvendigt - i SI enheden (m/s).

$$E_{for} = E_{kcl}^2 + E_{fase3}^2$$

$$E_{for} = \sqrt{E_{kcl}^2 + E_{fase3}^2} = \sqrt{54,2^2 + 45,5^2} = 70,8 \text{ km/t}$$

En yderligere parameter er så rotationsenergien  $E_r = \frac{1}{2} I \omega^2$ , der med antagelsen af 2 sekunders rotationstid bliver  $\frac{1}{2} \cdot 932 \cdot \omega^2$  eller godt 10 km/t.

En beregnet hastighed inden kollisionen med træet bliver således 71,5 km/t.

Endelig skal fase 1 medregnes, men også denne fase skal indgå som kvadratroden af kvadratsummen, og dermed som

$$\sum v = \sqrt{71,5^2 + 63^2} = 95,3 \text{ km/t}$$

Det er således væsentligt at beregne de respektive hastigheder i netop det hastighedsinterval, hvorunder energitabet opstår.

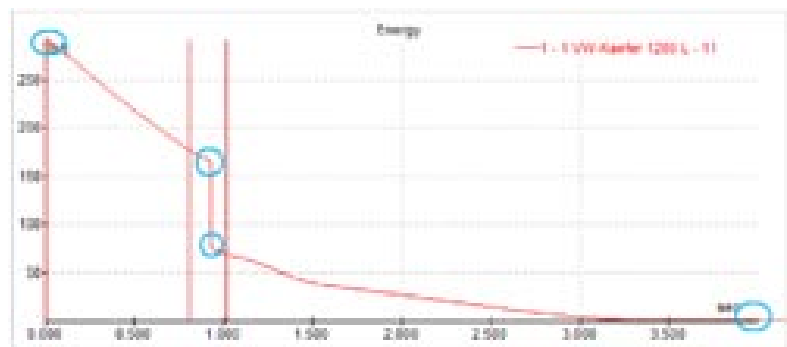
## Kontrol

Ved at aflæse de 3 fasers energiomsætning kan vi som kontrol beregne hastighederne i de respektive faser:

## Kontrol

Ved at aflæse de 3 fasers energiomsætning kan vi som kontrol beregne hastighederne i de respektive faser:

$$v = 3,6 \sqrt{\frac{2 \cdot 1000 \cdot (dE)}{m_{bid}}}$$



Med energierne (293-167)kJ, (167-75)kJ og 75 kJ får hastighederne:

65,5 km/t, 56 km/t og 50,5 km/t, tilsammen 99,9 km/t (beregnet 95,3 km/t).

Differencen på knapt 5 km/t skyldes ikke, at enten programmet eller "den gamle" metode er forkert, men at "den gamle" metode ikke medtager andre energier end de tidligere viste, og derfor "mangler" energitabeb i dæmpere mv.