

History of Safety Science

Veiligheidskunde is een interdisciplinair vakgebied en heeft de afgelopen twee eeuwen een cruciale rol gespeeld bij het vormgeven van onder meer arbeidsveiligheid, rechten van werknemers, en sociaal welzijn. De reeks van geschiedkundige posters 'History of Safety Science' belicht de evolutie en het belang van veiligheid als hoeksteen van onze moderne progressieve samenleving. In deze editie komt de derde periode (1930-1950) aan bod: de Tweede Wereldoorlog, stijgende productie- en ongevallencijfers.

De posters zijn gebaseerd op het boek 'Van Veiligheid naar Veiligheidskunde' (Swuste et al., 2019). De posters zijn ontworpen door Rioshar Yarveisy met input van Paul Swuste, Genserik Reniers en Karolien van Nunen (Safety and Security Science Section, TU Delft).

Alle posters (in het Nederlands en het Engels) zijn beschikbaar via de website edu.nl/w4vvy of via volgende QR-code:



edu.nl/w4vvy

De Tweede Wereldoorlog, Stijgende De oorsprong van moderne arbeids- en technische veiligheid,

Voor de Tweede Wereldoorlog bestonden er verschillende benaderingen voor het beheersen van ongevalrisico's, waaronder de gedragstheorie. Er ontstond een nieuwe kwantitatieve benadering, waarbij gebruik werd gemaakt van wiskunde en statistiek. Deze benadering werd aanvankelijk gebruikt voor militaire doeleinden en werd bekend als operationeel onderzoek. Later werd de benadering ook toegepast in de private sector. Dit leverde waardevolle gegevens op voor het kwantificeren van risico's en het onderbouwen van managementbeslissingen. Wel zorgde de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van gegevens voor beperkingen, net zoals de noodzaak om bij beleidsbeslissingen rekening te houden met niet-kwantificeerbare factoren.

Deze periode in de Verenigde Staten

De **psychologische benadering van ongevallen** verloor in Europa aan populariteit, maar in de Verenigde Staten bleef de brokkenmakertheorie populair. Het idee dat er persoonlijkheden bestonden met een hoger risico op ongevallen bleef in zwang, hoewel dit gebaseerd was op gebrekkige studies waarbij persoonlijkheidstests ontbraken en waarbij er vertrouwd werd op subjectieve interpretaties. In plaats van uitsluitend in te zetten op voorlichting van werknemers, bleken veilige machines en installaties effectiever te zijn om ongevallen door menselijke fouten te voorkomen.



'Safety for you, Safety for all'. Poster van de Illinois WPA Safety Division uit 1936 om veiligheid te promoten.

(Library of Congress, LC-USZC2-5556)

'Work with care'. Poster uit 1936 om veiligheid op het werk te promoten.

(Library of Congress, LC-USZC2-1172)



'Just a scratch, But infection is avoided by immediate first aid on-the-job!'. Poster van de Illinois WPA Safety Division om de directe behandeling van letsel op het werk te promoten.

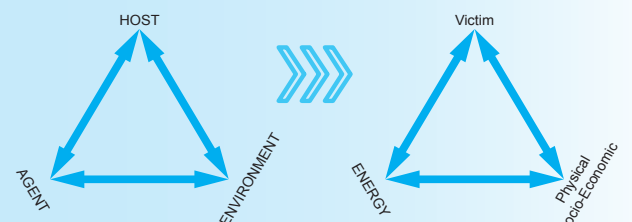
(Library of Congress, LC-USZC2-806)



'Safety comes first'. Een poster met een wiel met spaken en een locomotief om veiligheid op het werk te promoten.

(Library of Congress, LC-USZC2-1139)

In deze periode werd de **epidemiologische driehoek** steeds vaker toegepast op veiligheidskwesties. Artsen die hadden gezien hoe succesvol deze benadering was bij het bestrijden van cholera, stimuleerden het gebruik ervan om ongevallen te voorkomen. De benadering was gericht op het inzichtelijk maken van de interactie tussen het slachtoffer (*host*), de energie (*agent*), en situationele variabelen (*environment*). Gordon (1949) introduceerde de epidemiologische benadering van veiligheid, die later verder werd uitgewerkt door Haddon (1963). De etiologische benadering van ongevallen en blootstelling aan gevaren bleek effectiever dan de psychologische benadering. Het model was gebaseerd op het idee dat het aantal ongevallen kon worden teruggedrongen door één element van de driehoek weg te nemen.



De epidemiologische driehoek toegepast op het veiligheidsdomein

1800-1910

1910-1930

1930-1950

Productie- en Ongevallencijfers

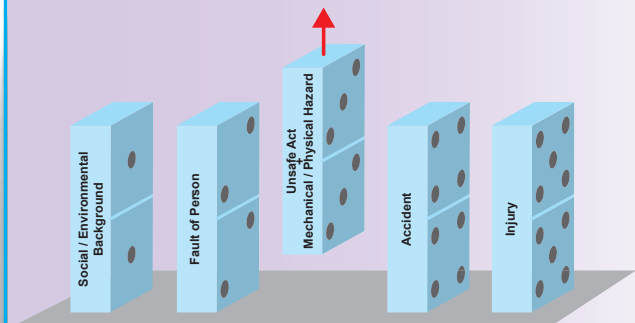
en de dominometafoer voor arbeidsongevallen



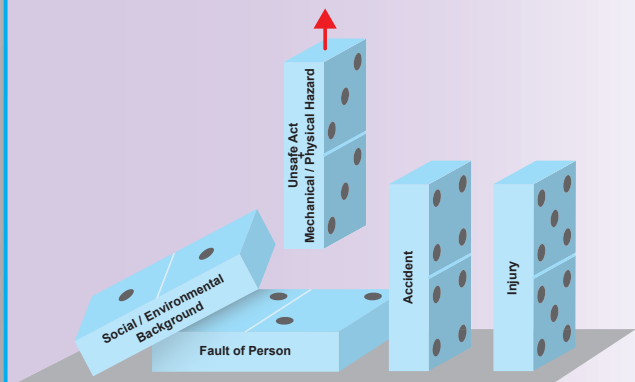
Herbert William Heinrich (1886-1962), een prominente figuur in de veiligheidswetenschappen, beschouwde ongevallen als een proces met een duidelijk onderscheid tussen oorzaken en gevolgen. Hij zette complexe veiligheidskwesties om in numerieke modellen en verhoudingen, zoals de 4:1-proportionaliteitsregel voor verborgen kosten van ongevallen, en de 88:10:2 ratio

voor oorzaken van ongevallen. Hij publiceerde verschillende invloedrijke artikelen, metaforen en numerieke modellen, alsook het veiligheidsreferentieboek *'Industrial Accident prevention: A Scientific Approach'*. De titel van het boek doelt op een wetenschappelijke benadering, maar deze wetenschappelijke benadering is echter beperkt tot de toepassing van statistische analyses. Een onderbouwde wetenschappelijke onderzoeksmethodologie ontbreekt, en Heinrich deelt de data niet die zijn inzichten ondersteunen. Tijdens de Tweede Wereldoorlog benadrukte hij het belang van de preventie van arbeidsongevallen om vertragingen in de wapenproductie te voorkomen. De bijdragen van Heinrich maakten veiligheid voorspelbaarder, en hij pleitte zelfs in oorlogstijd voor het terugdringen van ongevallen. Hij vervulde zijn militaire dienst en werd in 1942 voorzitter van de *Safety Division* van de *War Advisory Board*. Daarnaast bleef Heinrich tijdens en na de oorlog actief als auteur op het gebied van veiligheid.

De dominometafoer (1941) was een van de bekendste bijdragen van Heinrich, waarmee hij directe en indirecte oorzaken van ongevallen verklaarde. Volgens zijn bevindingen was 88% van de ongevallen te wijten aan onveilige handelingen van werknemers, 10% aan onveilige omstandigheden, en 2% werd gezien als onvermijdbaar. Om de veiligheid te verbeteren, stelde Heinrich voor om psychologie te integreren in veiligheidspraktijken, omdat de meeste ongevallen het gevolg waren van falend toezicht en menselijke fouten. De metafoer van vallende dominostenen illustreert het ongevalproces, waarbij het verwijderen van één dominosteentje de opeenvolging van gebeurtenissen kan stoppen. Heinrich meende ook dat mensen met een dubieuze erfelijke of sociale achtergrond een grotere kans hadden op ongevallen.



Combination of Unsafe Acts and Mechanical or Physical Hazards is the accident sequence's central factor



Removing the central factor disrupts the accident sequence

Illustratie van de dominometafoer van Heinrich

Tijdens de oorlog benadrukte Heinrich de cruciale rol van leidinggevenden bij het bevorderen van veiligheid en productiviteit. Hij pleitte voor speciale veiligheidsbijeenkomsten voor leidinggevenden en stelde een kader op voor hun toezichhoudende taken. Heinrich erkende de potentiële voordelen van statistische analyse op het gebied van veiligheid en benadrukte het belang ervan in zijn artikel over veiligheid en verzekeringen. Hij toonde aan hoe samenwerking tussen causaliteits- en veiligheidsingenieurs kon leiden tot betere veiligheidsmaatregelen. Met zijn idee om statistische analyse in te zetten op het gebied van veiligheid was Heinrich zijn tijd vooruit, hoewel dit niet werd vermeld in latere artikelen. Desalniettemin bleef hij openstaan voor probabilistische benaderingen. In 1950 stelde Heinrich een praktisch kader op voor veilige en efficiënte productie, waarbij hij zijn kennis over ongevalpreventie presenteerde in de vorm van een metafoer van de zogenaamde 'veiligheidssladder'. Dit kader was gericht op het analyseren van ongevallen en het verbeteren van preventie maatregelen. Het groeide uit tot de standaard voor de ontwikkeling van veiligheidssystemen. Het kader bestond uit

1930-1950

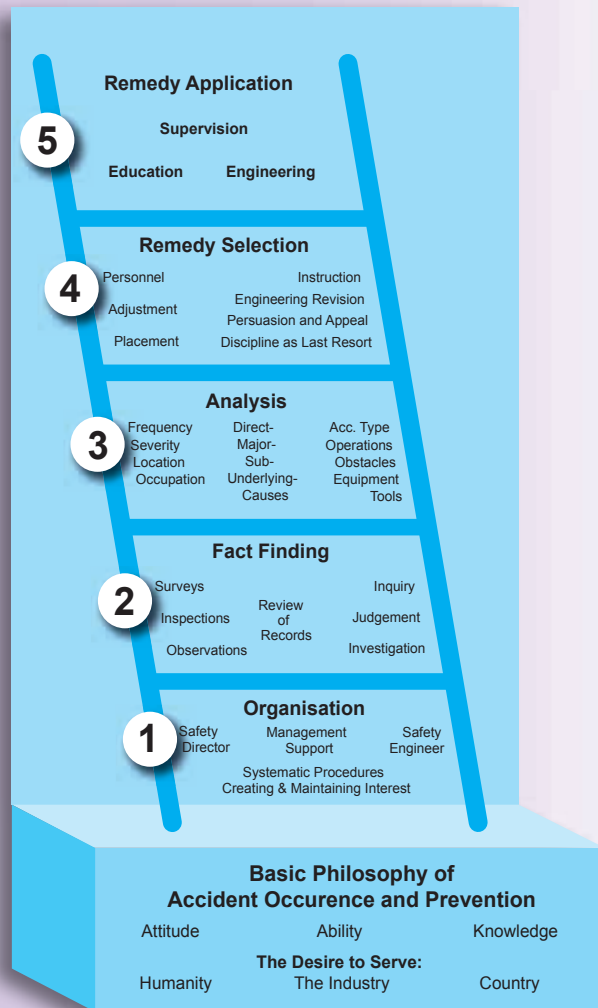
1950-1970

1970-1990

1990-2010

2010→

vijf stappen: organisatie, feitenonderzoek, analyse, selectie van de maatregel, en toepassing van de maatregel. De bijdrage van Heinrich was een van de eerste duidelijke systemen voor veiligheidsmanagement. Er ontbrak echter een wetenschappelijke onderbouwing voor het kader van Heinrich, in tegenstelling tot het werk van eerdere auteurs zoals DeBlois en Armstrong. De onderliggende uitgangspunten bleven onbekend, waardoor zijn idee weinig erkenning kreeg in wetenschappelijke kringen.



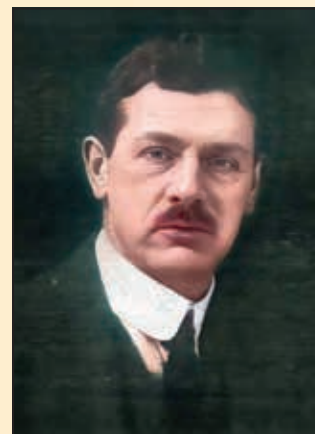
Illustratie van de metafoor van de 'veiligheidsladder' van Heinrich

De praktische veiligheidsbenadering van Heinrich legde de nadruk op eenvoudige oplossingen voor veiligheidsprofessionals. Hij introduceerde concepten als verborgen kosten van ongevallen, de dominometafoor voor ongevallen, en een kader voor veilige industriële productie. Het gebrek aan gedetailleerde data en methodologie in zijn publicaties maakt de numerieke waarden van zijn ratio's echter discutabel. Desondanks heeft het werk van Heinrich nog altijd een grote invloed op hedendaagse veiligheidsinstructies en -praktijken.

In 1941 erkende president Franklin D. Roosevelt het belang van de *National Safety Council*, de nationale organisatie voor arbeids- en verkeersveiligheid: "Mobiliseer de nationale middelen om een gecoördineerde en intensieve campagne tegen ongevallen te leiden, en om alle burgers, in een publieke of private hoedanigheid, op te roepen om deel te nemen aan deze campagne en hun steentje bij te dragen aan het voorkomen van verspilling van menselijke en materiële hulpbronnen van het land vanwege ongevallen." (Roosevelt, F.D., 1941) Er werden in deze periode verschillende naslagwerken gepubliceerd, waaronder meerdere edities van 'Industrial Accident Prevention' van Heinrich in 1931, 1941 en 1950. Daarnaast publiceerden Armstrong et al. in 1945 het handboek 'Safety Organization'.

Deze periode in het Verenigd Koninkrijk

In het Verenigd Koninkrijk deden zich in deze periode geen belangrijke ontwikkelingen of gebeurtenissen voor op het gebied van veiligheid, afgezien van de publicatie van het boek 'Accidents and Their Prevention' van Vernon in 1936. Hoewel Vernon een achtergrond had in scheikunde, fysiologie, biologie en geneeskunde, koos hij voor een interdisciplinaire benadering van veiligheid. Zijn onderzoek had betrekking op veiligheid in de industrie en mijnbouw, de transportsector, en in de thuisomgeving. Vernon onderbouwde zijn benadering met uitgebreide gegevens uit zijn onderzoek en van de Britse Arbeidsinspectie, waaruit bleek dat er in de transportsector en de thuisomgeving meer dodelijke slachtoffers vielen dan in de industrie. Hij deed ook onderzoek naar omgevingsfactoren zoals temperatuur, vermoeidheid, productiesnelheid, ventilatie, en alcoholgebruik. Vernon stond kritisch tegenover bepaalde tests met betrekking tot ongevalgevoeligheid en benadrukte de complexiteit van menselijke factoren in vergelijking met



Horace Middleton Vernon (1870-1951), een pionier op het gebied van onderzoek naar gezondheid en de industrie.

mechanische defecten. Hij pleitte voor de inzet van technische veiligheidsoplossingen en onderstreepte het belang van veiligheidscommissies en inspecties op het werk. Vernon benadrukte dat wetgeving zonder inspectie niet effectief is.

Deze periode in Nederland

In Nederland werd in deze periode een kleinere bijdrage aan veiligheidsonderzoek geleverd dan in de VS en het VK. Wel werden er in deze tijd belangwekkende proefschriften gepubliceerd van Ter Borg (1939) en Herold (1945). Ter Borg maakte voor zijn onderzoek gebruik van vragenlijsten om de ongevalsfactoren bij Hoogovens en andere Nederlandse bedrijven te onderzoeken, waarmee hij de brokkenmakers-theorie onderbouwde. Daarnaast benadrukte Ter Borg het belang van het aanpakken van ongevalsgevoeligheid in veiligheidsvoorlichting voor werknemers. Het onderzoek van Herold was gericht op mijnwerkers in het zuiden van Nederland. Hierbij maakte hij gebruik van een reeks aesteto-kinetische testen die was ontwikkeld door een Britse onderzoeksgroep. Herold legde geen rechtstreeks verband tussen ongevallen en de testresultaten, maar benadrukte wel dat bedrijfstrainingen konden bijdragen aan het voorkomen van ongevallen. Ook in de Nederlandse literatuur met betrekking tot veiligheid werd de nadruk gelegd op veiligheidsvoorlichting voor werknemers en ontwerpgerelateerde veiligheidsaspecten, in navolging van de bekende Amerikaanse slogan 'Safety Pays Off'.



Poster met de juiste armseinen voor hefwerkhuizen in verschillende werksituaties



De poster van na WOII impliceert dat arbeid het gevaarlijke Nederland kan herstellen

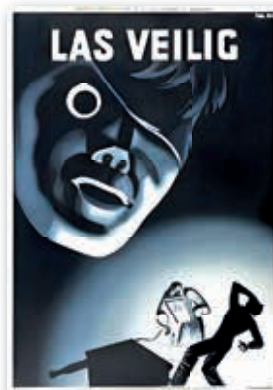


Nederlandse veiligheidsposter met de tekst: Is uw gezin u heilig? Werk dan veilig

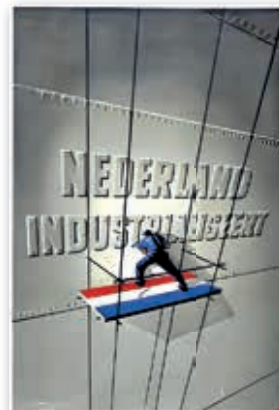


Nederlandse veiligheidsposter ter bevordering van het gebruik van ademhalingsapparatuur

Het Veiligheidsmuseum speelde in de jaren 1930 een centrale rol bij het verbeteren van de arbeidsveiligheid in Nederland. Het museum verzamelde gedetailleerde gegevens over ongevallen per 1.000 werknemers door arbeidsongevallen te registreren. Deze informatie werd gebruikt voor de verbetering van veiligheidsposters, waarvan sommige specifiek werden toegespitst op bepaalde machines of handelingen. Het museum speelde ook een pioniersrol in de ontwikkeling van bedrijfsgeneeskundige diensten gericht op het vroegtijdig opsporen van tuberculose. De Arbeidsinspectie toonde zich met name bezorgd over ongevallen met elektriciteit. Hoewel veiligheidscommissies niet verplicht of gebruikelijk waren in de industrie, kwam de discussie over het belang ervan na de oorlog weer op gang, met uiteenlopende meningen van werkgevers en werknemers. De Nederlandse overheid was een voorstander van deze commissies en diensten, en stelde voor ze te laten leiden door een veiligheidsinspecteur of -ingenieur om de focus en doeltreffendheid te garanderen.



Nederlandse poster voor arbeidsveiligheid die waarschuwt voor een lasoog



Poster van na WOII met de tekst: Nederland industrialiseert



Een Nederlandse poster om hygiëne te promoten met de tekst: niet spuwen.



Onveilige stempelpersen leiden tot wel 546 ongevallen per jaar