

Deze fiche is bestemd voor leerkrachten wetenschap in de tweede en derde graad van het secundair onderwijs.

|                 |  |
|-----------------|--|
| Doelgroep       | Tweede en derde graad van het secundair onderwijs  |
| Vervoermiddelen | Auto   |
| Doelstelling    | De leerlingen op basis van concrete wetenschappelijke feiten inzicht geven in de risico's van overdreven snelheid  |
| Eindtermen      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Natuurwetenschappen en fysica: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Waarnemingen in klassituaties met situaties uit de leefwereld verbinden.</li> <li>• Fysische grootheden, eenheden en formules. Kracht en beweging. Kinetische energie.</li> </ul> </li> <li>- Vakoverschrijdende eindtermen: milieueducatie 2<sup>e</sup> graad: veilig gebruik van eigen en openbaar vervoer.</li> </ul> |

## I Inleiding

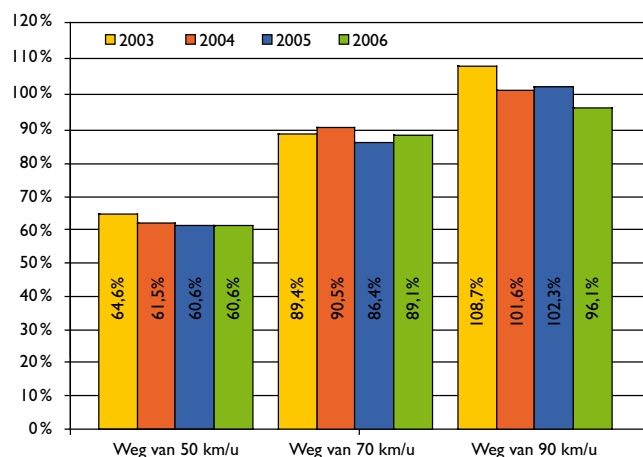
Deze fiche helpt u het thema van onaangepaste snelheid en verkeersveiligheid op te nemen in de wetenschapslessen en in het bijzonder in de lessen fysica. Vergelijkbaar met fiche nr. I over de veiligheidsgordel, worden nu de clichés over snelheid getoetst aan de wetenschappelijke realiteit.



Deze affiche van het BIVV toont aan dat overdreven snelheid het gezichtsveld negatief beïnvloedt.

In de wereld van de verkeersveiligheid staat snelheid algemeen bekend als een belangrijke oorzaak van ongevallen (sommige studies bestempelen snelheid als een bepalende factor in 30% van de dodelijke ongevallen). Want hoe hoger de snelheid, hoe nauwer het gezichtsveld van de bestuurder. Een hoge snelheid verlengt eveneens de remafstand. En zelfs indien de snelheid niet de oorzaak is van het ongeval, verergert ze de gevolgen ervan.

Toch hebben snelheidsovertredingen nog een groot aandeel in de statistieken van de verkeersovertredingen. De onderstaande grafiek toont de V85-snelheden in België van 2003 tot 2006. Deze indicator wordt vaak vermeld op het gebied van verkeersveiligheid. De V85-snelheid is de maximum gereden snelheid door 85% van de bestuurders (of die overeenstemt met percentiel 85.) **Hoewel de V85-snelheid sinds 2003 gedaald is, stellen we vast dat ze voor alle snelheidsbepalingen nog steeds hoger ligt dan de toegelaten snelheid.**



Bron: BIVV

## 2 “Een goede bestuurder kan hindernissen ontwijken, zelfs als hij (zeer) snel rijdt”

### 2.1. Langere stopafstanden door overdreven snelheid

Een bestuurder van een wagen heeft twee mogelijkheden om een hindernis te ontwijken: ofwel rijdt hij erlangs met het risico van controleverlies over het stuur, ofwel stopt hij. Om vóór de hindernis te kunnen stoppen moet de bestuurder over voldoende afstand beschikken. Dit noemen we de stopafstand. De stopafstand ( $D_A$ ) is de som van de zogenaamde reactieafstand en de remafstand.

$$D_A = D_R + D_F$$

**De reactieafstand ( $D_R$ )** is de afgelegde afstand tussen het ogenblik waarop de bestuurder het gevaar opmerkt en het ogenblik dat hij het rempedaal indrukt. Bij een aandachtige bestuurder bedraagt deze reactietijd  $t_r$  1 seconde. Deze reactietijd varieert natuurlijk naargelang van de toestand van de bestuurder: Is hij moe, afgeleid of heeft hij alcohol gedronken? Deze elementen en vele andere beïnvloeden de concentratie van de bestuurder. De afgelegde afstand gedurende de reactietijd  $t_r$  hangt eveneens af van de beginsnelheid  $v_0$ ; hoe hoger de snelheid, hoe groter de afgelegde afstand tijdens de seconde reactietijd.

$$D_R = v_0 \cdot t_r$$

**De remafstand ( $D_F$ )** is de afgelegde afstand tussen het moment dat de bestuurder op de rem drukt en het moment dat zijn voertuig tot stilstand komt. De remafstand hangt natuurlijk af van de versnellingskracht gedurende het remmen (het gaat hier dus om een negatieve waarde), die op haar beurt afhangt van de baanvastheid van het voertuig.

De snelheid in een eenparig vertraagde beweging is een lineaire functie van de tijd en de afgelegde afstand hiervan is de eerste afgeleide. Het berekenen van de afgelegde afstand komt bijgevolg overeen met het bepalen van de trapeziumvormige oppervlakte onder de rechte snelheid-tijd:

$$(1) \Delta(s) = \left[ \frac{v + v_0}{2} \right] * \Delta(t)$$

Net als in een eenparig vertraagde beweging, zijn de versnelling en de snelheid met elkaar in verband te brengen via een vergelijking van de eerste graad:

$$(2) \Delta(t) = \frac{v - v_0}{a}$$

Als we (2) invoegen in (1), bekommen we de formule:

$$(3) \Delta(s) = \frac{v^2 - v_0^2}{2 * a}$$

Als de vertragsbeweging voortduurt totdat het voertuig stilstaat, is de eindsnelheid (v) van de formule (3) nul en komt  $\Delta(s)$  overeen met de remafstand ( $D_F$ ) die we ook kunnen noteren als:

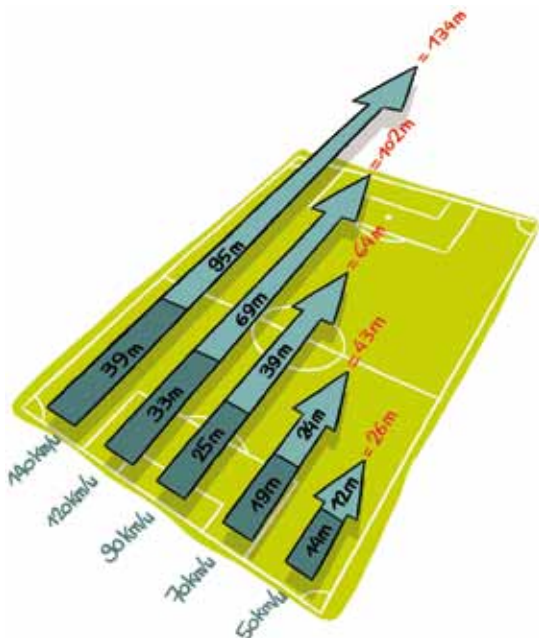
$$D_F = \Delta(s) = \frac{-v_0^2}{2 * a}$$

Het minteken vóór  $v_0$  wordt opgeheven door het minteken van een vertraging, vandaar dat we een positieve afstand bekomen.

We bekijken de volgende typische gemiddelde versnellingswaarden (eigenlijk spreken we hier beter van vertragswaarden, vermits het gaat om een negatieve versnelling) tijdens een rembeweging van een voertuig dat zich in goede technische staat bevindt:

- $a = -8 \text{ m/s}^2$  op een droog, goed geasfalteerd wegdek
- $a = -5 \text{ m/s}^2$  op een nat wegdek
- $a = -2 \text{ m/s}^2$  bij hevige regenval
- $a = -1 \text{ m/s}^2$  bij ijzel of sneeuw

Dit schema vergelijkt de stopafstanden aan de hand van de lengte van een voetbalveld.



Vragen:

1. Een auto rijdt 50 km/u. Wat is zijn stopafstand bij normale verkeersomstandigheden als je weet dat de reactietijd van de bestuurder 1 seconde bedraagt?
2. Zelfde vraag voor een auto die 100 km/u rijdt.
3. Vergelijk de remafstanden van de twee vorige vragen. Wat stel je vast?

### Besluit:

Het kwadraat van de snelheid speelt een bepalende rol in de stopafstanden. En de remafstand hangt op zijn beurt af van de stopafstand. Als de snelheid dubbel zo hoog ligt, is de stopafstand bij een noodstop bijna drie keer groter.

Moderne rijassistentiesystemen (ABS<sup>1</sup>, ESP<sup>2</sup>, enz.) in combinatie met een goede rijvaardigheid doen de remafstand niet meer significant afnemen. De remafstand hangt af van de grip van de banden en van de vertraging van het voertuig, of m.a.w. van de druk die de bestuurder uitoefent op het rempedaal.

## 2.2. Overdreven snelheid beïnvloedt het gezichtsveld van de bestuurder

Hoe hoger de snelheid, hoe nauwer het gezichtsveld. De bestuurder heeft dus minder zicht op obstakels langs de weg en op wat er zich naast hem afspeelt.

Een voetganger heeft een gezichtsveld van 180°. Het centraal zicht neemt details op, terwijl het perifeer zicht gevoelig is voor al wat beweegt. Naarmate de snelheid hoger ligt, boet het perifeer zicht in aan doeltreffendheid en scherpte en gaat de bestuurder strak voor zich uit kijken. Dit fenomeen noemt men tunnelzicht. **Kort samengevat: hoe sneller men rijdt, hoe nauwer het perifeer zicht.**

Dit brengt rechtstreeks gevaar met zich mee voor de bestuurder, zijn of haar passagiers en de omringende weggebruikers (voetgangers, fietsers, andere wagens...).



<sup>1</sup> ABS of "antiblokkeersysteem" is een systeem dat belet dat de wielen tijdens het remmen blokkeren. ABS is in de eerste plaats bedoeld om het voertuig op koers te houden, niet om de remafstand te verminderen..

<sup>2</sup> Het Electronic Stability Program (ESP) is een systeem dat de stabiliteit van het voertuig verbetert wanneer het dreigt af te wijken van de koers die de bestuurder wil volgen.

**Besluit:**

Hoe hoger de snelheid van de bestuurder, hoe nauwer zijn of haar gezichtsveld. Correct anticiperen op de reacties van andere weggebruikers is niet meer mogelijk waardoor er een aanzienlijk risico is op een ongeval.

**Aanvullende informatie...**

De overheid neemt verschillende maatregelen om de maximumsnelheden te doen naleven en ervoor te zorgen dat er over het algemeen minder snel wordt gereden. Op het vlak van handhaving vormt overdreven snelheid trouwens een aparte categorie van verkeersovertredingen. De boetes en straffen zijn niet min: minstens € 50 voor 1 tot 10 km/u te snel en een verwijzing naar de rechtbank voor wie met meer dan 40 km/u de maximumsnelheid overschrijdt (voor meer informatie, zie "de boetekaart", die te downloaden valt op [www.bivv.be](http://www.bivv.be) onder de rubriek Publicaties & Materiaal > Informatie).

Bepaalde snelheidsremmende maatregelen hebben rechtstreeks betrekking op de verkeersinfrastructuur. Met snelheidsremmers, wegversmallingen, enz. proberen de wegbeheerders een verkeersomgeving te creëren die de bestuurders aanzet om trager te rijden.



Vóór



Na

Dezelfde straat voor en na heraanleg. Alles werd in het werk gesteld om de bestuurders te doen vertragen. Slechts een beperkt deel van de straat is voorbehouden voor het verkeer. De kasseistrook geeft aan dat veel voetgangers de straat gebruiken en dat het dus nodig is om langzamer te rijden.

**2.3. Krachten die meespelen bij het nemen van een bocht**

Een voertuig is in een bocht onderhevig aan de middelpuntvliedende kracht.

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Om de middelpuntvliedende kracht te berekenen, heb je de volgende elementen nodig: de straal van de bocht ( $r$ ), de massa ( $m$ ) en de snelheid ( $v$ ) van het voertuig. De snelheid is echter de enige parameter waarop de bestuurder zelf vat heeft (hij kan namelijk zelf beslissen hoe snel hij rijdt). Merk op: net als bij de berekening van de vrijgekomen energie bij een botsing, moet men om de middelpuntvliedende kracht te berekenen het kwadraat nemen van de snelheid. Gevolg: als de snelheid verdubbelt, verviervoudigt de middelpuntvliedende kracht!

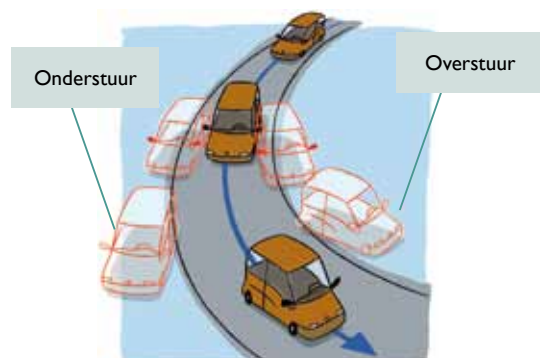
**Experiment: de middelpuntvliedende kracht zelf ervaren**

Neem een voorwerp met een relatief grote massa en hang het aan een touw. Wat stellen we vast als je het voorwerp rondom jou laat slingeren? Hoe sneller de omwentelingen, hoe zwaarder het voorwerp lijkt en hoe heviger het aan het uiteinde van het touw lijkt te "trekken". Dus: hoe hoger de snelheid, hoe groter de middelpuntvliedende kracht.

Bij een zijwaartse versnelling van  $4 \text{ m/s}^2$  kan de gemiddelde bestuurder zijn voertuig beheersen. Vanaf  $6,5 \text{ m/s}^2$  dreigt de bestuurder de controle over zijn voertuig te verliezen.

$$A_t = \frac{v^2}{r}$$

Door een te grote zijdelingse versnelling, wordt de middelpuntvliedende kracht zo groot dat de banden niet genoeg zijwaartse grip meer bieden, met als resultaat dat de auto voor- of achteraan begint te slippen. Men spreekt dan van "onderstuur" en "overstuur". Onderstuur treedt op wanneer de voorwielen blokkeren doordat de banden geen grip meer hebben op het wegdek<sup>3</sup>, maar ook door een te hoge snelheid. Bij "overstuur" blokkeren de achterwielen door gripverlies tengevolge van een te hoge snelheid. In dit geval wijkt de auto uit naar de binnenkant van de bocht en gaat, gezien de inertie, de auto quasi onvermijdelijk dwars op de rijbaan staan.



Vragen:

1. Hoe snel mag een auto maximaal rijden in een bocht met een straal van 50 m (typische straal van een verkeerswisselaar op de autosnelweg) als je weet dat vanaf een zijdelingse versnelling van  $6,5 \text{ m/s}^2$  onvermijdelijk controleverlies optreedt?
2. Zelfde vraag, maar de straal van de bocht bedraagt 12 m (typische straal van een rotonde binnen de bebouwde kom)?

<sup>3</sup> Daarom bepaalt artikel 10.1.1 van het verkeersreglement dat "Elke bestuurder zijn snelheid moet regelen zoals vereist wegens de aanwezigheid van andere weggebruikers, in 't bijzonder de meest kwetsbaren, de weersomstandigheden, de plaatsgesteldheid, haar belemmering, de verkeersdichtheid, het zicht, de staat van de weg (...)".

**Besluit:**

De wetten van de fysica maken het zelfs voor doorwinterde bestuurders onmogelijk om in bochten zeer snel te rijden. Je moet immers een snelheid aanhouden waarbij je de controle hebt over de zijdelingse versnelling, die op haar beurt afhangt van de straal van de bocht en van de snelheid... in het kwadraat.

### 3 “Zelfs als ik snel rijd, zijn er bij een ongeval nog altijd de veiligheidsgordel en de airbag(s) om me te beschermen. Ik loop (bijna) geen enkel risico.”

Het gaat hier om een gangbare misvatting, want snelheid maakt de gevolgen van een ongeval juist erger.

#### De energie die bij een ongeval vrijkomt, is recht evenredig met het kwadraat van de snelheid.

De kinetische energie van een voertuig berekenen we aan de hand van volgende formule:

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Gevolg: hoe hoger de snelheid bij een ongeval, hoe groter de botsingskracht die men bij de klap te verwerken krijgt. Zelfs een miniem snelheidsverschil speelt bij een ongeval dus een bepalende rol: er is een wereld van verschil tussen een ongeval bij 30 km/u en een ongeval bij 50 km/u. Rijden aan een te hoge snelheid houdt bovendien ook een hoger risico in voor andere weggebruikers. Onderstaande tabel geeft voor verschillende botsnelheden het overlijdensrisico voor de voetgangers weer.

| Snelheid op het ogenblik van het ongeval | Overlijdenskans voor de voetganger                                    |
|--|---|
| 30 km/u                                  | 15 % kans op overlijden. Lichte verwondingen komen het vaakst voor.   |
| 50 km/u                                  | 60 % kans op overlijden. Mogelijkheid tot invaliditeit of overlijden. |
| 60 km/u                                  | 85 % kans op overlijden.  |
| Meer dan 60 km/u                         | <b>Bijna 100 % kans op overlijden.</b>                                |

Bronnen: SETRA (Service technique du Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable, France), Vitesse et mortalité, Savoir de base en sécurité routière, maart 2006.

Ook bromfietzers hebben zwaar te lijden onder de gevolgen van overdreven snelheid bij een ongeval. Omdat ze geen veiligheidsgordel hebben die hun beweging afremt, blijven ze na de klap in beweging tot wanneer ze tegen een obstakel (muur, boom, straatmeubilair...) belanden.

**Vragen:**

Een persoon van 60 kg zit in een auto.

1. Wat is zijn kinetische energie als de auto 30 km/u rijdt?
2. Wat is zijn kinetische energie als de auto 50 km/u rijdt?
3. Wat betekent dit concreet bij een botsing? Vergelijk de vrijgekomen energie tijdens deze botsingen met een vrije val. Gebruik hiervoor de volgende formules:  $E = m \cdot v^2 / 2$  en  $F = m \cdot g \cdot X$  (hoogte van de val).

**Besluit:**

We weten dat de snelheid bij een ongeval een kwadratische relatie vertoont ten opzichte van de vrijgekomen energie die tijdens een ongeval vrijkomt. Een verdubbelde snelheid betekent dus dat de energie bij een ongeval vierdubbelt. Als we de botsing met een val vergelijken, stellen we vast dat de hoogte van de val eveneens vier keer groter geworden is.

**Oplossingen**

- 2.1.1. De stopafstand bij een snelheid van 50 km/u = 14 m (reactieafstand) + 12 m (remafstand) = 26 m.
- 2.1.2. De stopafstand bij een snelheid van 100 km/u = 28 m (reactieafstand) + 49 m (remafstand) = 77 m.
- 2.1.3. De volledige stopafstand bij een snelheid van 100 km/u is ongeveer drie keer langer dan bij een snelheid van 50 km/u. Met andere woorden: als de snelheid verdubbelt, wordt de stopafstand met drie vermenigvuldigd.
- 2.3.1. 64 km/u.
- 2.3.2. 31 km/u.
- 3.1. 2083J.
- 3.2. 5787J.
- 3.3. Bij 30 km/u komt de botsing overeen met een val van 3,5 m en bij 50 km/u met een val van 9,7 m.

**Bronnen**

Compétences et savoirs requis en sciences (humanités générales et technologies), Ministère de la Communauté française, 2001.

Le modulatoroute, interactief labo van «la Prévention Routière», toegankelijk via de website van «la Prévention routière» (Frankrijk) [www.preventionroutiere.asso.fr](http://www.preventionroutiere.asso.fr)

Het woord aan de passagiers, brochure van het BIVV, 2007.

MARTENS, S., Veiligheidsgordel (wetenschapsfiche), BIVV, 2009.

PAGE, J.-M., Fysica en verkeersveiligheid, BIVV, 2008.

Observatorium voor de Verkeersveiligheid, Evolutie van de verkeersveiligheid van 2000 tot 2006, BIVV, 2009.

SETRA (Service technique du Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable, France), Vitesse et mortalité, Savoirs de base en sécurité routière, mars 2006.

Routes et lois physiques, Bureau suisse de prévention des accidents, Berne, 1999.

Te snel... te laat!, folder van het BIVV, 2008.

Auteur: Marie-Noëlle Collart

Aanpassing in het Nederlands: Arne Timmerman, Koen Bastaerts, Pieter Meurez

Wetenschappelijke revisie: Jean-Manuel Page

Verantwoordelijke uitgever: Martin Van Houtte

Wettelijk depot: D/2009/0779/95

Illustraties: Frédéric Thiry en Marmelade

Lay-out: [www.mazygraphic.be](http://www.mazygraphic.be)

Foto's: Isabelle Janssens

Disponible en français