



D3.2_Ontwerprichtlijnen voor veilige mens technologie interactie

BowTies for safe interaction with technologies in warehouses

Date: june 2022

Authors: Coen van Gulijk and Marit Wilms

Type: Public

Dit onderzoeksproject maakt deel uit van het onderzoeksprogramma Duurzame Living Labs dat (mede)gefinancierd is door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), Ministerie Infrastructuur & Waterstaat, Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek (SIA) en de Topsector Logistiek (Nummer 439.18.452 A).

Introductie

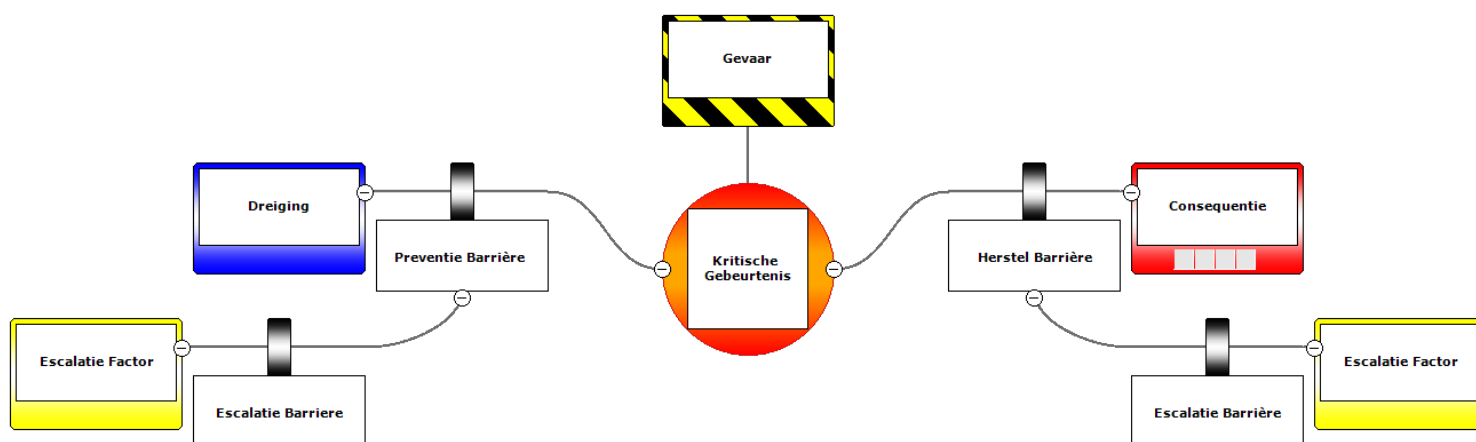
De logistiek in Nederland is hypermodern. Het is daarom niet vreemd dat steeds vaker robots worden ingezet in de logistieke keten. Robots kunnen saaie taken overnemen en maken het werk lichter en efficiënter. Robots worden steeds vaker zelfsturend (intelligent?) zodat zij ook taken zelfstandig kunnen uitvoeren. Hierdoor verandert de werksituatie voor werknemers en moet de veiligheid worden geëvalueerd.

Robots zijn machines die werk ondersteunen. Daarmee zijn het arbeidsmiddelen die, in het kader van de arbeidsomstandighedenwet, veilig moeten zijn voor werknemers. Veiligheid op het werk wordt op verschillende manieren gewaarborgd. VCA certificering is een belangrijke schakel. Iedereen die een VCA training heeft gedaan is op de hoogte van de meest voorkomende arbeidsmiddelen en hoe daar veilig mee om te gaan. Bedrijven waar meerdere mensen werken zijn verplicht een *RI&E* te maken: een Risico Inventarisatie en Evaluatie. Hierin is een inventarisatie gemaakt van de risico's waar medewerkers aan bloot staan (en wat er gedaan is om die risico's te verminderen). In de RI&E kunnen ook arbeidsmiddelen worden opgenomen die gevaar opleveren voor werknemers. Voorbeelden zijn: vorkheftrucks, schepen en kranen. Met een toenemend gebruik van intelligente robots zullen deze steeds vaker opgenomen worden in de lijst met arbeidsmiddelen. Er zal dan ook voor de logistieke processen en opslaghallen een integraal veiligheidsplan moeten zijn opgesteld om de veiligheid van werknemers te borgen.

Dit document beschrijft 3 verschillende BowTies waarmee inzicht gegeven wordt in de ontwerprichtlijnen rondom veilige mens technologie samenwerking (deliverable 3.2).

Basisbegrippen van Veiligheid in het Kader van Bowtie

De bowtie is een hulpmiddel voor veiligheidsbeheersing. Het doel is om risico's en maatregelen inzichtelijk te maken. De grafische weergave legt een link tussen de belangrijkste risico-elementen en hoe zij onderling samenhangen. De elementen worden vervolgens gekoppeld aan activiteiten die medewerkers uitvoeren in het kader van veiligheid. Deze koppeling stelt een organisatie in staat om haar risico's en de maatregelen voor het beheersen van die risico's te beheren.



Kernelementen in de bowtie.

De BowTie bestaat uit acht kernelementen. Deze zijn:

1. Het Gevaar
2. De Kritische Gebeurtenis
3. De Consequentie
4. De Dreiging
5. De Preventie Barrière
6. De Herstel Barrière
7. De Escalatie Factor en
8. De Escalatie Barrière

Het **gevaar** volgt uit een normaal bedrijfsproces wat risico's met zich meebrengt die je moet of wilt beheersen. Het is verleidelijk om alleen hoog-risico processen te behandelen maar de meerwaarde van de bowtie is het grootst als een breed scala van normale arbeidsprocessen wordt gebruikt. Voorbeelden zijn:

- Opslag van materialen hoger dan 1,8 meter,
- Laden en lossen van gevaarlijke chemicaliën, en
- Geautomatiseerd AGV transport van lasten boven de 23 kg.

De **kritische gebeurtenis** is het moment waarop de controle op het proces verloren is. Daarbij is het belangrijk dat de gebeurtenis een objectief observeerbare gebeurtenis waar, als die eenmaal opgetreden is, je niet zeker weet of de situatie veilig is en wat er dan misgaat. Voorbeelden zijn:

1. De lading hangt voor meer dan 15% van zijn lengte buiten de stellage (opslag hoger dan 1,8 meter)
2. Obstakels op de laadplaats (laden chemicaliën)
3. De AGV is buiten de aangewezen beweegruimte geraakt (AGV transport boven 23 kg)

Bij de **consequenties** wordt in eerste instantie in kaart gebracht wat de mogelijke schadelijke gevolgen voor mensen zijn. Dat wil zeggen, of zij verwondingen kunnen oplopen (misschien wel oplopend tot de dood). Meestal wordt er ook materiele schade en schade aan het milieu meegenomen maar als je alleen veiligheid wilt afdekken dan hoeft dat in principe niet. De consequentie wordt geformuleerd als [schade] door [gebeurtenis]. Er kunnen meerdere consequenties aan een kritische gebeurtenis worden gekoppeld. Het is daarbij handig om het aantal verschillende consequenties te beperken zonder te veel te generaliseren. Voorbeelden kunnen zijn:

1. De lading hangt voor meer dan 15% van zijn lengte buiten de stellage (opslag hoger dan 1,8 meter)
 - a. Verwonding door vallende lading
 - b. Schade aan stellage door overbelasting
 - c. Schade en verwonding door botsing met overstekende lading
2. Obstakels op de laadplaats (laden chemicaliën)
 - a. Schade en verwonding door botsing met vorkheftruck
 - b. Lekkage door botsing en/of omvallen lading
 - c. Brandwonden door contact met vrijgekomen chemicaliën na botsing
3. De AGV is buiten de aangewezen beweegruimte geraakt (AGV transport boven 23 kg)
 - a. Verwonding aan been door botsing/struikelen met mensen
 - b. Overbelasting voor tillen van last groter dan 23 kg bij opruimen
 - c. Schade aan gebouw door botsing AGV

Dreigingen zijn de mogelijke oorzaken van de kritische gebeurtenis. Er zijn een aantal spelregels voor het opnemen van dreigingen. De eerste is dat de oorzaak het beste kan worden geformuleerd als een observeerbare gebeurtenis. Dat maakt de oorzaak tastbaar (en telbaar). De tweede is dat de oorzaak zonder onderbreking rechtstreeks tot het kritische event leidt. De laatste is dat de oorzaak zelfstandig is en er dus geen afhankelijkheid is van andere gebeurtenissen. Het helpt om de dreiging specifiek te maken door de manier waarop de dreiging materialiseert ook op te schrijven. Voorbeelden zijn

1. De lading hangt voor meer dan 15% van zijn lengte buiten de stellage (opslag hoger dan 1,8 meter)
 1. AGV laadt de stellage verkeerd
 2. Stellage is beschadigd

3. Laden boven bereik van exoskelet
 - a. Verwonding door vallende lading
 - b. Schade aan stellage door overbelasting
 - c. Schade en verwonding door botsing met overstekende lading
2. Obstakels op de laadplaats (laden chemicaliën)
 1. Vrachtwagens zijn vol of vertraagd
 2. Fout in planning
 3. Vracht op verkeerde laadplatform
 - a. Schade en verwonding door botsing met vorkheftruck
 - b. Lekkage door botsing en/of omvallen lading
 - c. Brandwonden door contact met vrijgekomen chemicaliën
3. De AGV is buiten de aangewezen beweegruijme geraakt (AGV transport boven 23 kg)
 1. AGV is defect
 2. Botsing met obstakel
 - a. Verwonding aan been door botsing/struikelen met mensen
 - b. Overbelasting voor tillen van last groter dan 23 kg bij opruimen
 - c. Schade aan gebouw door botsing AGV

Door het gevaar, de kritische gebeurtenis, de consequenties en de dreigingen in kaart te brengen wordt de risico-ruimte weergegeven. Het is de bedoeling om de risico-ruimte zo volledig mogelijk aan te geven zoals die in de normale bedrijfsvoering optreedt. Het is heel duidelijk niet de bedoeling om een opsomming te maken van exotische of zeer extreme ongevallen. De risico-ruimte is de achtergrond waarin veiligheidsmaatregelen worden genomen. De veiligheidsmaatregelen zijn alle activiteiten die bijdragen aan veiligheid. Het is daarbij handig om te denken in termen van maatregelen die ongevallen voorkomen. Deze maatregelen worden in het bowtie jargon 'barrières' genoemd. In de arbeidsomstandighedenwet kunnen die gezien worden als arbeidsveiligheidsmiddelen maar de begrippen overlappen niet volledig.

Barrières zijn de maatregelen die de organisatie genomen heeft om ongevallen te voorkomen. Dat kan variëren tot (wettelijk verplichte) noodverlichting tot gedetailleerde veiligheidsprocedures of fysieke maatregelen zoals hekken of extra spiegels op vrachtwagens. Er zijn drie soorten barrières, deze worden besproken nadat we de escalatiefactors behandelen.

Een **escalatiefactor** is een oorzaak van het verslechteren van een barrière. Het lijkt dus een beetje op een dreiging maar in dit geval gaat het niet (alleen) om de barrière maar ook om het verminderen van de effectiviteit van de barrière. Een goed voorbeeld van een escalatiefactor is onvoldoende onderhoud of onvoldoende kennis van zaken: zonder onderhoud gaat de batterij van een noodverlichting stuk en wanneer er onvoldoende kennis is van evacuatieplannen is een goed werkende noodverlichting alsnog zinloos. Voor escalatiefactoren zijn de criteria minder streng dan voor dreigingen; er is dus meer vrijheid om hier oorzaken toe te voegen maar het heeft normaal gesproken geen zin om oorzaken te verzinnen die zeer exotisch zijn.

De beschermende maatregelen, de barrières, kunnen op drie plaatsen worden ingezet en hebben daarom verschillende namen en verschillende eisen:

Preventie-barrières: deze zijn de maatregelen die je genomen hebt om ongevallen te voorkomen. De barrières moeten voorkomen dat dreigingen uitmonden in de kritische gebeurtenis. Deze barrière is alleen 'geldig' als de maatregel ingrijpt in het tijdspad tussen het ontstaan van de dreiging en de kritische gebeurtenis. Het dus gaan om het detecteren dat het causale pad is geactiveerd (de pallet staat scheef in de stelling), het nemen van een besluit over wel-of-niet ingrijpen (de opzichter bepaalt of het pallet verzet moet worden), en tenslotte het actief ingrijpen in het causale pad (we geven Fred de opdracht om pallet recht te zetten met een vorkheftruck). Een ander voorbeeld is noodverlichting die automatisch aanschakelt als de stroom uitvalt; een weer een andere is een noodstop op een AGV. Merk dat deze barrière (deze maatregelen), moeten zijn geborgd in werkprocessen van het bedrijf, bijvoorbeeld via onderhoudsprogramma's, periodieke tests of in onderwijs.

Herstel-barrières: deze grijpt in nadat de kritische gebeurtenis is opgetreden en de situatie de consequenties zo veel mogelijk worden beperkt of de situatie weer terug wordt gebracht naar een stabiele, veilige situatie. Deze barrières hebben dezelfde eisen maar de barrières kunnen heel breed zijn (een BHV organisatie helpt elk type verwondingen verminderen).

Escalatie-barrières, deze barrières grijpen tussen het bestaan van een escalatiefactor en de barrière. Deze barrières zijn normaal gesproken niet kritisch maar zorgen ervoor dat de conditie van de barrières niet verslechteren. Hierbij moet je denken aan: jaarlijkse trainingen, het jaarlijks updaten van procedures, regulier onderhoud enzovoorts. Probeer te voorkomen escalatie-barrières preventie of herstel barrières worden. Bijvoorbeeld: training en onderwijs zijn zelden onderdeel van het kritische tijdspad, meestal is er onvoldoende tijd tussen het optreden van een dreiging om eerst een cursus te doen om vervolgens de situatie te herstellen. In het voorbeeld van de pallet die scheef staat in de stelling gaan we niet Fred eerst op cursus sturen om hem te leren hoe je pallets recht in de stelling te zetten en hem daarna vragen de pallet recht te zetten. Die kennis moet al aanwezig zijn voor (en na) het incident. De organisatorische maatregelen om ervoor te zorgen dat Fred al zijn cursussen gedaan heeft en professioneel handelt vallen niet in het kritische pad. Dat maakt de training en professionaliteit van Fred (en zijn collega's) een escalatie-barrière.

Met deze acht onderdelen kan een veiligheid systeem voor robot-veiligheid worden ingericht.

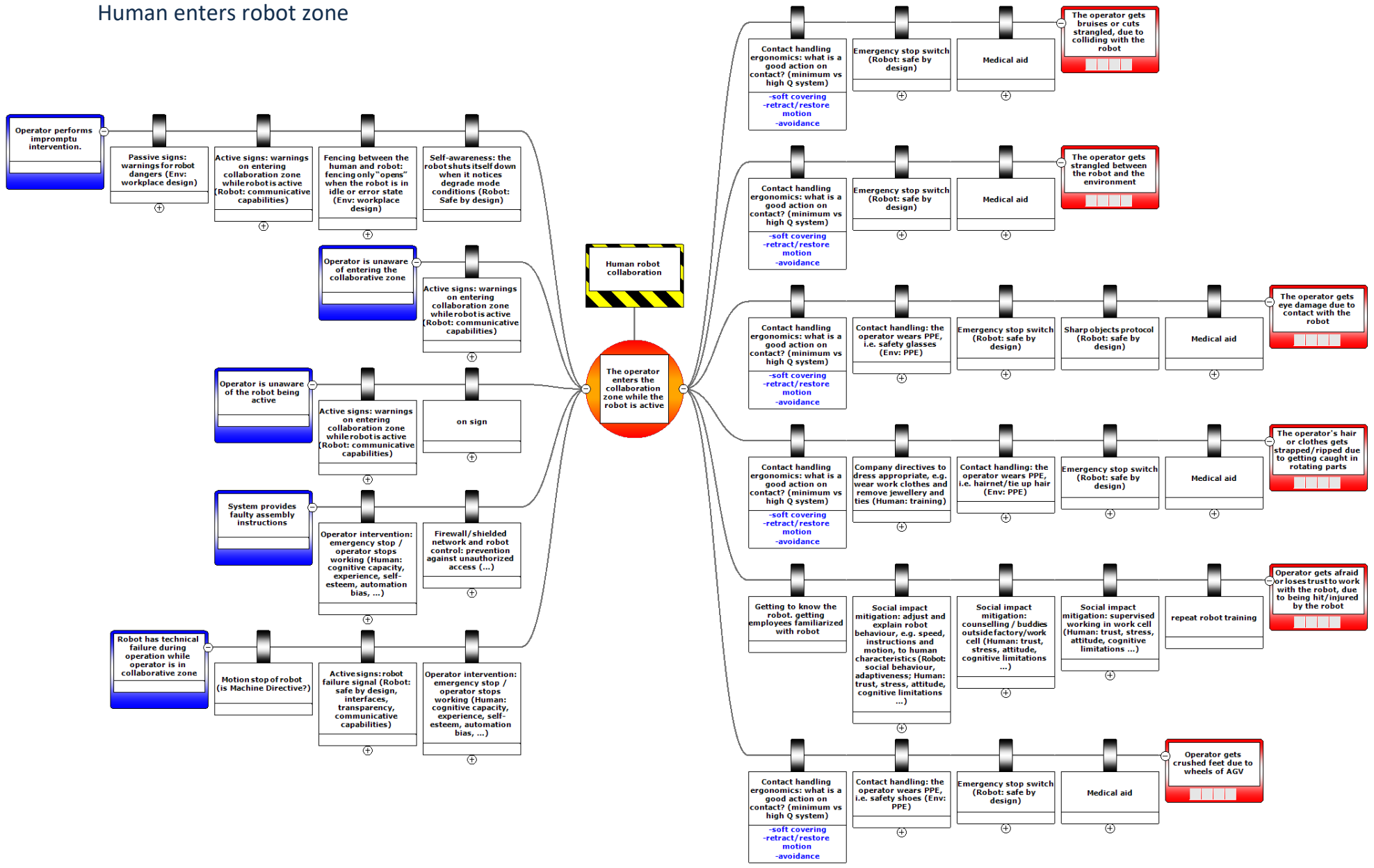
Bowties

Er zijn 3 kritische gebeurtenissen geïdentificeerd ten aanzien van mens-robot samenwerking:

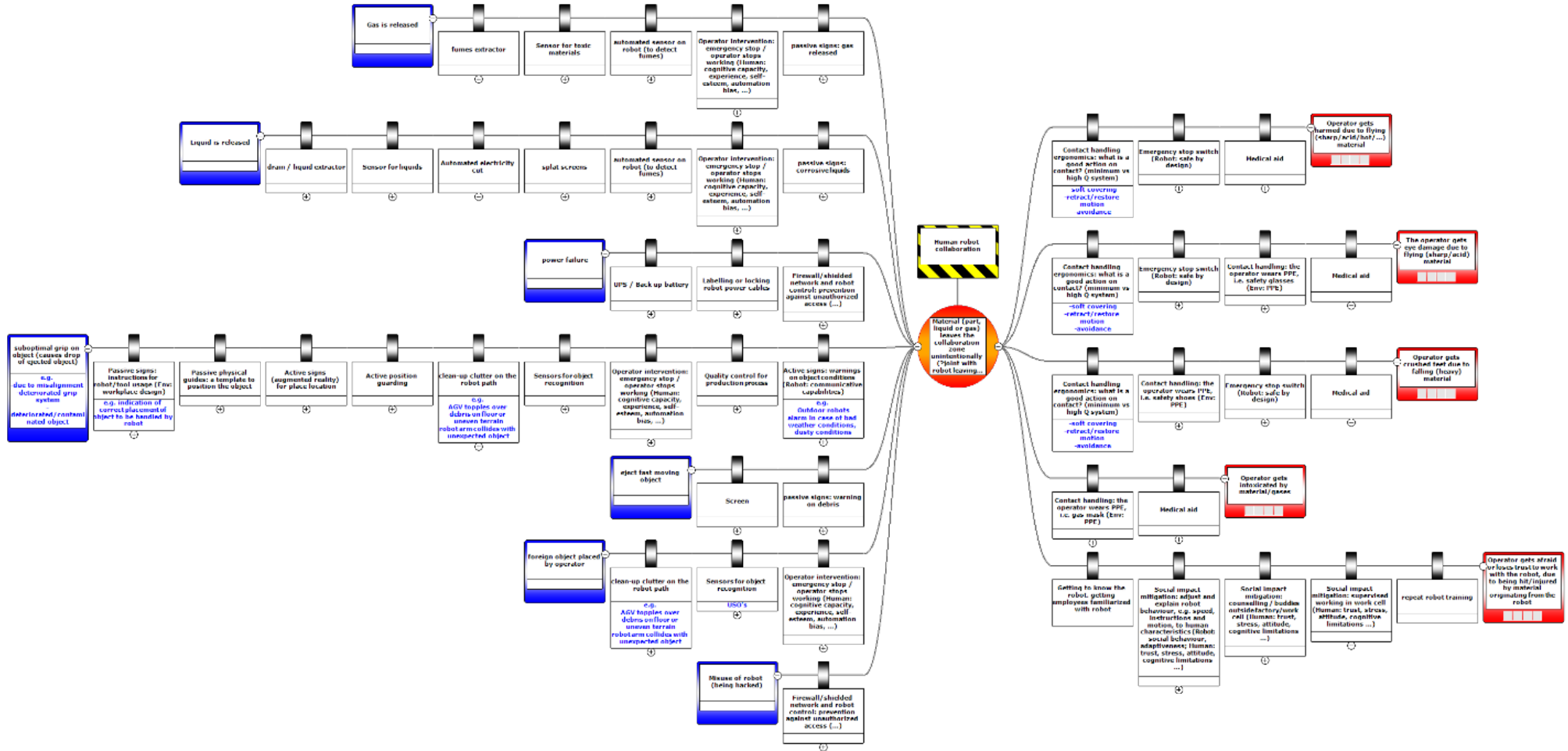
1. De mens komt in de robot zone; dit is het geval als de mens ín de zone van de robot komt.
2. Materiaal komt buiten de robot zone; dit is het geval als er materiaal búiten de robot zone komt.
3. De robot komt buiten de robot zone; dit is het geval als de robot de robot zone verlaat.

Voor elke kritische gebeurtenis is een BowTie ontwikkeld, waarin de begrippen uit het voorgaande hoofdstuk zijn ingevuld. Deze begrippen zijn allemaal aandachtspunten voor (ontwerp)richtlijnen voor veilige mens robot interactie en grijpen in op verschillende lagen van de mens, technologie en organisatie.

Human enters robot zone



Material leaves robot zone



Robot leaves robot zone

