



Gevaren verdieping



300 BAR

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

april 2024

E

© NIPV



Opslag van waterstof

- ▶ Waterstof heeft een lage dichtheid:
1 liter waterstof weegt ongeveer 0,083 gram.
- ▶ Om veel waterstof op te slaan wordt het onder (hoge) druk gebracht, bijvoorbeeld:
 - ❑ voor de aandrijving van voertuigen (700 bar voor auto's, 350 bar voor bussen en trucks).
 - ❑ voor buisleidingen (100 mbar – 50 bar).
 - ❑ voor opslag en transport (cilinders (300 bar), tubes (200 bar)).
- ▶ Voor het verwarmen van woningen is de druk in gasleidingen laag (30 mbar).



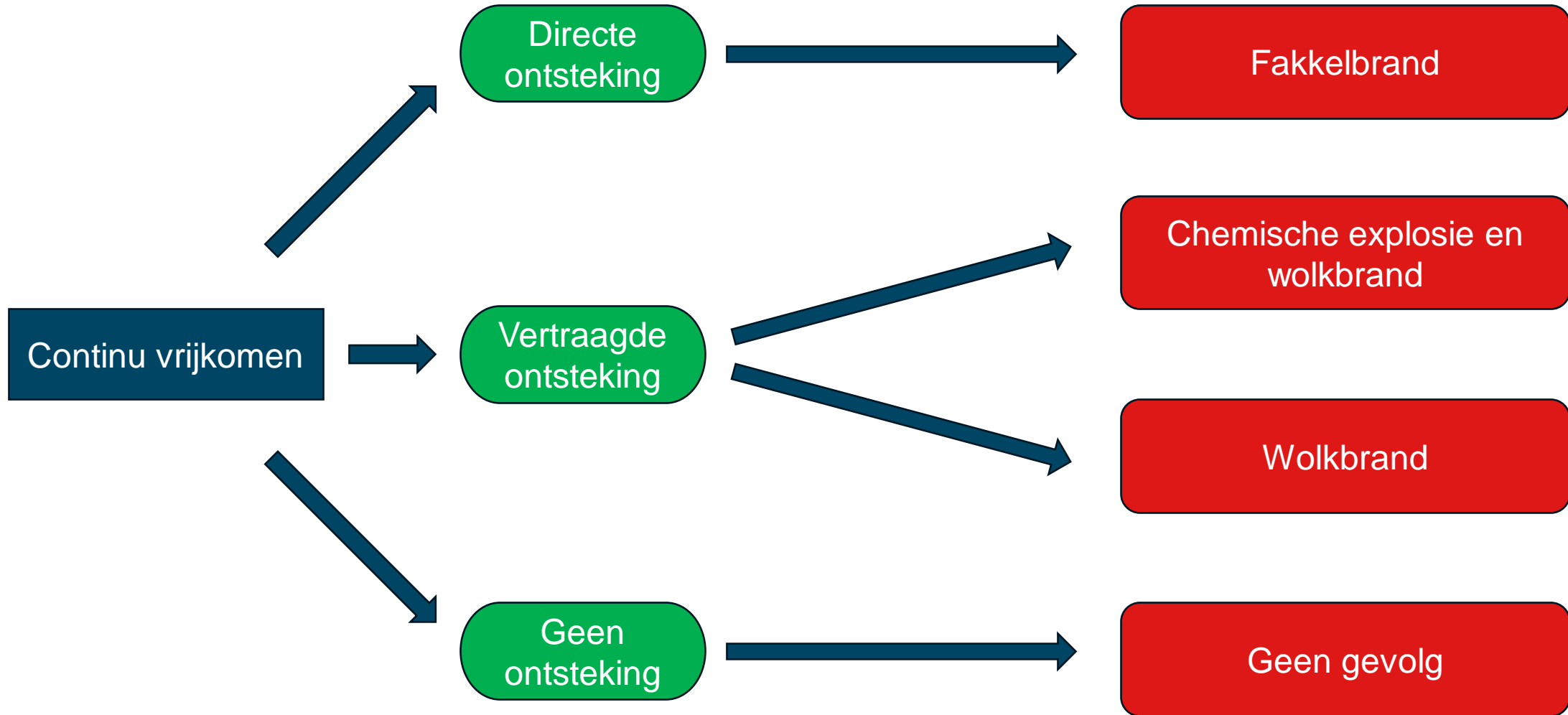
Tubetrailer die waterstof aan het laden is



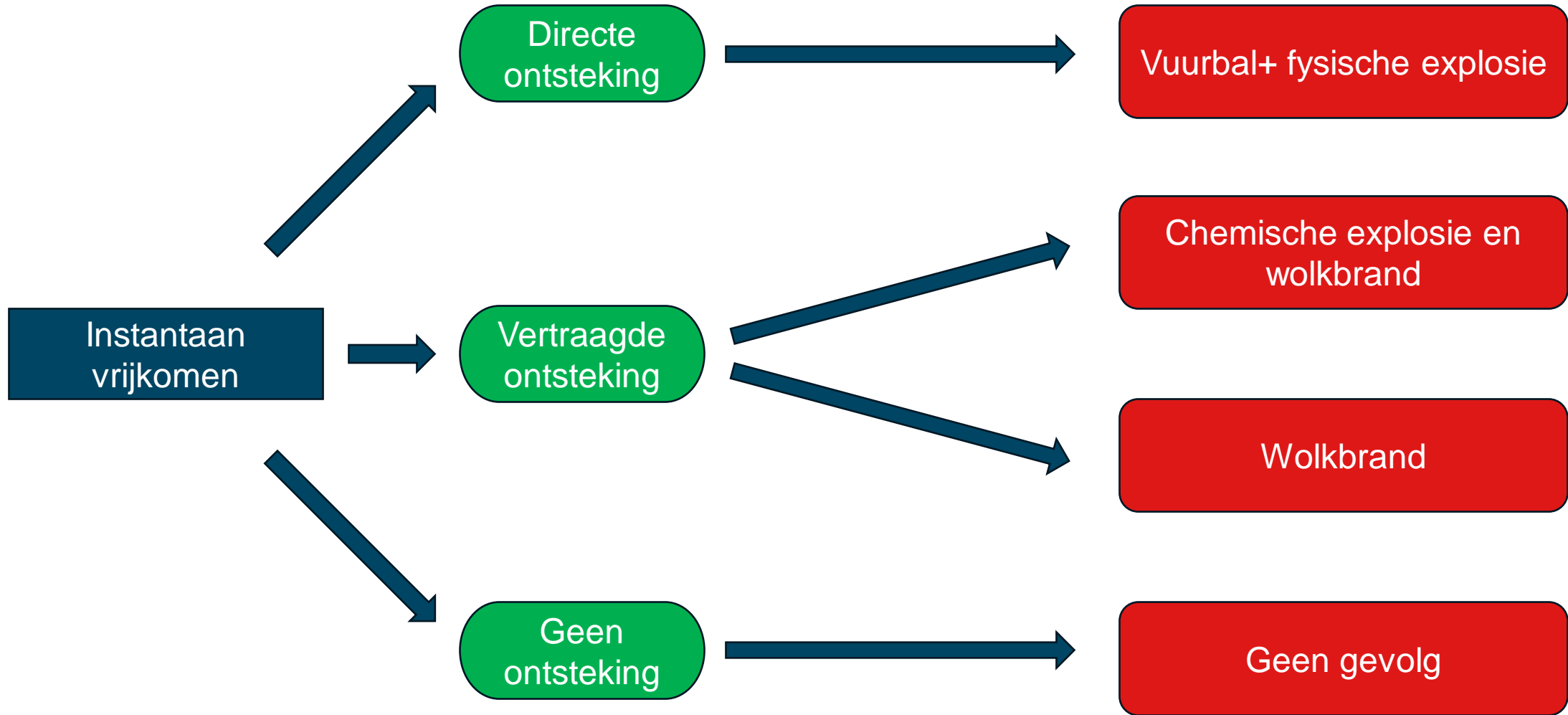
Faalmechanismen en effecten

- ▶ Er zijn twee faalmechanismen:
 - ❑ continu vrijkomen van waterstof
 - ❑ instantaan vrijkomen van waterstof.
- ▶ Nadat waterstof vrijgekomen is, kan het direct, vertraagd of niet ontstoken worden.
- ▶ Op de volgende twee pagina's staat in een flowschema uitgewerkt wat de mogelijke gevolgen zijn.
- ▶ Als waterstof vrijkomt in een besloten omgeving, bestaat het gevaar van ophoping.

Gevolgen van **continu** vrijkomen van waterstofgas



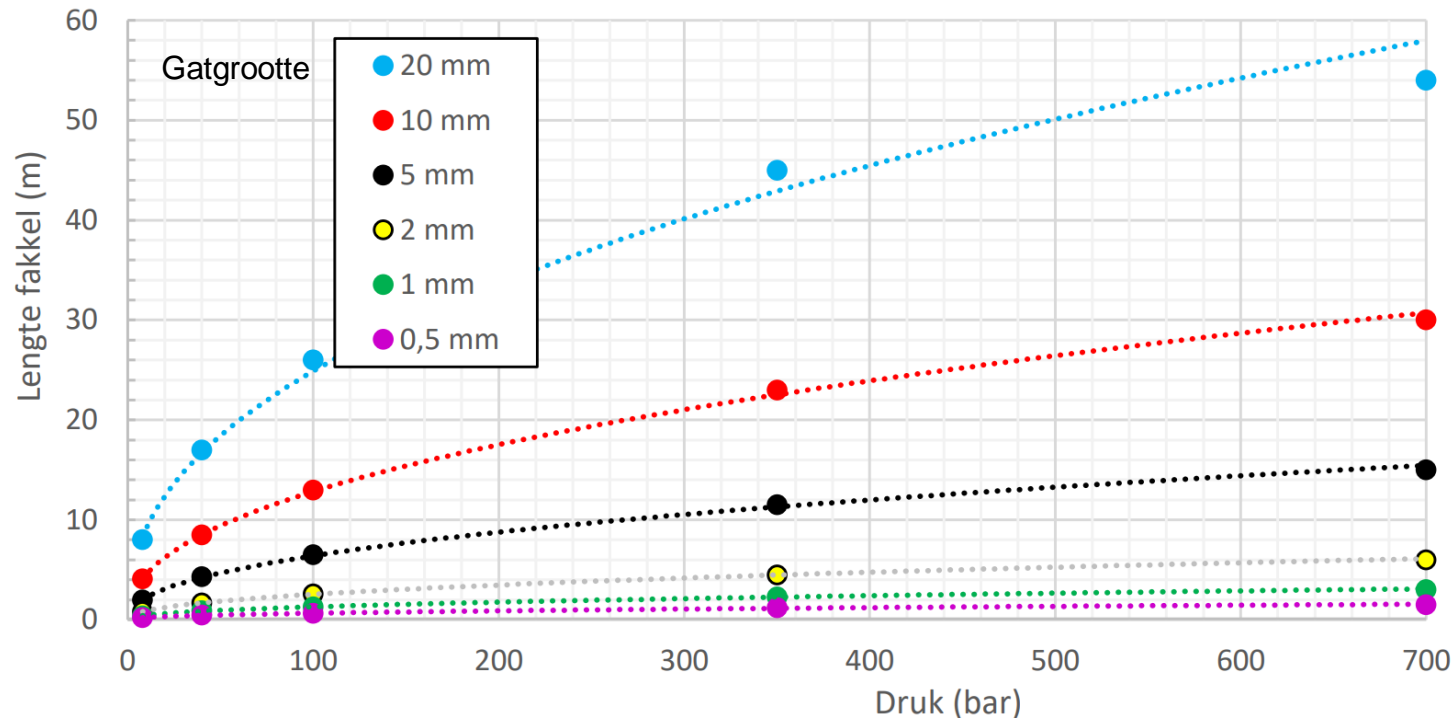
Gevolgen van **instantaan** vrijkomen van waterstofgas





Fakkel

- ▶ Als waterstof onder hoge druk vrijkomt via een gat en direct ontstoken wordt, ontstaat er een fakkelbrand.
- ▶ De lengte van de fakkel is afhankelijk van druk en de grootte van het gat:





Fakkeleigenschappen

- ▶ De meeste waterstof komt in de eerste minuut vrij, dus de fakkel is dan het langst.
- ▶ Na deze minuut is de druk lager en wordt de fakkel veel korter.
- ▶ De totale uitstroom duurt maar een paar minuten.



Fakkeleigenschappen

- ▶ Moeilijk zichtbaar zonder speciale meetapparatuur.
- ▶ De vlam is zeer heet, maar er is weinig warmtestraling buiten de fakkel.
- ▶ Hierdoor is de fakkel (ook ongemerkt) tot op korte afstand te benaderen.
- ▶ Het ontsnappen van gas onder hoge druk is goed hoorbaar.
- ▶ Een fakkel kan secundaire branden veroorzaken, maar constructies zullen door de korte duur niet snel bezwijken.



Warmtebeeldcamera maakt waterstofvlammen zichtbaar



Explosie: eigenschappen (1)

- ▶ Er zijn twee soorten explosies: een fysische en een chemische explosie.
 - ❑ Chemische explosie: er gebeurt een chemische reactie die zo snel verloopt, dat een explosie ontstaat. Bij waterstof is dat het zeer snel verbranden van een waterstofwolk.
 - ❑ Fysische explosie: energie komt ineens vrij zonder dat er een chemische reactie plaatsvindt. Een voorbeeld is het openscheuren van een waterstoftank doordat het polymere materiaal waarvan de tank is gemaakt, verweekt en verzwakt is door een brand.



Explosie: eigenschappen (2)

- ▶ Een explosie is onder te delen in een deflagratie en een detonatie.
 - ❑ Deflagratie: het vlamfront van de explosie verplaatst zich langzamer dan de snelheid van het geluid.
 - ❑ Detonatie: het vlamfront verplaatst zich sneller dan de snelheid van het geluid.
- ▶ Voor chemische explosies van waterstof geldt dat deze vrijwel altijd deflagraties zijn. Wel kan bij concentraties hoger dan 18,5% de explosie overgaan van een deflagratie naar een detonatie.



Explosie: effecten (1)

- ▶ Bij een fysische explosie ontstaat overdruk
 - ❑ Dichtbij de explosie groot en wordt kleiner met afstand tot de bron.
 - ❑ Verspreidt zich in alle richtingen (een drukgolf), maar bij obstakels wordt de drukgolf gereflecteerd.
- ▶ Bij een chemische explosie ontstaan naast overdruk ook hete verbrandingsgassen.
 - ❑ In de open lucht is de drukopbouw voor het vlamfront beperkt: er ontstaat een wolkbrand.
 - ❑ In besloten ruimtes kan de overdruk wel groot zijn.



Explosie: effecten (2)

- ▶ De drukgolf kan schade aanrichten aan gebouwen en andere objecten.
- ▶ Brokstukken kunnen rondvliegen en schade aanrichten. Door de kracht van de explosie kunnen dit ook brokstukken zijn die niet van de waterstoftank komen, maar bijvoorbeeld van nabijgelegen obstakels zoals een muur of een auto.

Meer weten over waterstof?

Ga naar de Toolbox waterstof op www.nipv.nl/toolbox-waterstof



Algemene informatie waterstof



Eigenschappen van waterstof



Gevaren van waterstof



Herkennen van waterstof



Maatregelen bij waterstof



Waterstofincidenten



Beeldbank waterstof

Het NIPV heeft zijn uiterste best gedaan om bronnen en rechthebbenden van beeldmateriaal dat wordt gebruikt te achterhalen. Wanneer desondanks beeldmateriaal wordt getoond waarvan u (mede-)rechthebbende bent en u geen toestemming voor het gebruik hebt verleend, kunt u contact opnemen met info@nipv.nl.