

PROCESS SAFETY CONGRESS

PGS 37 – LITHIUM BATTERY SAFETY, SAFE STORAGE AND USAGE OF BATTERIES

Alwin van Aggelen – A-RisC / NEN

May 18, 2022



INTRODUCTION A-RISC - ALWIN VAN AGGELEN

- Risk Management Consultant
- Specialised in Barrier Based Risk Management
- Clients
 - Oil & Gas (upstream, midstream and downstream)
 - Energy
 - (Petro) Chemicals
 - Other high risk industries
 - mining, healthcara, aviation, finance, etc.
 - Government and regulators
- PGS
 - Facilitator PGS 19 - Propane tanks
 - Facilitator PGS 36-2 - Hydrogen workshops and storage vehicles
 - Facilitator and editor PGS 29 - Tank storage flammable liquids > 150 m³
 - Facilitator and editor PGS 31 - Tank storage ≤ 150 m³
 - Facilitator and editor PGS 37 - Energy Storage Systems and Battery Storage
 - Facilitator PGS 38 - Multi Energy Stations



INTRODUCTION PGS

- Guidelines for dangerous substances
- 25 Publications (<https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/>)
- Transition to “new style”
- PGS 37 Lithium batteries
 1. Energy Storage Systems
 2. Battery Storage

Lithium-ion accu's: buurtbatterijen

37¹

Lithium-houdende energiedragers: Opslag

37²

*Disclaimer: PGS 37-1 and 37-2 still under construction.
Information shown is based on latest draft but might
differ from final version*

Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen	
Methoden voor het bepalen van mogelijke schade	1
Methods for the calculation of physical effects (yellow book)	2
Guidelines for quantitative risk assessment (purple book)	3
Methods for determining and processing probabilities (red book)	4
Stoffendatabase Serida (ingetrokken)	5
Aanwijzingen voor het toepassen van de Seveso-paragraaf in het Bal	6
Vaste minerale anorganische meststoffen – Opslag	7
Organische peroxiden – Opslag	8
Cryogene gassen – Opslag van 0,150 m3 – 100 m3	9
Vloeibaar zwaveldioxide: opslag en gebruik	10
Chloor: opslag en gebruik (eind 2006 ingetrokken)	11
Ammoniak – Opslag en verlading	12
Ammoniak als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen	13
Handboek brandbestrijdingssystemen	14
Opslag van verpakte gevaarlijke stoffen	15
LPG: Aflieveerinstallaties, vulinstallaties en skid-installaties	16
LPG: tankwagens	17
LPG: depots	18
Propan – Opslag	19
Propan: opslag (vervallen)	20
Propan: opslag (vervallen)	21
Propan: toepassing in wegenbouw- en onkruidbestrijdingsmachines	22
LPG: Vulstations voor flessen en ballonvaarttanks (vervallen)	23
Propan: vulstations voor spuitbussen (vervallen)	24
Aardgas afleverinstallaties voor motorvoertuigen	25
CNG en LNG – Stallen, onderhouden en repareren van motorvoertuigen	26
Gecomprimeerd aardgas: inpandig (vervallen)	27
Vloeibare brandstoffen in ondergrondse installaties en aflevertuistellen	28
Brandbare vloeistoffen – Opslag in verticale cilindrische installaties	29
Vloeibare brandstoffen in bovengrondse tank- en afleverinstallaties	30
Overige gevaarlijke vloeistoffen – Opslag in tankinstallaties	31
Explosieven voor civiel gebruik: bovengrondse opslag	32
Afleverinstallaties van vloeibaar aardgas (LNG) voor voertuigen en werktuigen	33 ¹
Aardgas afleverinstallaties van vloeibaar aardgas (LNG) voor voertuigen en drijf	33 ²
Stationaire drukapparatuur met PS tot en met 0,5 bar	34
Waterstofinstallaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen en werktui	35
Lithium-ion accu's: buurtbatterijen	37 ¹
Lithium-houdende energiedragers: Opslag	37 ²

PGS – OLD STYLE vs. NEW STYLE



RICHTLIJN VOOR BOVENGRONDE OPSLAG VAN BRANDBARE VLOEISTOFFEN IN VERTICALE CILINDRISCHE TANKS	
	<ul style="list-style-type: none">– API 653, indien de tank is ontworpen volgens API 650. [artikel 70, PGS 29:2008]
vs 3.2.6	<p>Tanks met een vast dak moeten zodanig geconstrueerd zijn dat bij overdruk de verbinding tussen de wand en de bodem van de tank niet kan bezwijken en dat tevens de tankwand intact blijft.</p> <p>De constructie moet zodanig zijn dat overdruk buiten de ontwerpspecificaties in de dampruimte wordt voorkomen en af kan worden gevoerd. Dit betreft een beveiliging op de volgende twee aspecten:</p> <ul style="list-style-type: none">– overdruk als gevolg van aanstraling van buitenaf, lekkage van een stoomspiraal etc. zoals beschreven in API 2000 versie 2000, sectie 4.3.3.2 of in NEN-EN-ISO 28300:2008;– overdruk als gevolg van een explosieve verbranding van damp in de tank. <p>Voor explosieve verbranding van damp in de tank geldt dat de tank hiervoor constructief moet voldoen aan API 650 of BS 2654 of NEN-EN 14015.</p> <p>Voor tanks met een diameter kleiner dan 12,5 meter die niet constructief beveiligd zijn ("frangible joint") moet een risicostudie worden uitgevoerd en indien noodzakelijk, moeten maatregelen genomen worden in overeenstemming met de EEMUA 180 benadering. [artikel 75, PGS 29:2008]</p>
vs 3.2.7	<p>In afwijking van de tankbouwnormen, mogen tanks met vaste daken die deel uitmaken van een groep in één tankput toegankelijk zijn via loopbruggen die de tanks onderling verbinden. Loopbruggen moeten aan één zijde vrij kunnen bewegen, conform NEN-EN 14015. De laatste tank in een rij gezien vanuit de opgaande spiraaltrap moet zijn voorzien van een vlucht(kooi)ladder of een additionele spiraaltrap. [artikel 77, PGS 29:2008]</p>
vs 3.2.8	<p>Tanks voorzien van uitwendig drijvende daken mogen nooit door loopbruggen aan elkaar gekoppeld worden. [artikel 78, PGS 29:2008]</p>
3.2.3	Berekeningsgrondslagen voor de fundering
vs 3.2.9	<p>Een nieuw te bouwen tankfunderatie moet worden ontworpen volgens de Eurocodes voor geotechnisch ontwerp en de nationale bijlagen. In aanvulling daarop wordt gebruik gemaakt van de door EEMUA uitgevaardigde richtlijnen voor het ontwerp van een tankfundering. [par 6.1.1, PGS 29:2008]</p>
<p>Toelichting: Voor het ontwerp van een fundering is Eurocode 7 en de nationale bijlage en NEN-EN 9997-1 voor geotechnisch ontwerp van toepassing. In aanvulling hierop wordt EEMUA 183 toegepast voor de daarin opgenomen aanbevelingen voor de tankfunderatie. In bijlage D 'Aanbevelingen tankfunderatie', zijn aanvullingen opgenomen op bovengenoemde normen en richtlijnen.</p>	
PGS 29:2016 VERSIE 1.1 - PAGINA 26 VAN 185	

PGS – OLD STYLE vs. NEW STYLE

- No clear linkage between risk and requirement
- Missing “steering” requirement
- Incomplete requirements
- Risks with no requirements

vs 3.2.8 Tanks voorzien van uitwendig drijvende daken mogen nooit door loopbruggen aan elkaar gekoppeld worden.
[artikel 78, PGS 29:2008]

vs 3.4.9 Een noodstroomvoorziening moet een hoge bedrijfszekerheid hebben. De generator van de noodstroomvoorziening moet éénmaal per maand op de juiste werking worden gecontroleerd. Ook moet de gehele noodstroomvoorziening voor of na een grote onderhoudsstop op de juiste werking worden gecontroleerd. Het resultaat van de controle moet worden opgenomen in het documentatiesysteem.

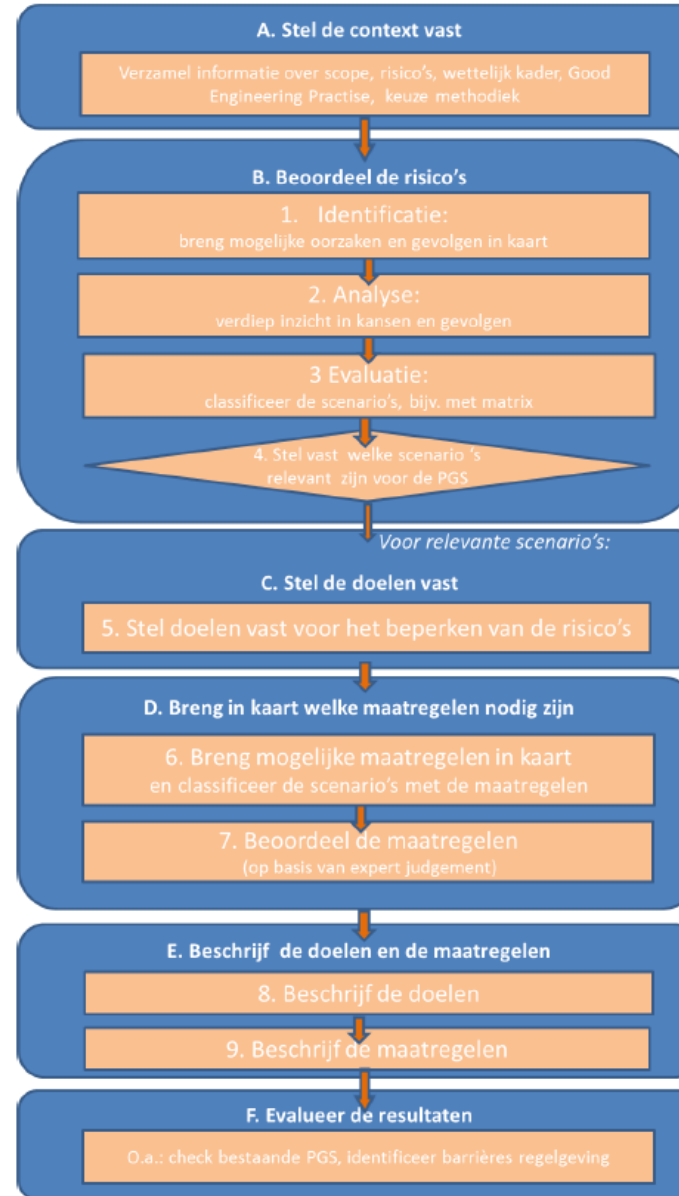
vs 2.3.2 a. De tankput moet 100 % van het grootste werkvolume van een tank in de tankput kunnen bevatten. Indien van toepassing moet het volume van de tankput worden aangevuld met het volume van de schuimlaag om uitdamping van toxische stoffen te voorkomen of blus- en koelwater dat in de tankput kan worden gebracht voor de bestrijding van een uitgewerkt scenario

vs 3.3.1 Een tank met een vast dak moet zowel tegen ontoelaatbare onderdruk als overdruk beveiligd zijn.

PGS – OLD STYLE vs. NEW STYLE

Risk based:

- Structured approach
- To support the team
- Identify High and Medium Risk Scenarios



Methodologies used:

- What-IF
- SWIFT
- HAZOP
- BowTie

PGS – OLD STYLE vs. NEW STYLE

High / Medium



SS Fouten ontstaan door het laadproces (laden en ontladen)

SS Fouten ontstaan door het laadproces (laden en ontladen)

SS Fouten ontstaan door het laadproces (laden en ontladen)

Ontstaan van een thermal runaway reactie als gevolg van:

- het blijven laden van de energiedrager bij een state of charge van technische maximum capaciteit / 100% (de waarde waarbij de thermal runaway gestart wordt zoals bepaald door de producent);
- fouten of beschadigingen in de energiedrager ontstaan door het diepontladen.

Potentiele gevolgen:

- Hoge temperatuur van de energiedrager
- Brand in de Energiedrager
- Explosie in de energiedrager
- Drukopbouw in de energiedrager
- Vrijkomen van gevaarlijke dampen /gassen

Scenarios

Goals/Objectives

D9 Beheersing van het laadproces zodat een thermal runaway als gevolg van het overladen of

D9 Beheersing van het laadproces zodat een thermal runaway als gevolg van het overladen of

D9 Beheersing van het laadproces zodat een thermal runaway als gevolg van het overladen of

GRONDSLAG

Arbeidsveiligheid Brandpreventie Omgevingsveiligheid Rampenbestrijding



Requirements

M35 Monitoring EOS

M35 Monitoring EOS

M35 Monitoring EOS

Een EOS moet beschikken over een systeem voor het continu monitoren op (indien vereist):

- functioneren (systeemalarmen, signalen van overladen of diepontladen);
- abnormale temperatuurstijgingen;
- temperaturniveaus;
- brand (M37).

Tijdige opvolging, ... thermal runaway of een branduitbarsting moet zeker gestopt worden.

TOELICHTING

Wijze van monitoren en opvolging is afhankelijk van de specifieke situatie en kan bijvoorbeeld door de eigenaar (gebruiker), door de leverancier of middels een Particuliere Alarmcentrale (PAC) gedaan worden.

VAN TOEPASSING OP

- Alle typicals

GRONDSLAG

Arbeidsveiligheid Brandpreventie Omgevingsveiligheid

Battery fire at Salt River Project in Arizona

Fire crews in Chandler, Arizona sent robots into a building at the Salt River Project where a 10 MW battery was smoldering.

APRIL 26, 2022 ANNE FISCHER

ENERGY STORAGE ENERGY STORAGE INSTALLATIONS MARKETS & POLICY ARIZONA



Explosiegevaar bij brand in Drogenbos geweken: 50-tal oproepen van mensen die zich onwel voelen door rook

Stella Fietsen getroffen door derde brand op rij

17 januari 2019 Nieuws, Uitgelicht

NUNSPPEET – Voor de derde keer, in iets meer dan een half jaar tijd, is Stella Fietsen door brand getroffen. Vandaag woedde er een hevige brand in een retourafdeling van de e-bike producent, maar het sein 'brand meester' is inmiddels al gegeven.



USA, Morris: 100 tons of lithium (ion) batteries burn in a storage building — thousands evacuated - the authorities did not know that batteries were stored there - @BatteriesNews



Batteries Burn in Illinois Building — Thousands Evacuated ...
batteries burn in Illinois building — thousands evacuated.
oke fron

Tesla Megapack caught on fire at giant battery project in Australia

Fred Lambert - Jul. 30th 2021 3:09 am PT @fredlambert



Fire at 20MW UK battery storage plant in Liverpool

By Andy Colthorpe
September 16, 2020

Europe Grid Scale Technology

LinkedIn Twitter Reddit Facebook Email



UK, as it looked when completed in early 2019. Image: Ørsted.



PGS37 – WHY?



USA, Morris: 100 tons of lithium (ion) batteries burn in

Fire at 20MW IIK battery storage plant

Battery fire Arizona

Fire crews in Chandler, Arizona, where a 10 MW battery storage plant was destroyed.

APRIL 26, 2022 ANNE FISCHER

ENERGY STORAGE



BESS Failure Event Database

This is a public resource for documenting publicly-available data on battery energy storage failure events from around the world. All information included is available in the linked public documents. If there is a public event that is not included in the BESS Fire Event Database, please email the relevant information and link to supporting info to [Dirk Longes](#). If you would like to be notified when a new event is added to this database or are interested in other EPRI energy storage safety research resources and opportunities please reach out to [Dirk Longes](#).

Stationary Energy Storage Failure Events

This table tracks utility and C&I scale energy storage failure events with publicly available information.

Note: Missing values in this table reflect unknowns.

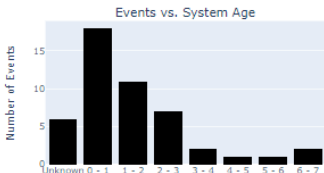
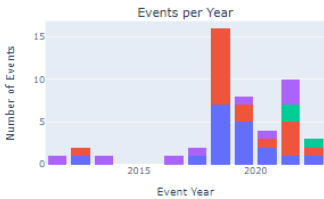
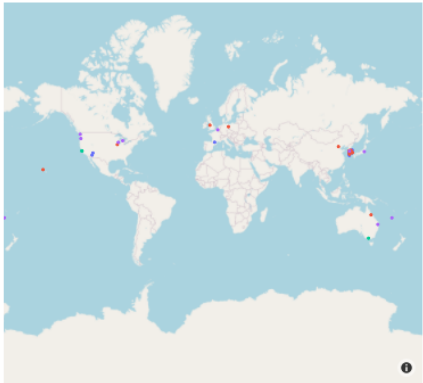
Show 10 entries

Location	Energy (MWh)	Power (MW)	Application	Installation	Event Date	System Age (yr)	State During Accident	Source
US, AZ, Chandler	40	10		Substation	18 April 2022	3	Operational	AZ Central
Longjing, Taichung City, Taiwan	1	1	Solar Integration	Power Plant	30 March 2022	2	Operational	Economic Daily
US, CA, Moss Landing	400	100	Solar Integration	Power Plant	13 February 2022	1	Operational	KSBW News
South Korea, Gunwi-gun, Gyeongsangbuk-do	1.5	0.45	Solar Integration	Remote	17 January 2022	3	Operation, Fully charged	E2News
South Korea, Nam-gu, Ulsan	50	10	Peak Load Reduction	Urban	12 January 2022	2	Operational	E2News
US, CA, Moss Landing	1,200	300	Solar Integration	Power Plant	4 September 2021	0.8		Vistra
Australia, Victoria, Geelong	450	300	Grid Stability	Rural	30 July 2021	0	Construction, Commissioning	ABC News
US, IL, LaSalle	12.2	31.5	Frequency Regulation	Rural	19 July 2021	6.2		The Times
Germany, Neuhausen	5	5	Solar Integration and Frequency Regulation	Indoor/Hangar	18 July 2021	5		RBB 24
Boulouparis, New Caledonia, France			Solar Integration	Rural	13 July 2021			FranceTVInfo.fr

Showing 1 to 10 of 50 entries

Previous 1 2 3 4 5 Next

System Size < 5MWh 5 - 50 MWh 50 MWh < Unknown



Stella Fietzen door brand getroffen, vandaag woedde er een hevige brand in een retourafdeling van de e-bike producent, maar het sein 'brand meester' is inmiddels al gegeven.

17 januari

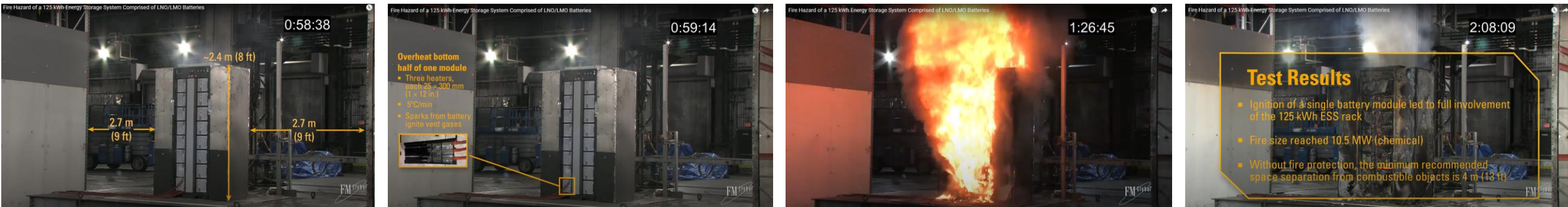
NUNSP

Stella Fietzen door brand getroffen, vandaag woedde er een hevige brand in een retourafdeling van de e-bike producent, maar het sein 'brand meester' is inmiddels al gegeven.

BATTERY EXPLOSION

PGS37 – THERMAL RUNAWAY REACTION

Central event in PGS 37 is a Thermal Runaway Reaction

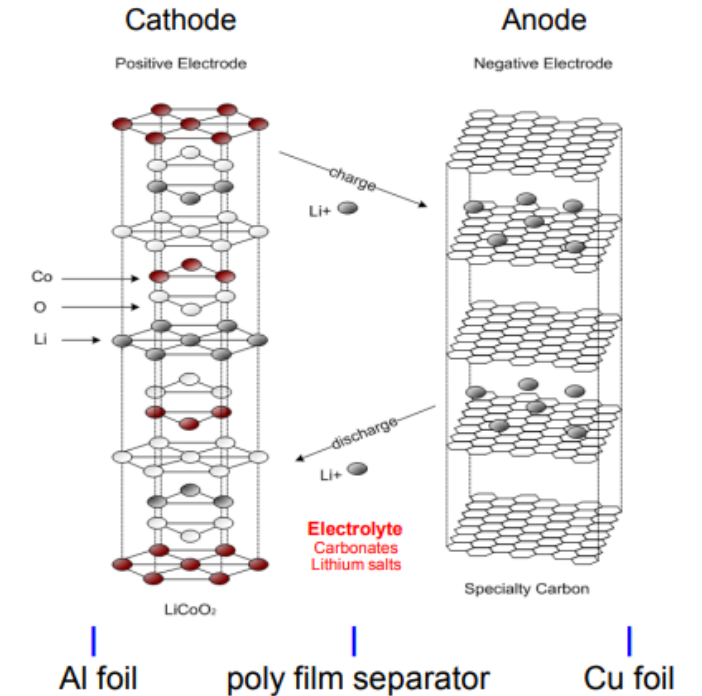


Characteristics:

- Chemical fire
- Toxic gasses released, e.g. Hydrogen fluoride (HF)
- No certified fire suppressions systems available yet

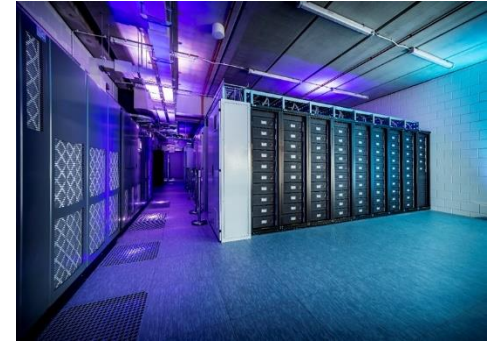
PGS37 – THERMAL RUNWAY REACTION

- Primary failure mode of a lithium battery is associated with flaw/damage to the separator
- The flaw/damage can result in an internal short circuit that produces enough heat to vaporize the electrolyte
- Resulting in a boiling liquid expanding vapor explosion (BLEVE) type reaction
- Failure of separator due to internal defects, physical damage, high temperature, charging process (e.g. overcharging)
- Once an internal short develops, a sudden release of stored energy can occur that may result in thermal runaway
- This event can cascade to adjacent cells and throughout an entire battery (pack)
- Can escalate to adjacent batteries / battery packs



PGS37 – SAFE STORAGE AND USAGE OF LITHIUM BATTERIES

PGS 37-1 Energy Storage Systems



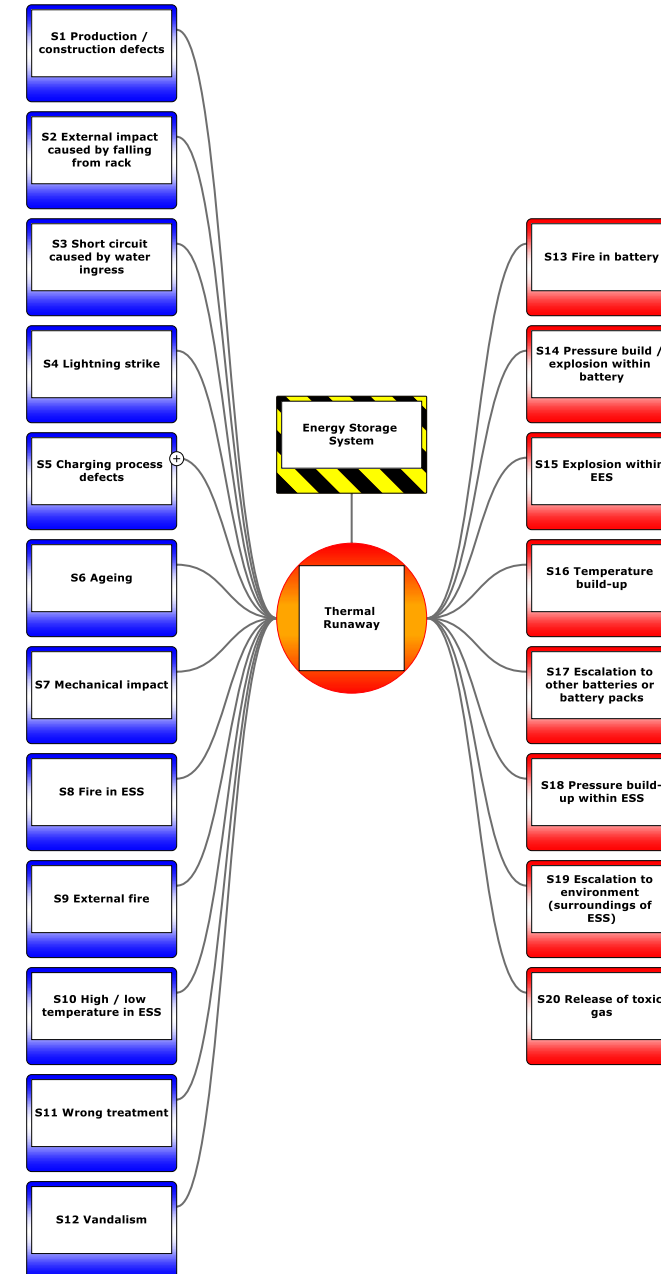
PGS 37-2 Storage of batteries



PGS37–1 SCENARIOS

Scenario's identified using BowTies:

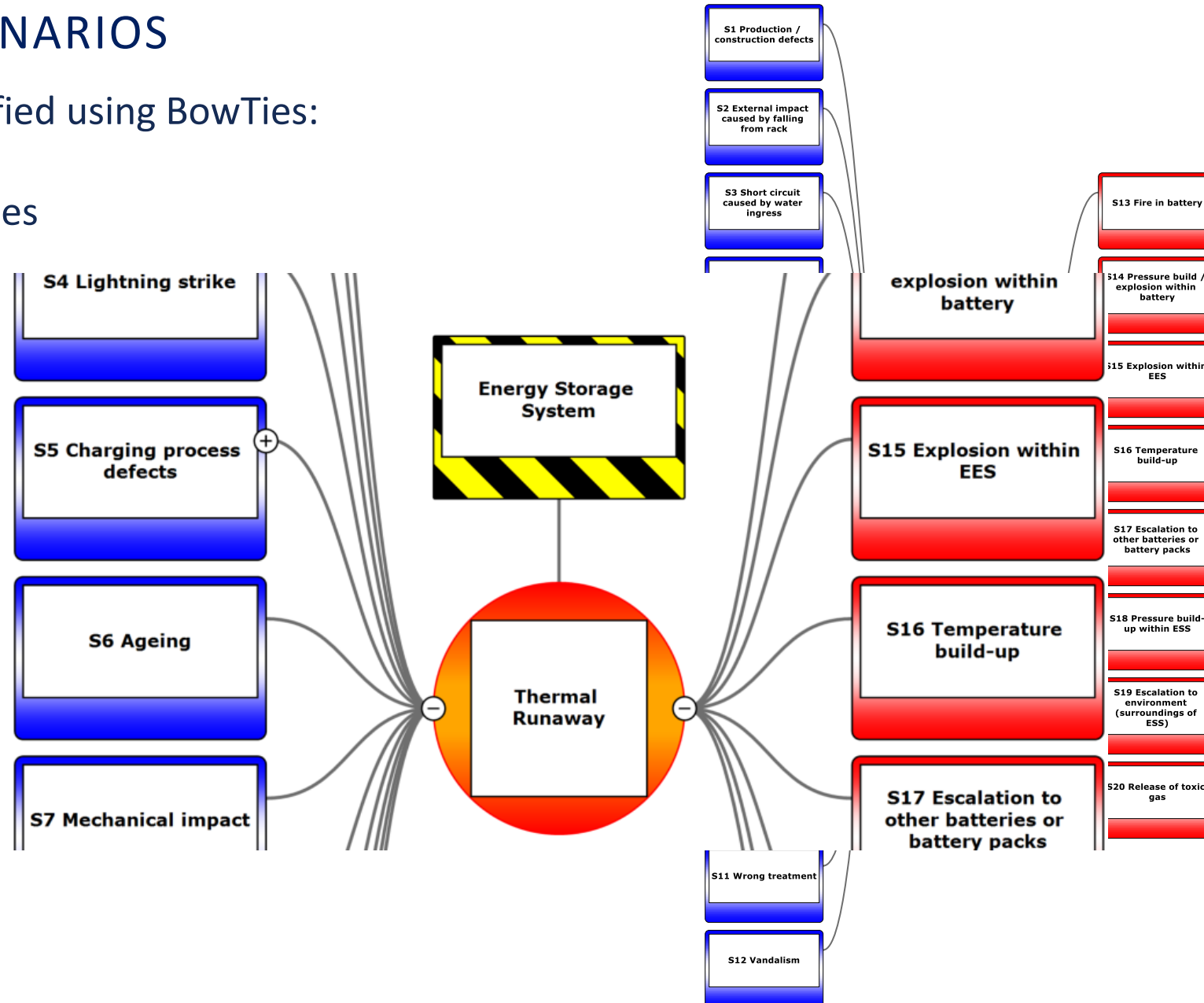
- 12 causes
- 8 consequences



PGS37–1 SCENARIOS

Scenario's identified using BowTies:

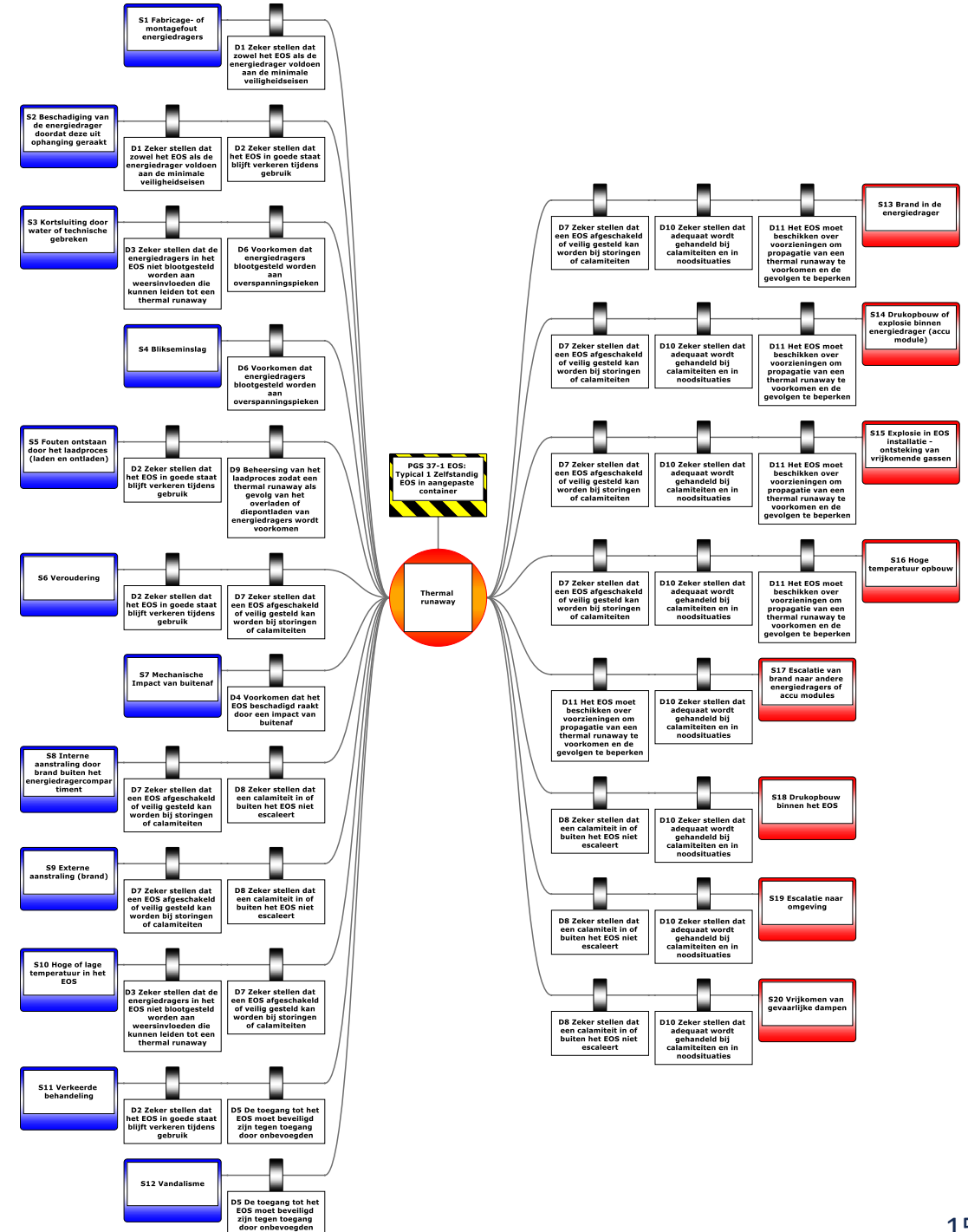
- 12 causes
- 8 consequences



PGS37-1 GOALS / OBJECTIVES

Goals / objectives identified as barriers in the BowTie:

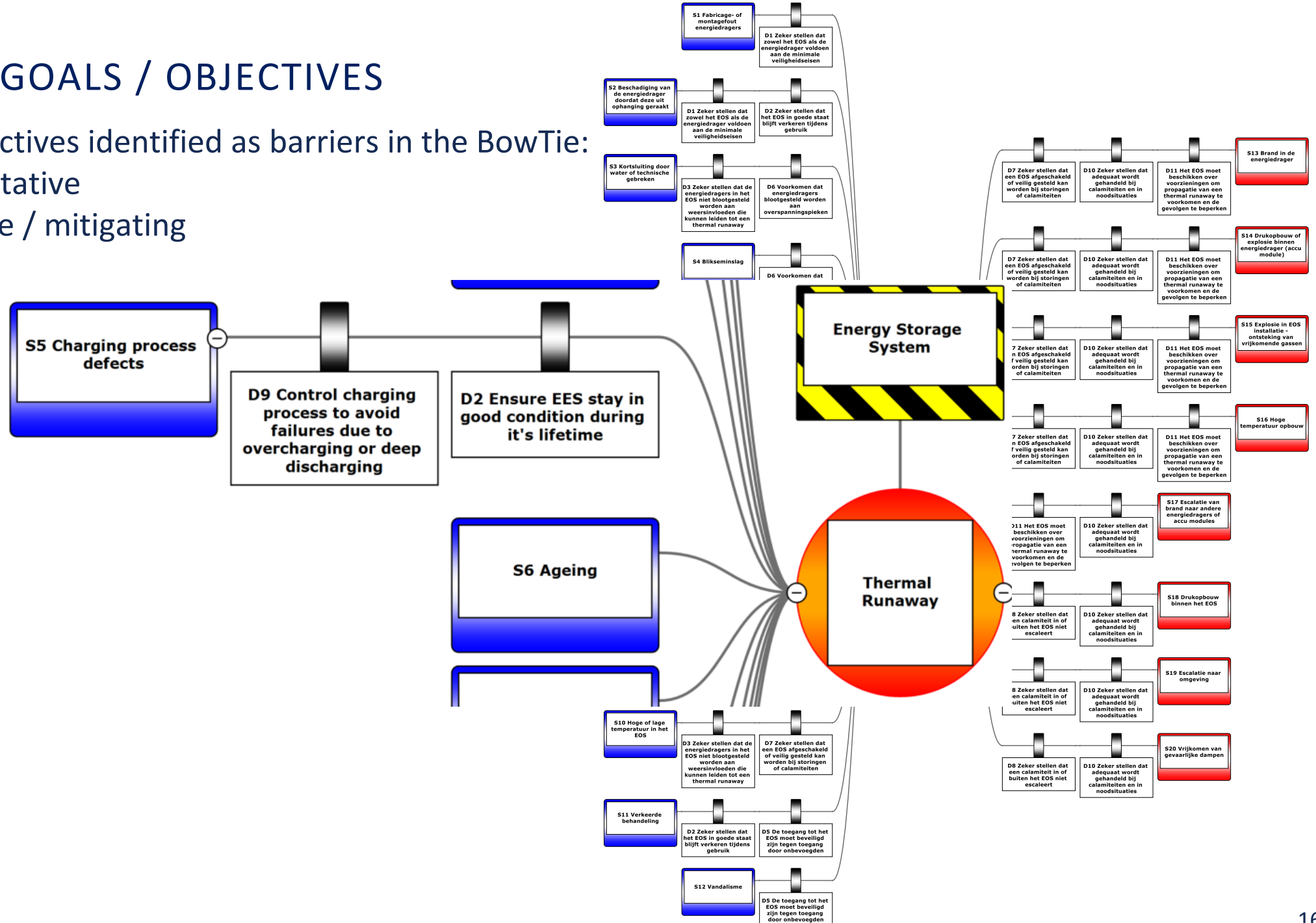
- 7 preventative
- 4 reactive / mitigating



PGS37-1 GOALS / OBJECTIVES

Goals / objectives identified as barriers in the BowTie:

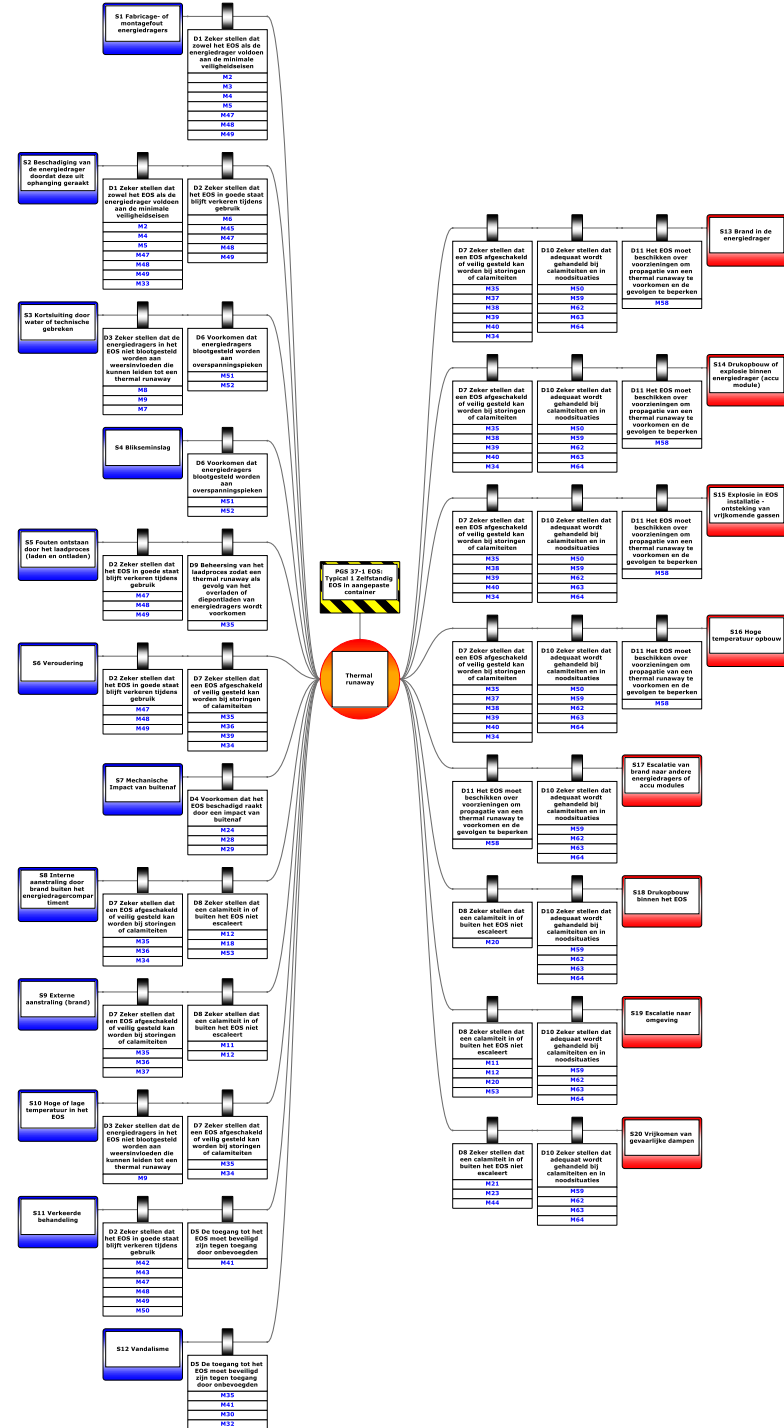
- 7 preventative
- 4 reactive / mitigating



PGS37-1 REQUIREMENTS

Requirements identified as barrier elements:

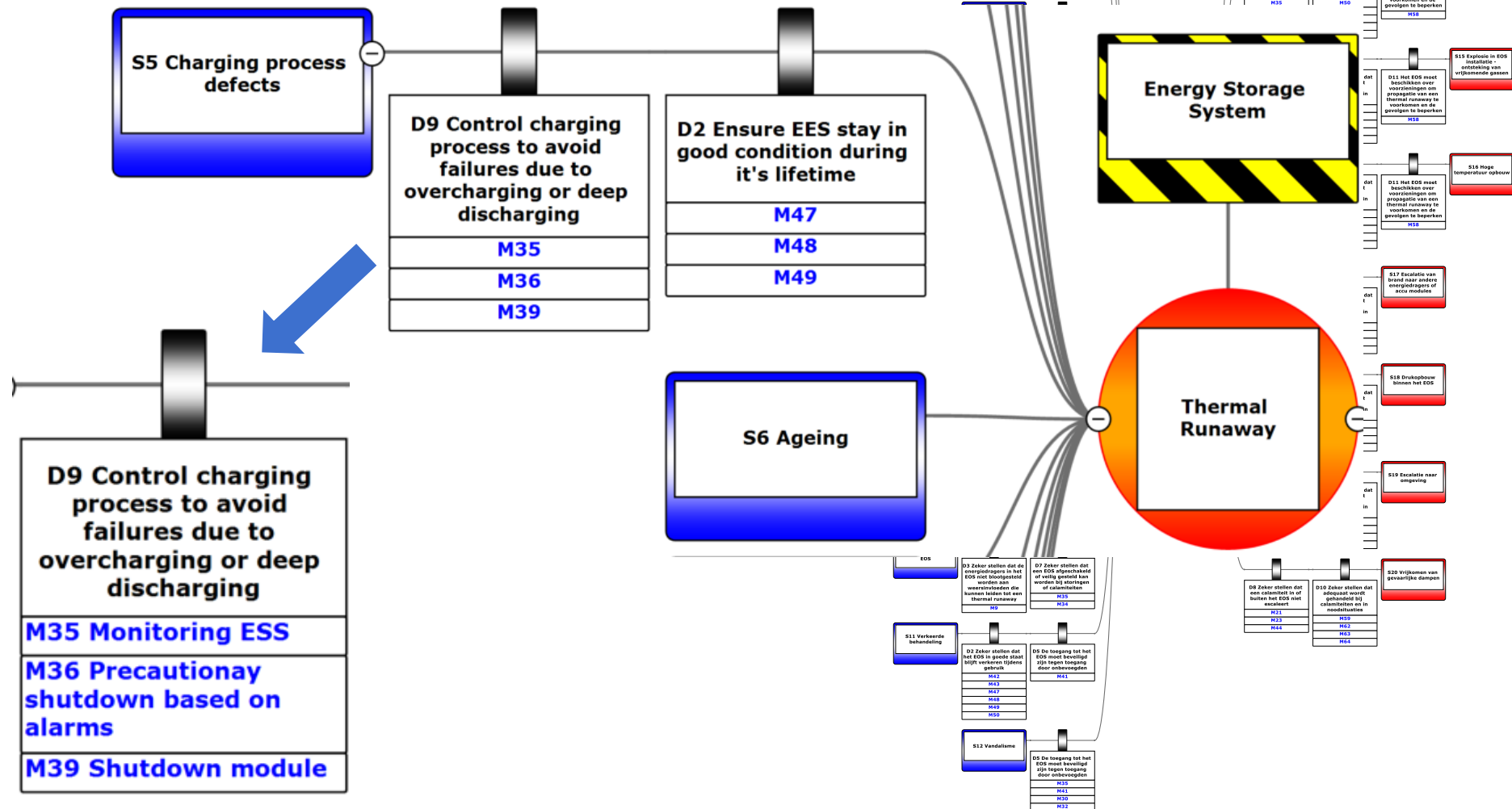
- 65 requirements



PGS37-1 REQUIREMENTS

Requirements identified as barrier elements:

- 65 requirements



PGS37 – STATUS

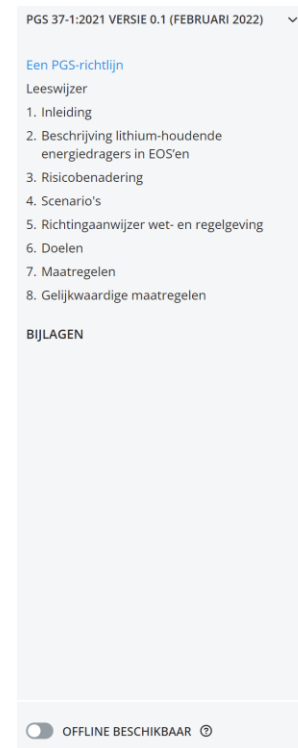
<https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/>

PGS 37-1 Energy Storage Systems

- Concept version 0.1 February 2022 available
- External consultation round closed on April 7th
- Comments discussed in team
- Publication 2nd half of 2022

PGS 37-2 Storage of batteries

- Concept version 0.1 March 2022 available
- External consultation round until May 30th
- Publication end of 2022



37¹ Lithium-houdende energiedragers: Energie Opslag Systemen - EOS

Richtlijn voor de veilige opslag van elektriciteit in Energie Opslag Systemen

Een PGS-richtlijn

Een PGS-richtlijn is een document over activiteiten met gevaarlijke stoffen. In de PGS-richtlijn staan de belangrijkste risico's van die activiteiten voor de veiligheid en gezondheid van werknemers, veiligheid van de omgeving en de brandveiligheid. Ook staan in een PGS-richtlijn de mogelijke gevolgen van die risico's voor het bestrijden van een ramp. Om de risico's te beheersen en de negatieve effecten voor mens en milieu te beperken zijn doelen geformuleerd. Aan deze doelen zijn maatregelen gekoppeld. Met deze maatregelen kan aan de doelen worden voldaan. Naast de in deze PGS genoemde maatregelen is het mogelijk om gelijkwaardige maatregelen te treffen voor zover de wetgeving dit toelaat.

Meer informatie over de PGS-organisatie is te vinden op: publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl. Daar staan ook de actuele publicaties.

PGS Nieuwe Stijl – risicobenadering als basis

In 2015 is gestart met een nieuwe opzet van de PGS-richtlijnen: de PGS Nieuwe Stijl. Een PGS Nieuwe Stijl betekent dat maatregelen tot stand zijn gekomen met een risicobenadering. Dit houdt in dat is geanalyseerd welke risico's er zijn bij activiteiten met de gevaarlijke stof. De situaties waarbij het mis kan gaan en die leiden tot ongewenste, gevaarlijke gevolgen, zijn beschreven in scenario's. Voor deze scenario's zijn doelen geformuleerd gericht op het beheersen van de risico's. Met maatregelen kan een

*Disclaimer: PGS 37-1 and 37-2 still under construction.
Information shown is based on latest draft but might
differ from final version*

Questions?

alwin.van.aggelen@a-risc.com
+31646110027