

Ontwerp van een spiraaltrap

[definitief verslag]



Sloot Tankbouw B.V.

DE HAAGSE
HOGESCHOOL



Remy de Bruin
(07001282)

December 2011

Ontwerp van een spiraaltrap

[Concept verslag]



Sloot Tankbouw B.V.

DE HAAGSE
HOGESCHOOL

Auteur: *R. de Bruin*
07001282

Bedrijf: *Sloot Tankbouw B.V.*
Edisonstraat 7
3133 KG Vlaardingen

Bedrijfsmentor: *Raini Bennis*
Tel. 010 248 35 00

Onderwijs instelling: *De Haagse Hogeschool*
Rotterdamseweg 137
2628 AL Delft

Afstudeercoach: *ir. A. van der Vlugt*
Tel. 015 260 62 58

Afstudeer coördinator: *ir. C. van Hulst*

Datum, plaats: *December 2011, Vlaardingen*



Voorwoord

Dit verslag is onderdeel van de afstudeerfase van de opleiding werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool te Delft. Het verslag heeft betrekking op de afstudeeropdracht die Sloot Tankbouw B.V. ter beschikking heeft gesteld. In het verslag zullen alle aspecten van de opdracht beschreven worden.

Het rapport bestaat uit twee delen waarvan deel 1 het verslag is en deel 2 de bijlagen.
U leest nu deel 1: het verslag.

Tijdens mijn studie werktuigbouwkunde, op zowel MBO als HBO niveau, ben ik meerdere keren op stage geweest bij verscheidene bedrijven. Zodoende heb ik op meerdere niveaus en afdelingen belangrijke ervaringen opgedaan. Van het fabriceren van producten op de werkplaats naar het tekenen van constructies op de tekenkamer en tot slot naar de officieel erkende keuringsinstantie Lloyd's Register. Een aspect dat nog open stond was het daadwerkelijk ontwerpen van producten bij een bedrijf. Het werk bij Lloyd's Register beviel zeer goed dus het werd zoeken naar bedrijven in gerelateerd vakgebied.

Sloot Tankbouw B.V. is een bedrijf dat hierbij goed aansluit. Zij produceren zowel lage- als hoge drukvaten en verticale opslagtanks voor tuinbouw en industrie. De combinatie van drukvaten en verticale opslagtanks maakt het mogelijk om met keurwerk bezig te zijn, zoals de werkzaamheden bij Lloyd's Register.

Tot slot is er dank verschuldigd aan mijn bedrijfsmentor Raini Bennis voor zijn adviezen, begeleiding en vermaak tijdens de afstudeerperiode. Tevens een dank voor alle andere collega's die mij geholpen hebben tijdens de uitvoer van de opdracht. Ten slotte nog een dank voor dhr. R. Sloot voor het geven van de mogelijkheid deze opdracht bij Sloot Tankbouw B.V. te mogen uitvoeren.

Vlaardingen, december 2011

R. de Bruin
07001282



[BLANCO]

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	7
1 Projectdefinitie	9
1.1 Sloot Tankbouw B.V.	9
1.2 Projectaanleiding	9
1.3 Probleemstelling.....	10
1.4 Doelstelling.....	10
1.5 Projectopdracht	10
1.6 Project oriëntatie.....	10
2 Opslagtank aandachtspunten	11
2.1 Tank opbouw.....	11
2.2 Windgirders	14
2.3 Top corner ring	14
2.4 Leuning	15
2.5 Fundatie	15
2.6 Isolatie.....	16
2.7 Wandplaten	16
2.8 Bepaling afstand trapboom	17
2.9 Positie bepaling	17
3 Probleemanalyse bestaande spiraaltrap	18
4 Materiaal en materiaalbescherming.....	20
4.1 Corrosiebestendigheid van metalen	20
4.2 Beschermmethoden.....	21
4.3 Metalen	23
5 Conceptonderdelen.....	24
5.1 Traptrede.....	24
5.2 Looproosters	25
5.3 Leuning	26
5.4 Bevestiging aan romp	29
5.5 Trapondersteuning	30
5.6 Tussenbordes/eindplateau.....	32
6 Conceptontwikkeling / keuze	33
6.1 Concept overzicht.....	33
6.2 beoordelingsresultaten	33
6.3 Gekozen concepten.....	35
7 Fabricage / montage bewerkingen.....	36
7.1 Verzinken	36
7.2 Trapdeel.....	36
7.3 Bordes.....	37
8 Onderhoud.....	39
8.1 Materiaal	39
8.2 Boutverbindingen.....	39
8.3 Reparatie.....	39
8.4 Visuele inspectie.....	39
9 Kostprijs.....	40
9.1 Ontwerp gegevens	40
9.2 Huidige trap.....	40
9.3 Kostprijs concept 1	40
9.4 Kostprijs concept 2	40
10 Conclusie.....	41
11 Aanbevelingen	41
Literatuurlijst	42
Literatuur.....	42
Websites	42



[BLANCO]

Samenvatting

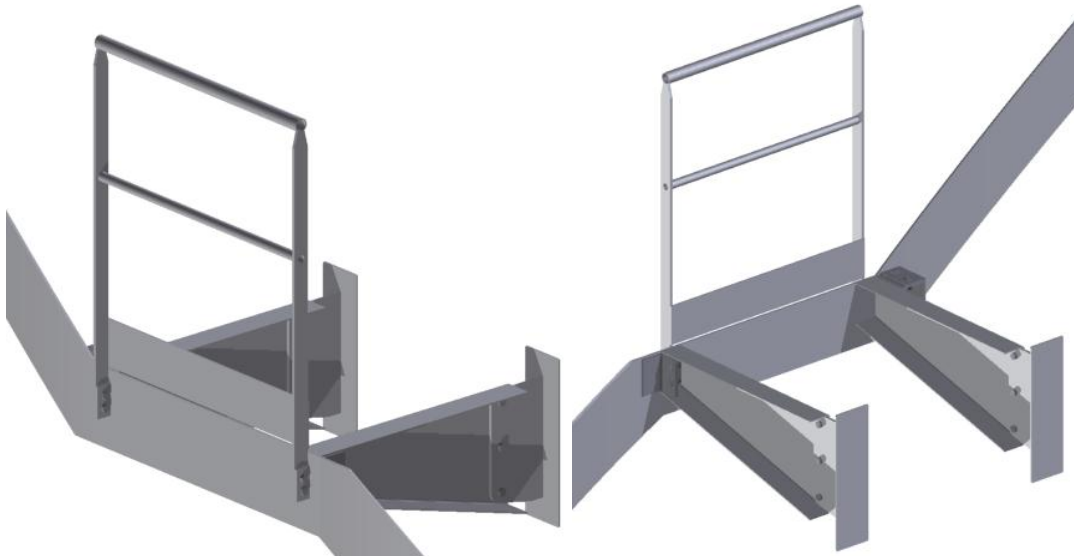
Dit verslag behandelt de ontwikkeling van een nieuw ontwerp spiraaltrap voor Sloot Tankbouw BV. De huidige spiraaltrap die binnen het bedrijf is ontwikkeld bevatte knelpunten ten aanzien van het uiterlijk, hoge massa en arbeidsintensiteit. Het doel van het nieuwe ontwerp is het wegnemen van deze knelpunten.

In hoofdstuk 1 wordt de projectdefinitie beschreven met een korte bedrijfsomschrijving van Sloot Tankbouw BV waarna de projectaanleiding, de probleem/doelstelling en de project opdracht worden beschreven. Om in het ontwerp geen nieuwe knelpunten te creëren worden de aandachtspunten van de opslagtank beschreven. Met deze gegevens kan de huidige trap geanalyseerd worden op de knelpunten. De hoofdvraag hier ligt bij: wat is de oorzaak van de knelpunten. Van daaruit kunnen alle conceptonderdelen worden beschreven met de keuze onderbouwing. Met behulp van de berekeningen worden de dimensies bepaald. Van de onderdelen worden kort de fabricage/montage handelingen benoemd die nodig zijn om de kostprijs te schatten. Met de uiteindelijke kostprijs kan de conclusie worden getrokken.

Bij de conceptkeuze was te concluderen dat er twee concepten waren die relatief gezien met de scores op elkaar leken. Verdere uitwerking was nodig om de verschillen concreet te maken. Op basis van de uitwerking werden de volgende kostprijzen berekend:

- Concept 1: ü 821,-
- Concept 2: ü 844,-

Concept 1 geniet de voorkeur door de lagere kostprijs. In figuur S-1 wordt de opbouw van concept 1 getoond. Concept 1 bestaat uit ronde hand- en knieregel, platstalen voetstootlijst. De leuning is met verbindingsplaten losneembaar van de trapconstructie. De trapondersteuning wordt gesneden uit plaat waarna deze gezet kan worden. Verder worden standaard traptreden en roosters gebruikt.



Figuur S-1: Weergave opbouw van concept 1

Om een kostenreductie mogelijk te maken worden de volgende aanbevelingen benoemd:

- Aanvraag kostprijs bepaling bij volledige uitbesteding van de trapboom, hand- en knieregel (materiaal, snijden, graveren en walsen) bij Den Oudsten Buigwerken;
- Klantenbestand aanmaken met hun design standaard;
- Kostprijs uitwerken van elk design standaard;



[BLANCO]

1 Projectdefinitie

1.1 Sloot Tankbouw B.V.

Sloot Tankbouw B.V. is onderdeel van de SJR groep en produceert al 50 jaar tanks voor diverse toepassingen in de tuinbouw- en de industriële sector. Deze tanks kunnen voor verschillende doeleinden worden gebruikt, onder andere voor de opslag van drinkwater, stikstof, olie, diverse vetsoorten en andere vloeistoffen.

Het bedrijf is uitgerust met gecertificeerde lassers, modern tankbouw equipment en een eigen afdeling engineering. Het gehele engineeringproces van het ontwerpen tot het geheel afbouwen van de tanks geschiedt binnen het bedrijf. Zodoende biedt het de mogelijkheid om bij iedere specifieke aanvraag, een passende aanbieding te maken.

Onderstaande lijst toont een greep uit producten die geleverd kunnen worden:

- Verticale opslagtanks vanaf 100 liter t/m 10.000.000 liter, volgens EN-14015 en API-650;
- Diverse horizontale en verticale, lage- en hogedruk opslagtanks vanaf 100 liter t/m 300.000 liter, volgens specificatie en eventueel volgens CE keur;
- Dubbelwandige Kiwa-gekeurde tanks, volgens de NEN 335 (BRL-K 791-747);
- Apparatenbouw t.b.v. (petro)-chemie.

In figuur 1-1 wordt een foto van drie verticale opslagtanks getoond.



Figuur 1-1: Drie verticale opslagtanks

1.2 Projectaanleiding

De hoofdactiviteit van het bedrijf is het bouwen van verticale opslagtanks. Deze tanks kunnen en worden veelal met diverse constructieonderdelen uitgebreid. Enkele uitwendige constructies die aan een opslagtank gemonteerd kunnen worden zijn:

- dakleuningen en bordessen;
- loopbruggen;
- kooiladders;
- spiraaltrappen.

Deze constructies worden binnen het bedrijf ontwikkeld en het bestaande ontwerp van de spiraaltrap bevatte een aantal twistpunten. Door de aanmelding van de afstudeerder bood de mogelijkheid zich aan de twistpunten van de spiraaltrap aan te pakken middels een geheel nieuw ontwerp.

1.3 Probleemstelling

De spiraaltrap ontworpen door Sloot Tankbouw B.V. bevatte een aantal twistpunten. Er is gebleken dat de spiraaltrap arbeidsintensief was om te fabriceren, het ontwerp leek te zwaar geconstrueerd en esthetisch gezien zijn er verbeterpunten.

Dat de spiraaltrap arbeidsintensief is om te fabriceren levert hoge arbeidsloonkosten en langere levertijden met zich mee. Een te zwaar geconstrueerde spiraaltrap levert extra materiaal- en bewerkingskosten met zich mee. Het minder esthetisch bevonden ontwerp kan gezien worden als een negatief visitekaart voor het bedrijf.

1.4 Doelstelling

Het opnieuw ontwerpen van de spiraaltrap zal deze twistpunten moeten verminderen/eliminieren. Het doel van dit project is dat het tot een kostenreductie moet leiden. Met een kostenreductie kan een scherpere offerte worden gemaakt waarmee het bedrijf beter kan concurreren. Het verbeteren van het esthetisch gebied zal een beter visitekaart zijn voor het bedrijf.

1.5 Projectopdracht

Ontwerp voor Sloot Tankbouw B.V. een complete spiraaltrap die geschikt is voor verscheidene verticale opslagtanks en tevens aan alle eisen voldoet.

Het ontwerp van de spiraaltrap dient gestandaardiseerd te worden zodat deze toepasbaar is voor verschillende diameters en hoogten. De trap moet dusdanig van ontwerp zijn dat deze geen hoge arbeidsintensiteit heeft om te fabriceren en dat het gewicht van de trap zo laag mogelijk blijft. Om tot een complete spiraaltrap te komen dient het ontwerp met alle reële mogelijkheden rekening te houden.

Enkele mogelijkheden zijn:

- Tussenbordes;
- Eindplateau;
- Enkele of dubbele leuning;
- (on)Geïsoleerde tankwand;
- Verschillende breedte traptreden.

1.6 Project oriëntatie

In de oriënterende fase van de uitvoer is gebleken dat men niet de vrije hand heeft in het ontwerpen van de spiraaltrap. Zo zijn er diverse bedrijven waar Sloot Tankbouw van afhankelijk is in de zin van inkoopmogelijkheden. Daarnaast zijn er ook officiële normen voor de tankbouw.

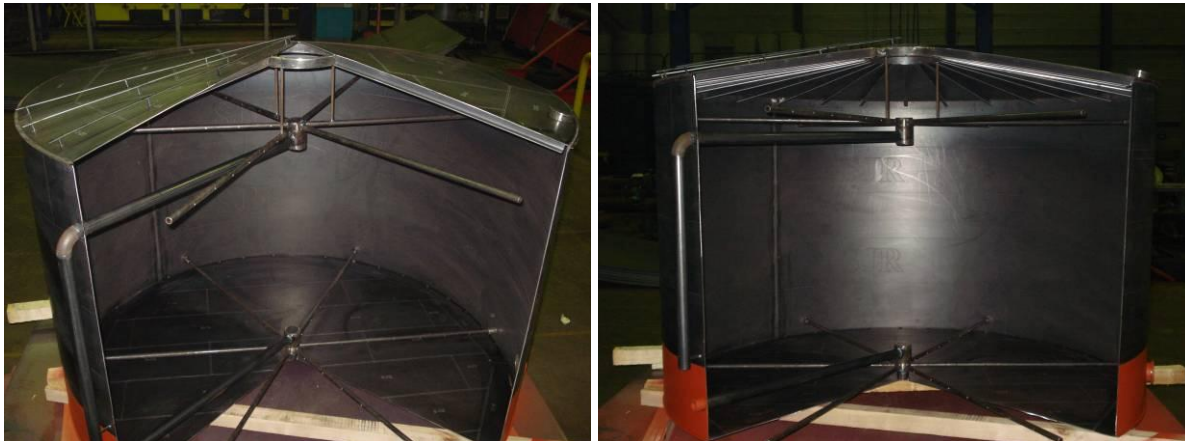
In bijlage A zijn de onderzoeksresultaten vermeld naar de betrokken partijen van dit project. Daar valt ook de overheid onder, die eisen stelt via de normen. In bijlage B is de samenvatting getoond van de eisen waaraan de trap moet voldoen volgens de gerelateerde normen.

2 Opslagtank aandachtspunten

Voor zowel de berekeningen als het dimensioneren van de onderdelen is het belangrijk met een aantal aandachtspunten rekening te houden. Het gaat hierbij om bepaalde situaties waarin een opslagtank kan verkeren betreffende de opbouw. In de opvolgende paragrafen worden deze aandachtspunten behandeld.

2.1 Tank opbouw

Verticale opslagtanks hebben doorgaans een eenduidige opbouw. Naargelang de berekeningen en/of wens van de klant is deze basis met verscheidene constructiedelen uit te breiden. In figuur 4-1 wordt een schaalmodel getoond van een basis opslagtank.



Figuur 2-1: Schaalmodel van een basis opslagtank

De in figuur 2-1 getoonde schaalmodel bestaat uit de volgende onderdelen:

- Romp;
- Vlakke bodem;
- Conisch dak;
- Dakspanten;
- Kroonring;
- Dakrandprofiel;
- Leidingwerk (aan- en afvoerleiding met sproeipot en sproeibuizen);
- Mangat (dak en romp);
- Spiraaltrap of kooiladder (niet getoond op afbeelding).

2.1.1 romp

De romp bestaat altijd uit rechthoekige gewalste platen. De platen worden in de werkplaats gewalst en vervolgens naar de (tijdelijke-)opbouwlocatie gebracht.

Daar ter plekke wordt de romp per ring opgebouwd totdat men de gewenste cilinderhoogte heeft bereikt.

In figuur 2-2 wordt een opgebouwde romp getoond waarbij de opbouw van de platen goed te zien is.



Figuur 2-2: Romp opbouw

2.1.2 bodem

De meest voorkomende bodem is de vlakke bodem. Bij dit soort bodems kunnen de platen rechtstreeks overlappend worden neergelegd. Daarnaast zijn er ook hellende en conische bodems. Deze worden toegepast om de tank volledig te kunnen ledigen. Bij een hellende bodem is de fundatie hellend waar de bodem vlak op ligt. Op de werktekeningen zal deze er ovaal uitzien.

Bij de tankdiameters groter dan 12.5 meter wordt er een ring van platen toegevoegd, de annulaire ring genoemd, waar de tankwand op bevestigd wordt.

2.1.3 Dak(-constructie)

Het dak wordt doorgaans conisch uitgevoerd met een hoek van ongeveer 11° (1:5). Ter ondersteuning van de dakplaten worden dakspanten toegepast die in het centrum aan een kroonring bevestigd zijn. De kroonring is een gewalst profiel ter verbinding van alle dakspanten. Op het dak is standaard een mangat geplaatst ter betreding van de opslagtank. In figuur 2-3 wordt de dakspantconstructie aan de bovenste ring getoond.



Figuur 2-3: Dakspantconstructie

Het dakrand profiel, ook wel top corner ring genoemd, kan bestaan uit verscheidene profielen. Deze dient ter verstijving van romp waar de dakspanten aan gelast zijn. De dwarsdoorsnede oppervlakte is maatgevend waardoor een hoekprofiel, UNP of iets anders kan worden gekozen.

2.1.4 Aan- en afvoer leidingwerk

Er is een aanvoer- en afvoerleiding om de tank te vullen en ledigen. De aanvoerbuiss loopt langs de tankwand omhoog waarna deze de tank ingaat. Via een sproeipot wordt de inhoud verdeeld over een aantal sproeileidingen. Dit principe wordt ook bij de bodem toegepast waarmee de inhoud uit de tank gehaald kan worden. In figuur 2-4 worden de aanvoer sproeibuizen met sproeipot getoond.



Figuur 2-4: Aanvoer sproeibuizen met sproeipot

De aanvoerleiding komt van buiten de tank en is vlak langs de tankwand geplaatst. In figuur 2-5 wordt de aanvoerleiding getoond zoals deze buiten de tank is geplaatst.



Figuur 2-5: Aanvoerleiding buiten de tank

2.1.5 Kooiladder / spiraaltrap

Ter inspectie van de tank moet het dak bereikbaar zijn. Voor de kleinere opslagtanks kan dit doorgaans geschieden met een kooiladder. Voor industrie terreinen worden veelal spiraaltrappen gebruikt doordat de operators op een dag meerdere tanks moeten bezichtigen. Gebruik van een kooiladder is dan te intensief. In figuur 2-6 wordt links een afbeelding getoond met een kooiladder en recht een afbeelding met een spiraaltrap in opbouw.



Figuur 2-6: Links kooiladder; rechts spiraaltrap in opbouw

Bij de industrie is het ook gebruikelijk opslagtanks vlak naast elkaar neer te zetten. Deze tanks maken deel uit van een groep in één tankput. Daken van tanks die deel uit maken van een groep in één tankput mogen ook toegankelijk zijn via loopbruggen die tanks onderling verbinden. Bij calamiteiten moeten de operators de mogelijkheid hebben via een andere weg de tankgroep te verlaten. Zodoende dient de laatste tank in een rij, gezien vanuit de opgaande spiraaltrap, voorzien zijn van een vlucht(kooi)ladder of spiraaltrap.

2.2 Windgirders

In een aantal gevallen zijn windgirders noodzakelijk voor een opslagtank. Een windgirder wordt toegepast om de rondheid van de opslagtank te behouden. Voornamelijk zal de tank de neiging hebben tot ovaal worden bij de combinatie van een hoog negatief interne druk met wind. De windgirder hoeft alleen maar de rondheid te garanderen en doet niet mee in de dragende sterkte van de romp.

Een windgirder is een ongelijkzijdig hoekprofiel dat rondom de tankwand gelast wordt. De positie op de romp wordt bepaald aan de hand van berekeningen. De mogelijkheid om deze ring iets hoger of lager op de romp te plaatsen is doorgaans zeer beperkt. De aanbeveling dient dan ook de trapondersteuning iets hoger of lager te plaatsen.

De EN-14015 norm schrijft voor dat als een windgirder nodig is deze bij een bepaalde tankdiameter altijd minimaal bepaalde afmetingen moet hebben. In tabel 2-1 worden de minimale afmetingen getoond van de windgirders.

Diameter tank				Minimale afmetingen
0	<	D	20	100 x 65 x 8
20	<	D	36	120 x 80 x 10
36	<	D	48	150 x 90 x 10
48	<	D	150	200 x 100 x 12

Tabel 2-1: Minimale windgirder afmetingen

Aangezien tankdiameters groter dan 48 meter zelden voorkomen is de grootste windgirder 150x90x10mm. Indien windgirders nodig zijn op een tank, dient de afstand tussen de trapboom en de romp altijd groter te zijn dan 150mm.

2.3 Top corner ring

De dakconstructie moet aan de bovenste ring van de romp worden bevestigd. Om de krachten, veroorzaakt door het dak, te kunnen dragen moet een bepaalde minimale oppervlakte aanwezig zijn. De EN-14015 norm schrijft voor dat de top corner ring te allen tijde een bepaalde afmeting moet hebben bij een bepaalde diameter. In tabel 2-2 worden de minimale afmetingen van de top corner ring getoond.

Diameter tank				Hoeklijn
0	<	D	10	60 x 60 x 6
10	<	D	20	60 x 60 x 8
20	<	D	36	80 x 80 x 10
36	<	D	48	100 x 100 x 12
48	<	D	150	150 x 150 x 12

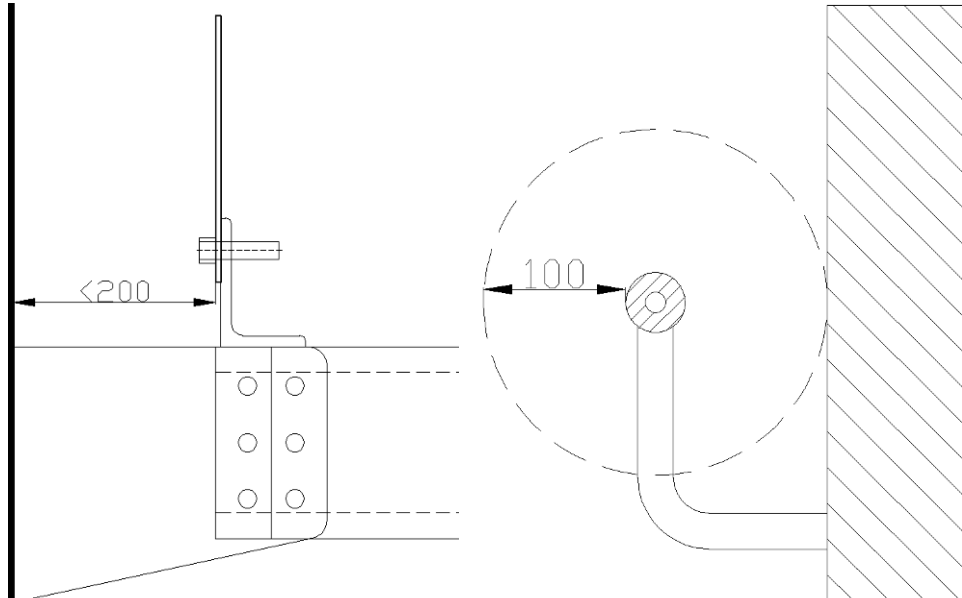
Tabel 2-2: Minimale afmetingen top corner ring

Uit de sterkte berekening van de opslagtank zal blijken of een grotere top corner ring nodig is dan in tabel 2-2 is aangegeven. Zo kan het voorkomen dat een ring geplaatst moet worden van L200x200x24 of UNP400. De gangbare tabellen van hoekstaal en UNP gaan tot een grootte van respectievelijk 200x200x24 mm en UNP400.

2.4 Leuningen

Bij de leuning zijn meerdere aandachtspunten. Zo moet er rekening worden gehouden met de vrije ruimte tussen de trap en de tankwand. Een overschrijding van de 200mm eis leidt tot het plaatsen van een 2^e handregel. Daarnaast moet de vrije ruimte rondom de handregel te allen tijde minimaal 100mm zijn. De trapconstructie kan daardoor bij een 2^e handregel ongunstig breed en kostbaar zijn.

In figuur 2-7 worden de twee eisen visueel weergegeven.



Figuur 2-7: 200mm eis voor trapboom en de 100mm vrije ruimte rondom de handregel

De extra leuning houdt in dat er minimaal twee onderdelen (handregel en knieregel) gewalst moeten worden, meer materiaal, meer kosten voor verzinken en meer arbeid uren.

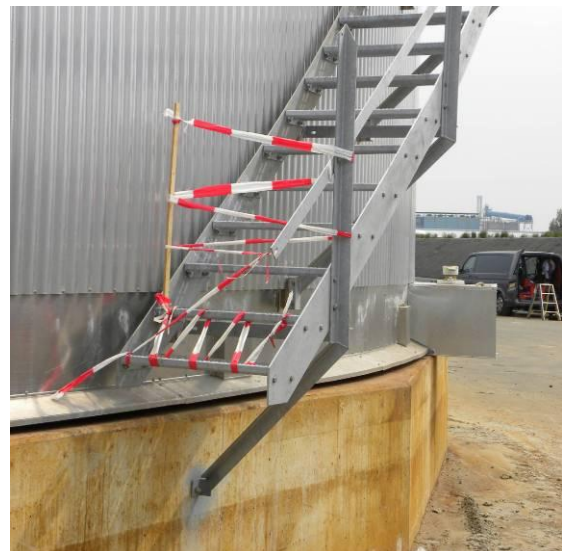
2.5 Fundatie

De tank staat te allen tijde op een bepaalde fundatie. Deze fundatie is veelal een betonnen vloer die niet per definitie gelijkvloers is met de omgeving.

Figuur 2-8 illustreert een dergelijke situatie waarbij de trapconstructie aangepast diende te worden.

Indien de fundatie hellend is heeft men te maken met verschillende cilinder hoogten. Het verschil tussen het laagste punt van de helling en het hoogste punt kan een aanzienlijk verschil zijn. Zeker bij de grotere tankdiameters.

De locatie van de trap is zeer belangrijk aangezien de trap dan te lang of zelfs te kort kan zijn.



Figuur 2-8: Een niet gelijkvloerse fundatie met spiraaltrap

2.6 Isolatie

Opslagtanks die in bedrijf zijn bij een verhoogde temperatuur worden doorgaans geïsoleerd om de warmte te behouden. Deze isolatie heeft meestal een dikte van respectievelijk 100mm, 160mm, 200mm of 300mm met een damwandprofiel bekleding. Het damwandprofiel heeft een plaatdikte van 1mm en de hoogte van het profiel is ongeveer 30mm.

Aan de tankwand worden zogenoemde isolatieringen gemonteerd. Deze isolatieringen zijn nodig om de isolatie op de plek te houden en om het damwandprofiel aan te bevestigen. In figuur 2-9 worden zowel de isolatieringen getoond als een afgewerkte tank met het damwandprofiel.



Figuur 2-9: Links de isolatieringen op de tank; rechts afgewerkte tank met het damwandprofiel

De EN-14015 norm schrijft voor dat als de opslagtank geïsoleerd wordt, de vrije ruimte tussen de binnenste trapboom en de isolatie minimaal 75mm moet zijn.

2.7 Wandplaten

De gehele trapconstructie wordt uiteindelijk aan de romp bevestigd. De EN-14015 norm schrijft voor dat de romp van een opslagtank altijd een bepaalde minimale wanddikte moet hebben. In tabel 2-3 worden de minimale wanddiktes getoond bij bepaalde diameters. In deze tabel staan staal en RVS vermeldt als keuze in materialen. Het bedrijf werkt niet met roestvast staal en daarmee is alleen de kolom van staal belangrijk.

Diameter tank		Staal	RVS
0	$\bar{O} \quad D < 4$	5	2
4	$\bar{O} \quad D < 10$	5	3
10	$\bar{O} \quad D < 15$	5	4
15	$\bar{O} \quad D < 30$	6	5
30	$\bar{O} \quad D < 45$	8	6
45	$\bar{O} \quad D < 60$	8	-
60	$\bar{O} \quad D < 90$	10	-
90	$\bar{O} \quad D$	12	-

Tabel 2-3: Minimale wanddiktes

Uit algemene opslagtank berekeningen blijkt dat de bovenste ring meestal moet voldoen aan de minimale wanddikte volgens tabel 2-3.

Verder stelt de EN-14015 norm dat permanente bevestigingen niet binnen de 150 mm geplaatst mogen worden van zowel de verticale als horizontale romplas.

2.8 Bepaling afstand trapboom

Met de behandelde gegevens kan de positie van de trapboom tot aan de romp worden bepaald. Hier wordt dan rekening gehouden met isolatie, top corner ring, wind girder, de kleinste vrije ruimte tussen de trapboom / romp en een eventuele 2^e handregel. In tabel 2-4 wordt de afstand van de trapboom tot de romp getoond.

Romp	Isolatie dikte	Afstand trapboom tot romp	Top corner ring tot	Wind girder tot	Kleinste vrije ruimte
Kaal	- [mm]	150 [mm]	Hoeklijn 140	Hoeklijn 120x80x10	10 [mm]
Kaal	- [mm]	160 [mm]	Hoeklijn 150	Hoeklijn 150x90x10	10 [mm]
Kaal	- [mm]	170 [mm]	Hoeklijn 160	Hoeklijn 150x90x10	10 [mm]
Kaal	- [mm]	190 [mm]	Hoeklijn 180	Hoeklijn 150x90x10	10 [mm]
Kaal	- [mm]	315 [mm]	Hoeklijn 200	Hoeklijn 200x100x12	115 [mm]
Kaal	- [mm]	190 [mm]	UNP 400	Hoeklijn 150x90x10	80 [mm]
Geïsoleerd	100 [mm]	215 [mm]	Hoeklijn 100	Hoeklijn 100x65x8	85 [mm]
Geïsoleerd	100 [mm]	275 [mm]	Hoeklijn 100	Hoeklijn 100x65x8	145 [mm]
Geïsoleerd	160 [mm]	275 [mm]	Hoeklijn 160	Hoeklijn 150x90x8	85 [mm]
Geïsoleerd	160 [mm]	315 [mm]	Hoeklijn 160	Hoeklijn 150x90x8	125 [mm]
Geïsoleerd	200 [mm]	315 [mm]	Hoeklijn 200	Hoeklijn 200x100x12	85 [mm]
Geïsoleerd	200 [mm]	415 [mm]	Hoeklijn 200	Hoeklijn 200x100x12	185 [mm]
Geïsoleerd	300 [mm]	415 [mm]	Hoeklijn 200	Hoeklijn 200x100x12	85 [mm]

2^e handregel nodig

Tabel 2-4: Afstanden van trapboom naar romp

De in tabel 2-4 met geel gemarkeerde afstanden worden aanbevolen. Bij een kale romp wordt de afstand van 190mm aanbevolen voor de afstand van de binnenste trapboom tot de romp. Voor de top corner ring kan een hoeklijn tot en met 180 worden gekozen en een UNP kan tot en met 400. Een hoeklijn van 200 is ongunstig omdat hierdoor de afstand tot aan de romp groter dan 200mm wordt. Dit houdt in dat een 2^e handregel nodig is. De hoeklijn 200 kan dan vervangen worden door een UNP profiel van 320 tot en met 400.

Voor een geïsoleerde romp wordt een afstand van 315mm aanbevolen voor zowel een isolatie van 160mm als de 200mm. Isolatie van 100mm en 300mm wordt weinig gebruikt waardoor het gunstiger is om een maat te gebruiken voor zowel 160mm als de 200mm isolatie.

2.9 Positie bepaling

Zoals in de voorgaande paragrafen is beschreven zal een tankwand nooit geheel vrij zijn van obstakels. In principe zijn de isolaties een beperking voor de trapondersteuningen. In een dergelijke situatie kan de isolatie onderbroken worden op het punt dat deze elkaar snijden.

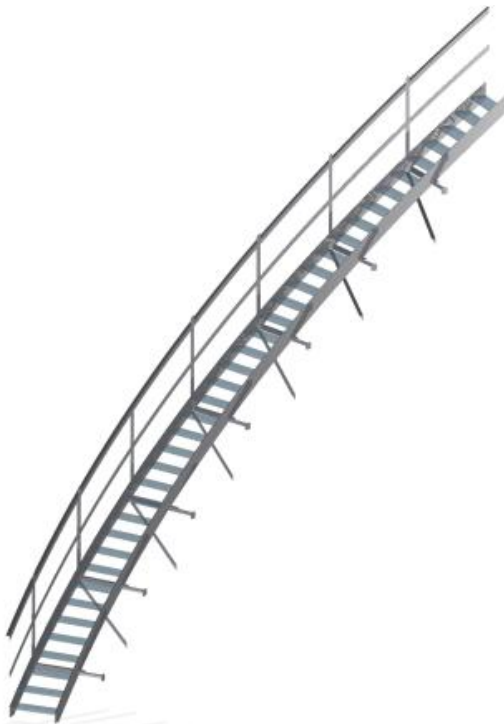
Aan de tankwand zijn veelal meerdere nozzles bevestigd die een belemmering kunnen zijn voor de trapconstructie. De algehele plaatsing van de trap moet dusdanig zijn dat deze geen belemmering ondervindt van de aansluitingen. Mocht het zo zijn dat de constructie toch hinder ondervindt dan dient de mogelijkheid van verplaatsing van de betreffende aansluitingen onderzocht te worden. Anders rest niets anders de trapconstructie aan te passen. In figuur 2-10 worden enkele aansluitingen getoond die op de onderste ring kunnen zitten.



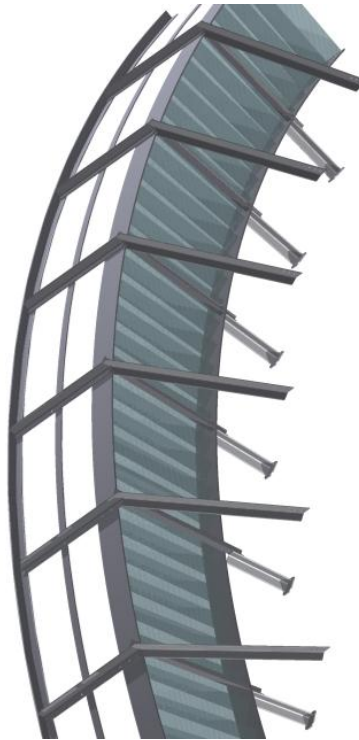
Figuur 2-10: Mangat, aftap en afvoerleiding aansluitingen op onderste ring

3 Probleemanalyse bestaande spiraaltrap

Men vindt de huidige trap arbeidsintensief om te maken. Het doel van dit hoofdstuk is te achterhalen waar de oorzaak ligt. In figuur 3-1 wordt de samenstelling van de trap getoond en in figuur 3-2 wordt getoond hoe de trap er van onder uit ziet met de steunen.



Figuur 3-1: Samenstelling bestaande spiraaltrap



Figuur 3-2: Onder aanzicht van de trap

Het eerste wat opvalt zijn de vele uitstekende delen. Per staander van de leuning gaan er twee profielen naar de romp. Voor de trap zoals deze getekend is, betekent dat men 14 steunen aan de romp moet lassen, op locatie per trapdeel. Elke ondersteuning bestaat weer uit een hoeveelheid delen die weer gemaakt moeten worden.

Een ander punt heeft betrekking met de mogelijke isolatie. Door de hoeveelheid steunen en de vorm van deze steunen hebben de isolators extra werk. De isolatie moet rondom de steunen geplaatst worden. Daarnaast moeten in de damwandprofielen gaten gemaakt worden waardoor de steunen steken. Ten slotte moeten al deze gaten weer dichtgemaakt worden om intrede van regen en wind te voorkomen.

Door de grote hoeveelheid aan onderdelen is de kans groot dat er delen zijn die niet goed op elkaar aansluiten. In figuur 3-3 is te zien dat de speling tussen de trapboom en de ondersteuning te groot is waardoor de moer niet meer op de bout paste.



Figuur 3-3: Speling trapboom met ondersteuning te groot

Een ander probleem dat was opgetreden is dat de bevestiging van de trapboom aan de ondersteuning niet goed paste. De positie van de ondersteuning aan de romp is niet goed waardoor de gatenpatroon niet meer klopte. In figuur 3-4 is te zien dat de gatenpatroon niet meer correspondeerde.



Figuur 3-4: Afwijking in gatenpatroon

Met het bestuderen van de bestaande trap valt het volgende te concluderen:

- Verminder het aantal steunen aan de romp;
- Verminder het aantal onderdelen om de constructie te maken;
- Helder montageplan om kans op fouten te verminderen.

4 Materiaal en materiaalbescherming

Voor de spiraaltrap is een scala aan materialen beschikbaar. Helaas kunnen de mogelijkheden van vezelversterkte kunststoffen niet benut worden vanwege de opgelegde beperking door de NEN-EN norm. De NEN-EN-14015 schrijft expliciet voor dat de constructie gemaakt dient te worden van een metaal. Hierdoor vallen de kunststofsoorten af. Voor een klein inzicht is in bijlage C de mogelijkheid van vezelversterkte kunststoffen beschreven.

In de opvolgende paragrafen wordt beschreven welk metaal het meest geschikt is voor verticale opslagtanks en welke relevante materiaalbeschermingen er zijn.

4.1 Corrosiebestendigheid van metalen

De corrosiebestendigheid is grofweg in te delen in twee soorten, de bestendigheid tegen atmosferische en de bestendigheid tegen de galvanische corrosie. In de opvolgende subparagrafen worden deze twee behandeld.

4.1.1 Atmosferische corrosie

Atmosferische corrosie ontstaat doordat een materiaal in contact komt met stoffen die zich in de omgevingslucht of in een vloeistof kunnen bevinden. Zo is vocht en zuurstof in de lucht of zuurstof in water een goede corrosie aanjager voor onbeschermd staal. Tevens kunnen bepaalde stoffen uit de opslagtank een chemische reactie aangaan met het materiaal van de trapconstructie.

In principe kan elk gewenste (chemische)-stof in een opslagtank bewaard worden. Hierbij mag worden aangenomen dat deze stoffen, met name de chemicaliën, niet met enige regelmaat uit de opslagtank kunnen lekken en op regelmatige basis het materiaal van de spiraaltrap kunnen aantasten. Mocht het gebeuren dat een stof uit een opslagtank weglekt dan dient de betreffende stof volgens de geldende regels te worden verwijderd van de constructie. Extra alertheid is geboden bij onderhoud.

4.1.2 Galvanische corrosie

Naast de gebruikelijke corrosie door atmosferische factoren, is er ook galvanische corrosie. Galvanische corrosie wordt veroorzaakt door het potentiaalverschil tussen de materialen die met elkaar in contact zijn. Een groter potentiaalverschil resulteert in een snellere aantasting van het materiaal. Dit is vooral belangrijk op punten waar verschillende constructiedelen met elkaar in contact komen. In tabel 4-1 wordt de invloed van het bevestigingsmateriaal op de te bevestigen materialen getoond. Deze tabel geeft dan inzicht in hoe de materialen op elkaar reageren.

Te bevestigen materialen	Materiaal bevestigingsmiddel				
	Zink en verzinkt staal	Aluminium en aluminium legeringen	Staal en ijzer	Messing, koper brons	Austenitisch roestvast staal (AISI 302/304)
Zink en verzinkt staal	A	B	B	C	C
Aluminium en aluminium legeringen	A	A	B	C	B
Staal en ijzer	AD	A	A	C	B
Messing, koper, brons	ADE	AE	AE	A	B
Ferritisch roestvast staal (AISI 430)	ADE	AE	AE	A	A
Austenitisch roestvast staal (AISI 302/304)	ADE	AE	AE	AE	A
A) Corrosie van de te bevestigen materialen wordt niet beïnvloed door het bevestigingsmiddel B) Corrosie van de te bevestigen materialen wordt slecht weinig verhoogd door het bevestigingsmiddel C) Corrosie van de te bevestigen materialen kan aanzienlijk verhoogd worden door het bevestigingsmiddel D) De nabehandeling van het bevestigingsmiddel wordt aangetast, zodat blank metaal overblijft E) Corrosie van het bevestigingsmiddel wordt verhoogd door de te bevestigen materialen, niet aan te bevelen					

Tabel 4-1: Corrosiebestendigheid van metalen(bron: www.onkenhout.nl)

4.2 Beschermmethoden

De beschermmethoden van metalen kan in principe in drie methoden worden gesplitst die in de opvolgende subparagrafen worden beschreven:

- Natuurlijke bescherming;
- Verzinken;
- Coaten.

4.2.1 Natuurlijke bescherming

Met de natuurlijke bescherming wordt de weerstand tegen corrosie van het materiaal zelf bedoeld zonder extra bewerkingen.

Staal

Standaard constructiestaal heeft geen natuurlijke bescherming tegen atmosferische invloeden. De optredende oxidelaag is poreus waardoor de betreffende factoren blijven inwerken op het staal. Hierdoor stopt het corrosie proces niet zodat het materiaal ernstig kan verzwakken. Een extra behandeling is nodig om corrosie van constructiestaal te voorkomen.

Roestvast staal

Roestvast staal (RVS) heeft een natuurlijke bescherming op basis van zijn legering. RVS wordt onder andere gelegeerd met Chroom en nikkel.

De hoge legeringsgehalte van chroom en nikkel zorgen voor de goede corrosie bescherming. Het chroom vormt een niet poreuze oxidelaag op het oppervlak van het materiaal. De rest van het materiaal blijft dan gevrijwaard van de omgevingsinvloeden. Dit betekent niet dat RVS tegen alles bestand is. Chloor is een van de stoffen waarop de oxidelaag zal reageren. Als gevolg hiervan treedt putcorrosie op.

Aluminium

De weerstand tegen corrosie werkt bij aluminium hetzelfde als bij RVS. De ontstane oxidelaag beschermt de rest van het materiaal tegen verdere corrosie.

Aluminium heeft als voordeel dat deze niet gevoelig is voor chloor. Daarentegen is aluminium niet bestand tegen zouten, zoals pekkel. Bij vorst wordt er doorgaans met pekkel of zand gestrooid. Doordat de operators regelmatig op het dak aanwezig moeten zijn kan het gebeuren dat de pekkel verspreid wordt over de constructie. Dit zal leiden tot een verhoogde kans op de vorming van corrosie.

4.2.2 Verzinken

Verzinken is een beschermmethode die gebruikt wordt om de bestendigheid tegen corrosie van constructiestaal te vergroten. Het zink hecht zich aan de materiaaloppervlakte en vormt hiermee een niet poreuze oxidelaag. Het verzinken is op te splitsen in twee hoofdgroepen: Elektrolytisch en thermisch verzinken.

Elektrolytisch verzinken

Elektrolytisch verzinken is een verzinkproces op basis van een elektrische stroom. Het product wordt ondergedompeld in een oplossing met zink waarna de elektrische stroom wordt aangebracht. Deze stroom zorgt ervoor dat het zink aan het product hecht. De laagdikte wordt bepaald door de stroomdichtheid tezamen met de tijdsduur in het zinkbad. De verdeling van de stroomdichtheid over het product is niet geheel uniform. Hierdoor is de laagdikte op bepaalde plaatsen hoger of lager dan normaal. Hierdoor zijn holle producten moeilijk van een gehele zinklaag te voorzien.

Na het verzinken wordt de aangebrachte laag gepassiveerd, ook wel chromateren genoemd, ter verbetering van de corrosiebestendigheid. De passieveerlaag is een dun laagje zinkchromaat / zinkoxide bovenop de bestaande zinklaag. De hoogste temperatuur die bij elektrolytisch verzinken kan optreden ligt rond de 70°C. Deze lage temperatuur maakt het aantrekkelijk voor producten met dunne wanddiktes.

Thermisch verzinken

Thermisch verzinken is een verzinkproces op basis van temperatuur. Bij dit proces wordt het product ondergedompeld in een bad met vloeibaar zink van circa 450°C. Het staal en het zink vormen bij deze temperatuur beschermende lagen zinklegeringen, dat afgesloten wordt door een zuivere zinklaag. Door het vloeibare zink zijn ook moeilijk bereikbare plaatsen, zoals de binnenkant bij holle profielen, volledig te bedekken met zink. Gezien de hoge temperaturen dienen producten met extra zorg te worden ontwikkeld om ongewenste vervormingen en/of scheurvorming te voorkomen. In figuur 4-1 worden enkele producten getoond in een zinkbad.



Figuur 4-1: Producten in zinkbad

4.2.3 Coaten

Coaten is het aanbrengen van een bescherm laag op de materiaaloppervlakte.

Natlakken

Natlakken is in principe het bekende verven van het product. Met kwast, roller of spuit kan de lak aangebracht worden waarna deze bescherming biedt na het uitharden. Deze verven dienen op een regelmatige basis te worden onderhouden.

IJzermenie is een veel gebruikt product om het staal mee te beschermen. IJzermenie is een corrosiewerende primer dat gebruikt wordt bij staal voor zowel binnen als buiten. De menie is met verscheidene middelen aan te brengen zoals een kwast, roller of spuitmachine. De hoofdkleur van de menie is roodbruin en is vooral bedoeld als een gedegen voorbehandeling. Om de bescherming te optimaliseren dient de ijzermenie verder afgewerkt te worden met een metaalverf in de gewenste kleur.

Poedercoaten

Poedercoaten is een elektrostatisch proces waarbij staal, verzinkt staal of aluminium gecoat wordt in elke gewenste kleur. Een belangrijk onderscheid met het natlakken is dat de poedercoat op basis van een polymeer is. De eigenschappen en afwerking zijn afhankelijk van de gekozen polymeer. Zo zijn er bijvoorbeeld epoxy- en polyesterpoedercoatings. De epoxypoeder zorgt voor een betere benutting en chemische resistentie van de coating. Polyesterpoeder is zeer geschikt voor buitentoepassingen dankzij specifieke eigenschappen als vloeiing, hechting en glansbehoud. Over het algemeen zijn de coatings slag- en slijtvast, kleurrijk met een lange levensduur.

Nadat de poedercoating is aangebracht dient het object verwarmd te worden in de daarvoor bestemde moffeloven. Hier zal bij een temperatuur van 100°C de poedercoating smelten en kan zich een mooie gladde verflaag vormen. Bij een objecttemperatuur van 140 tot 220°C komt er een chemische reactie op gang, die voor de uitharding zorgt. Het resultaat na uitharding is dan een mooie en vooral, duurzame en beschermende coating.

Poedercoaten is zeer geschikt in combinatie met thermisch verzinken, het zogenoemde duplex-systeem. Tezamen wordt de meest duurzame bescherming geboden tegen corrosie. Duplex is uitstekend bestand tegen extreme weersinvloeden en resulteert in een levensduur die langer is dan de som van de beschermingsduur van beide systemen afzonderlijk.

De kwaliteit van de poedercoating is zeer afhankelijk van de voorbehandeling van het staal of verzinkt staal. Zo heeft blank staal een mechanische voorbehandeling nodig zoals stralen en verzinkt staal behoeft licht stralen of chromateren voor een goed resultaat.

4.3 Metalen

De metalen die geschikt zijn voor constructie zijn aluminium, constructiestaal en roestvast staal. In deze paragraaf worden de materialen beschreven naar toepasbaarheid voor de opslagtanks.

4.3.1 Gebruik in opslagtanks

Verticale opslagtanks kunnen gemaakt worden van roestvast staal of van constructiestaal. Momenteel bouwt Sloot Tankbouw BV bouwt alleen stalen verticale opslagtanks. Indien men de opdracht krijgt een RVS opslagtank te bouwen dan wordt dat uitbesteed.

4.3.2 Constructiestaal

Dit is de meest gebruikte staalsoort die in veel verschillende legeringen te verkrijgen is. Gebruikelijk zijn de S235JR en de S355J2 soorten. Deze staalsoorten dienen wel tegen corrosie te worden beschermd. De coatingen reageren niet met andere stoffen maar zink reageert wel. Tabel 4-1 gaf de volgende resultaten voor verzinkt staal:

- Aluminium: corrosie wordt slechts weinig verhoogd;
- Staal en ijzer: zink wordt aangetast zodat blank staal over kan blijven;
- Roestvast staal: corrosie van verzinkt staal wordt verhoogd.

Hieruit blijkt dat verzinkt staal het best op verzinkt staal toegepast kan worden. Voor aansluitingen waar dat niet voorhanden is kan men het materiaal beschermen met een coating. De coating zorgt dan voor de scheiding tussen het staal en verzinkt staal.

De algemene bewerkbaarheid van staal is zeer goed. De werkplaats kan hier goed mee werken en het sluit naadloos aan op het materiaal van de opslagtank. De combinatie van verzinken en eventueel coaten zorgt een bescherming die verder gaat dan de toepasbaarheid van aluminium en RVS.

4.3.3 Aluminium

Aluminium is een goed alternatief voor staal. De lage soortelijk massa maakt het interessant om licht gewicht constructies te maken. Een groot nadeel van aluminium is tevens de lage treksterkte en stijfheid in combinatie met een hogere aanschafprijs.

Belangrijk is op te merken dat de opslag tank van zowel constructie staal als RVS gemaakt kan worden. Tabel 4-1 gaf de volgende resultaten voor aluminium:

- Zink en verzinkt staal: corrosie wordt slechts weinig verhoogd;
- Staal en ijzer: geen invloed op elkaar;
- Roestvast staal: corrosie van aluminium wordt verhoogd.

Hieruit blijkt dat men aluminium kan toepassen bij stalen opslagtanks maar bij RVS het in principe niet moet toepassen.

Verder is het lassen van aluminium een lastige opgave. Waar bij staal de doorlassing en hechting van de las goed te constateren is, zo is aluminium een stuk onbetrouwbaarder. Voor dragende constructies is het belangrijk dat men ervan uit kan gaan dat de hechting uitstekend is. Daardoor is een ervaren lasser noodzakelijk.

4.3.4 Roestvast staal

Roestvast staal heeft op bijna alle materialen in min of meerdere een negatief invloed op de corrosie. Tabel 4-1 gaf de volgende resultaten voor RVS:

- Aluminium: corrosie wordt verhoogd;
- Staal en ijzer: corrosie wordt slechts weinig verhoogd;
- Zink en verzinkt staal: corrosie wordt aanzienlijk verhoogd.

In de werkplaats wordt veelal staal verwerkt. De machines en gereedschappen, alsmede alle opslagplekken bevatten sporen van staal en roest. RVS dient zorgvuldig behandeld te worden om aantasting door de staalresten te voorkomen. Daarnaast dient RVS altijd gebeitst te worden op de plekken waar het materiaal bewerkt is.

5 Conceptonderdelen

5.1 Traptrede

De leverancier van roosters en traptreden is PMI Roosters. Voor zover het mogelijk is moet er gewerkt worden met de standaard onderdelen. In tabel 5-1 worden de standaard traptreden getoond van PMI Roosters die aan de belastingseisen voldoen. De traptreden worden geleverd met antislip aantredeprofiel en schetsplaten voor de bevestiging. De belasting gegeven in $[\text{kg}/\text{m}^2]$ is de maximale belasting bij de opgegeven overspanning. De puntbelasting is gegeven per 100mm x 100mm en dient minimaal 150 kg te zijn.

Trede		Verdeeld per trede		Punt (0,1x0,1)		Massa
		$[\text{kg}/\text{m}^2]$	$[\text{N}/\text{m}^2]$	$[\text{kg}]$	$[\text{N}]$	$[\text{kg}/\text{st.}]$
600 x 270	R 3/30	4771	46804	229	2243	3,6
600 x 305	R 3/30	4771	46804	229	2243	3,9
800 x 270	R 3/30	2671	26203	163	1596	5,3
800 x 305	R 3/30	2671	26203	163	1596	5,6
1000 x 270	R 3/40	3036	29783	225	2204	7,4
1000 x 305	R 3/40	3036	29783	225	2204	7,7
1200 x 270	R 3/40	2097	20572	183	1792	10,5
1200 x 305	R 3/40	2097	20572	183	1792	10,5

Tabel 2-1: Standaard traptreden PMI Roosters

Uit tabel 5-1 blijkt dat een standaardtrap is op te bouwen met een breedte van respectievelijk 600mm, 800mm, 1000mm en 1200mm breed te maken. Voor de andere maten dienen speciale traptreden besteld te worden. In figuur 5-1 wordt een trede getoond met schetsplaat en geperforeerde aantrede profiel.



Figuur 5-1: Standaard traptrede

Aan de hand van deze standaard traptreden kan de verhouding tussen de aantrede en optrede worden gecontroleerd.

5.2 Looproosters

Voor het tussenbordes zijn looproosters nodig voor de vloering. Voor het tussenbordes geldt een ontwerpbelasting van 2 kN/m^2 en een puntbelasting van 1.5 kN op een vlak van $200\text{ mm} \times 200\text{ mm}$. Tevens moet de lengte minimaal 800 mm zijn met een breedte gelijk aan of groter dan de traptraden. Ook bij de looproosters moet zoveel mogelijk gewerkt worden met standaard roosters. In figuur 5-2 wordt een afbeelding getoond van een looprooster.



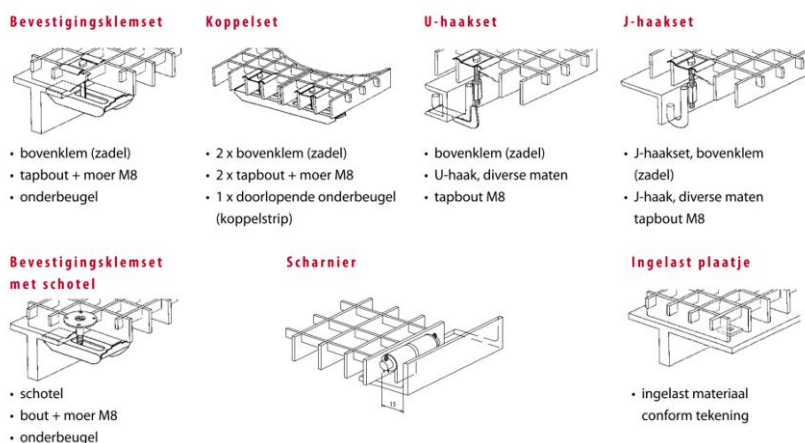
Figuur 5-2: Looprooster

Volgens de belastingstabellen zijn de in tabel 5-2 vernoemde standaard rooster voldoende sterk voor de belastingen. De eerste maat van de rooster is de overspanningsmaat, de richting van de draagstaven.

Rooster	Draagstaaf	Verdeelde belasting [kN/m ²]	Puntlast (0.2x0.2) [kN]
600x800	R2/25	19,78	2,19
600x900	R2/25	19,78	2,19
600x1000	R2/25	19,78	2,19
800x800	R2/25	11,13	1,56
800x1000	R2/25	11,13	1,56
600x1000	R3/30	42,73	4,69
800x1000	R3/30	24,03	3,35
1000x800	R3/30	14,85	2,60
1000x900	R3/30	14,85	2,60
1000x1000	R3/30	14,85	2,60
1200x800	R3/30	8,59	1,99
1200x900	R3/30	8,59	1,99
1200x1000	R3/30	8,59	1,99

Tabel 5-2: Standaard traptraden PMI Roosters

Om een goede aansluiting met de traptraden te verkrijgen, kan het mogelijk zijn dat de roosters aan de uiteinden afgeschuind dienen te worden. Dit zal hoogstwaarschijnlijk voorkomen bij de kleinere tankdiameters en/of bij de bredere traptraden. Bij de grotere tankdiameters in combinatie met een algemene trapbreedte kan de afschuining verwaarloosbaar zijn. Tevens moeten de roosters op een bepaalde manier bevestigd worden aan de constructie. In figuur 5-3 worden de middelen getoond waarmee dat kan.



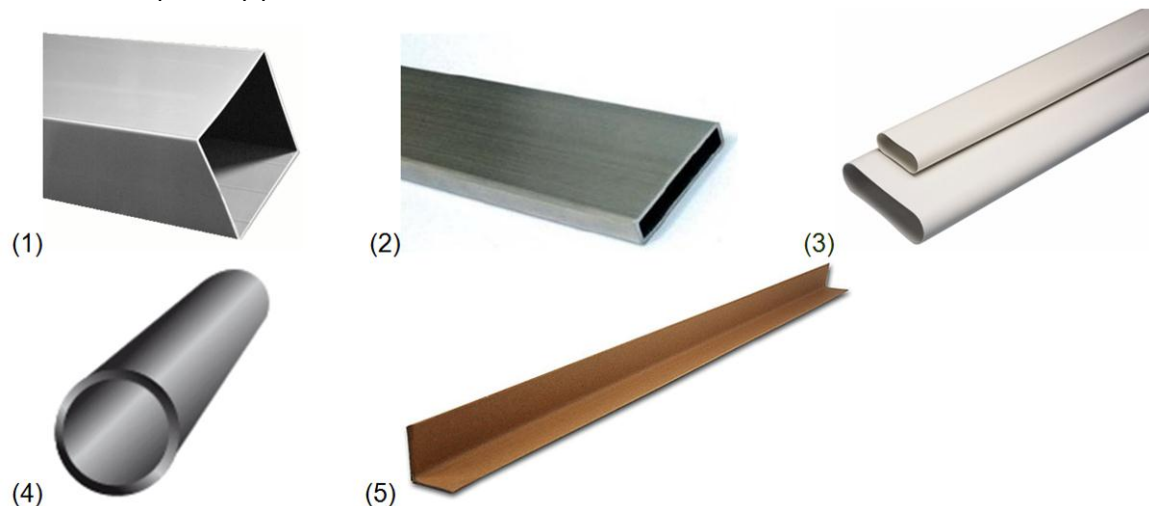
Figuur 5-3: Bevestigingsmiddelen roosters

5.3 Leuning

5.3.1 Handregel

De eerste eis aan de handregel is dat deze moet bestaan uit vaste stalen staven of profielen met een middellijn tussen 25mm en 50mm. Er zijn diverse soorten profielen die gebruikt kunnen worden voor de handregel. In onderstaande lijst staan de meest gangbare soorten profielen en in figuur 5-4 worden de afbeeldingen getoond die hierbij horen.

- Vierkant (1);
- Rechthoekig (2);
- Platovaal (3);
- Rond (4);
- Hoekprofiel (5).



Figuur 5-4: Handregel profielen

Hierbij wordt opgemerkt dat massieve buizen niet wenselijk zijn in verband met het toenemend gewicht en de daarbij toenemende kosten. Een materiaalbehandeling zoals verzinken gaat per kg eindproduct waardoor een massieve constructie extra kostbaar is.

Tevens moet er rekening worden gehouden dat de hoofdbewerking aan de handregel het walsen van de tank radius is.

5.3.2 Knieregel

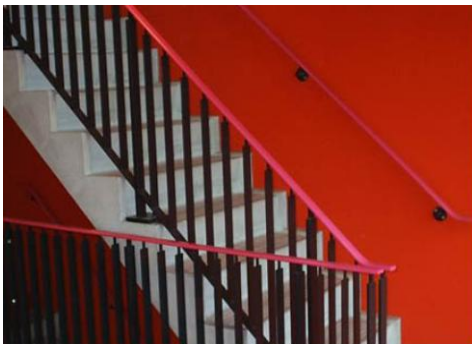
De knieregel zit tussen de voetstootlijst en de handregel in en dient ter belemmering dat een persoon naar beneden kan vallen. De knieregel wordt beperkt door de aanwezigheid van de staanders. Hierdoor kunnen extra bewerkingen aan het profiel nodig zijn om het passend te maken. Daardoor blijven er twee realistische profielen over die geschikt zijn, een stripprofiel of een ronde buis. Tevens kan er gekozen worden voor een enkele of dubbele knieregel en zelfs verticale regels. In de onderstaande figuren worden enkele voorbeelden van knieregels getoond.



Figuur 5-5: dubbele knieregel



Figuur 5-6: Enkele knieregel



Figuur 5-7: Verticale regels ipv knieregels

5.3.3 Voetstootlijst

De hoofdfunctie van de voetstootlijst is het voorkomen dat voorwerpen naar beneden kunnen vallen. Bij de leuning van de trap zelf behoeft deze niet aanwezig te zijn, maar bij de tussenbordessen wel. Om aan de eisen te voldoen moet de voetstootlijst een minimale hoogte van 100mm hebben waarbij de vrije ruimte met het vloeroppervlak kleiner dan 10mm is. In figuur 5-8 wordt een toepassing van een voetstootlijst getoond.

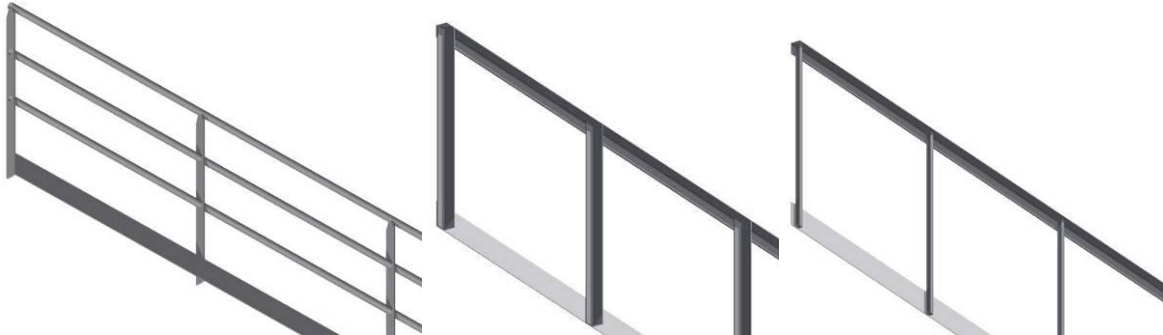


Figuur 5-8: Toepassing van een voetstootlijst

Gezien de vereiste minimale hoogte komt het platstaal en hoekprofiel in aanmerking. Het platstaal kan rechtstreeks aan de staanders van de leuning worden gemonteerd. Het hoekprofiel kan daarentegen meteen ter ondersteuning van het looprooster dienen.

5.3.4 Staanders

De handregel wordt direct aan de staanders bevestigd waardoor deze voor de stijfheid dienen te zorgen. De staander kan in drie gebruikelijke profielen gekozen worden: platstaal, hoekprofiel en ronde buis.



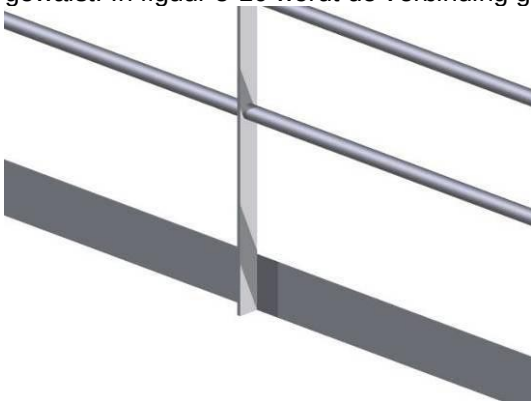
Figuur 5-9: links platstaal; midden hoekprofiel; rechts ronde buis

5.3.5 Bevestiging aan trapboom

Met het oog op de eventuele materiaalbehandeling, transport, onderhoud en fabricage is het wenselijk dat de delen voor zover mogelijk losneembaar zijn.

Gelast

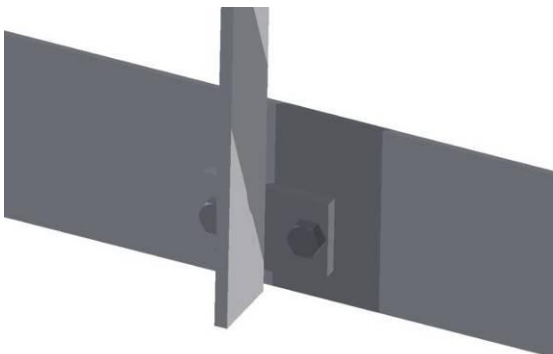
Bij deze methode wordt de staander rechtstreeks aan de trapboom gelast nadat deze in de radius is gewalst. In figuur 5-10 wordt de verbinding getoond.



Figuur 5-10: Rechtstreekse lasverbinding

Boutverbinding 1

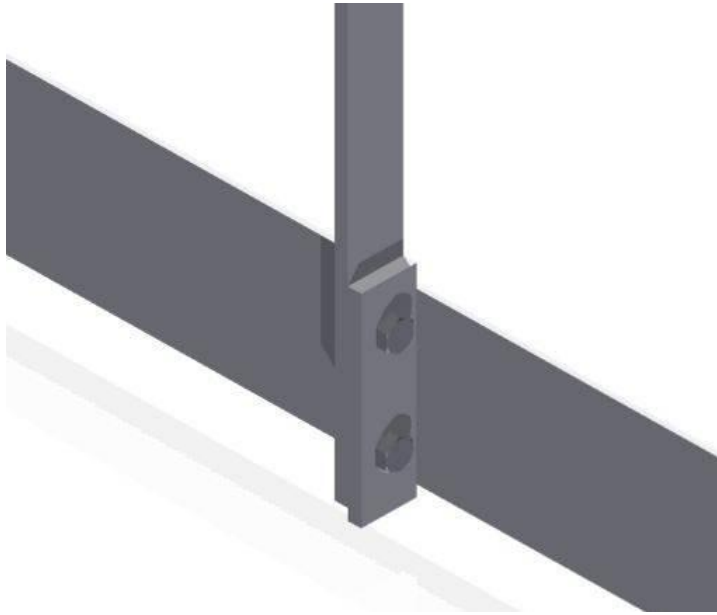
Bij de boutverbinding wordt er aan de staander een rechthoekige plaat gelast met daarin twee gaten voor de boutverbinding. In de trapboom worden twee gaten gesneden die overeenkomen met die van de staander. Voor hoekprofielen is de rechthoekige plaat overbodig gezien dit profiel rechtstreek aan de boom verbonden kan worden. In figuur 5-11 wordt deze verbinding getoond.



Figuur 5-11: Boutverbinding 1

Boutverbinding 2

Bij boutverbinding 2 wordt een rechthoekige plaat aan de trapboom gelast met daarin twee gaten voor de boutverbinding. In de staander worden twee gaten gesneden die overeenkomen met die van de trapboom. In figuur 5-12 wordt deze verbinding getoond.



Figuur 5-12: Boutverbinding 2

5.4 Bevestiging aan romp

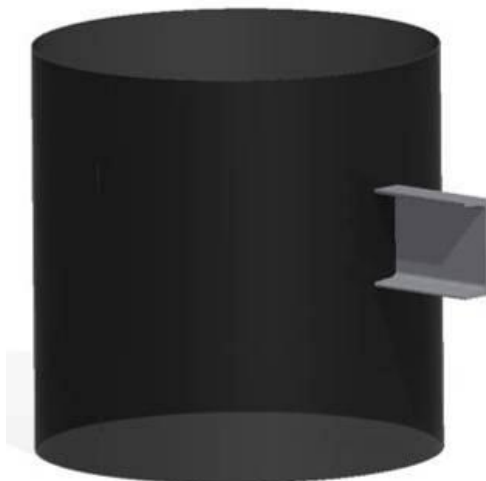
De trapconstructie moet uiteindelijk aan de romp van de tank vastgemaakt worden. De manieren waarop wordt beschreven in de opvolgende methoden.

Profiel rechtstreeks aan romp

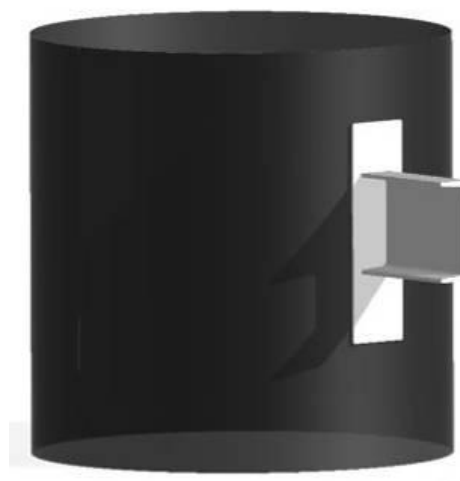
De ondersteuning van de trap kan rechtstreeks aan de romp worden bevestigd. Met het isoleren van de tank moet de isolatie in de vorm van het profiel worden gesneden. De gehele ondersteuning dient na bevestiging van een beschermende laag te worden voorzien. In figuur 5-13 wordt een afbeelding hiervan getoond.

Profiel met schetsplaat

Aan het profiel kan een schetsplaat worden gelast. Op locatie behoeft men alleen rondom de plaat te lassen. Zodoende worden moeilijke posities met lassen vermeden. In figuur 5-14 wordt een afbeelding hiervan getoond.



Figuur 5-13: Bevestigingsmethode profiel rechtstreeks



Figuur 5-14: Bevestigingsmethode profiel met schetsplaat

Schetsplaat boutverbinding

Aan de romp kan een plaat gelast worden met daarop een uitstekende plaat waaraan een profiel gemonteerd kan worden. De plaat dient dusdanig uit te steken dat de bevestiging buiten de eventuele isolatie van de tank komt. Op deze manier behoeft de isolatie slechts beperkte bewerking. In figuur 5-15 wordt een afbeelding hiervan getoond.



Figuur 5-15: Bevestigingsmethode schetsplaat met boutverbinding

5.5 Trapondersteuning

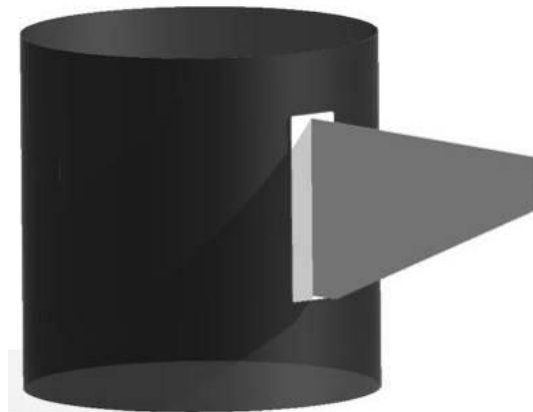
De trapondersteuning dient de gehele trap te dragen en de krachten over te brengen naar de romp.

Standaard profiel

Er kan worden gekozen voor een van de standaard profielen (UNP, IPE, HE, T, etc.) die sterk genoeg zijn om de constructie te dragen. Deze profielen kunnen met een klein hoekprofiel aan de trap worden gemonteerd.

Rechte plaat

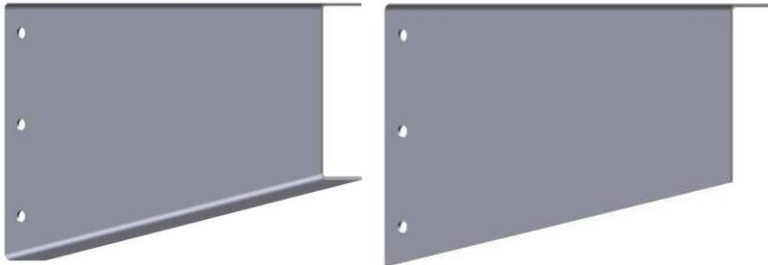
Een rechte plaat, zonder zettingen, kan aan een schetsplaat worden gelast. Rechtstreeks aan de romp is niet aan te bevelen vanwege de spanningverhogende effecten door de relatief smalle plaat. In figuur 5-16 wordt de rechte plaat op een schetsplaat getoond.



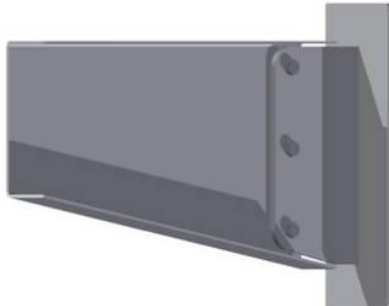
Figuur 5-16: Rechte plaat op schetsplaat

Enkel/dubbel gezette plaat

Vanuit een plaat wordt een profiel gesneden met een enkele of dubbele zetting. De breedte van de bovenste zetting is dan zodanig dat het bevestigingsmiddel voor aan de trap hierop op past. De onderkant loopt in een hoek omhoog om gewichtsbesparende redenen. Dit is mogelijk omdat de spanningen in het materiaal aflopen naar het uiteinde. Dit profiel is vooral schikt in combinatie met de bevestigingsmethode óschetsplaat met boutverbindingô In figuur 5-17 wordt de plaat met zettingen getoond en in figuur 2-18 de combinatie van plaat met bevestigingsmethode.



Figuur 5-17: links plaat met dubbele zetting, rechts plaat met enkele zetting



Figuur 5-18: Plaat met bevestigingsmethode

Ondersteuning vanuit de leuning

De constructie vanuit de leuning bestaat uit twee delen. Deel 1 is het dragende geheel dat verbonden is aan de romp. Deel 2 is een verlenging van de staander van de leuning. Deze loopt verder door en maakt dan onder een hoek de verbindingen met de romp. Dit principe wordt getoond in figuur 5-19.



Figuur 5-19: Ondersteuning vanuit de leuning

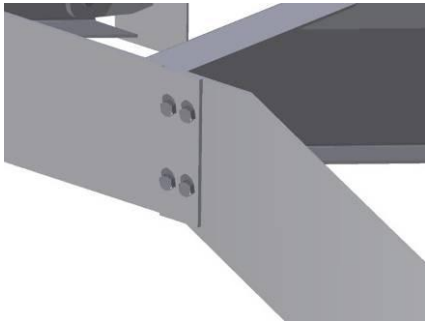
5.6 Tussenbordes/eindplateau

Het tussenbordes/eindplateau zal zoveel mogelijk gebruik maken van onderdelen waarmee de trap is gemaakt. Hierbij gaat het om de bevestiging aan de romp, de ondersteuningmethode, de leuning en het looprooster zoals behandeld in de voorgaande paragrafen.

Het enige dat overblijft aan het ontwerp is de aansluiting van de trapdelen aan het tussenbordes. De volgende beschreven methoden zijn geschikt voor zowel de aankomst als vertrek aansluiting aan het bordes.

Uitwendig plaat

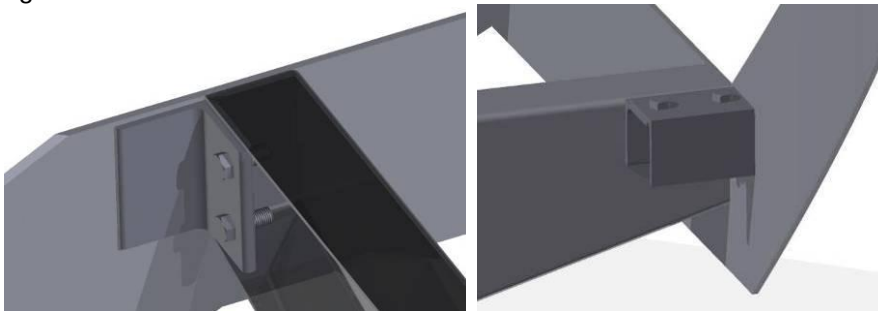
De trapboom wordt dusdanig ontworpen dat deze aansluit op de plaat van het bordes. De twee uiteinden worden overlapt door een plaat met boutverbinding. Deze methode wordt getoond in figuur 5-20.



Figuur 5-20: Uitwendige plaat

Inwendig hoekprofiel

Zowel aan de trapboom als aan de plaat van het bordes worden hoekprofielen gelast. Deze worden door middel van een boutverbinding aan elkaar gemonteerd. Deze methode wordt getoond in figuur 5-21



Figuur 5-21: Inwendig hoekprofiel

6 Conceptontwikkeling / keuze

Met de beschreven gegevens uit de voorgaande hoofdstukken kunnen de concepten worden gemaakt. Deze concepten worden getoetst op functionaliteit en fabricage. Van daaruit moet een keuze gemaakt kunnen worden.

6.1 Concept overzicht

In tabel 6-1 worden de vijf bedachte concepten getoond. Alle onderdelen worden bij naam genoemd voor het overzichtelijk houden van de lijst. In bijlage D is de visualisatie en beschrijving van deze concepten te lezen.

Onderdeel	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
Handregel	rond buisprofiel	rond buisprofiel	hoekstaal	rond buisprofiel	hoekstaal
Knieregel	rond buisprofiel	platstaal	platstaal	rond buisprofiel	platstaal
Knieregel aantal	enkel	enkel	enkel	enkel	enkel
Voetstootlijst	platstaal	platstaal	hoekstaal	hoekstaal	hoekstaal
Staander	platstaal	platstaal	platstaal	hoekstaal	hoekstaal
Bevestiging trapboom	boutverbinding 2	boutverbinding 2	boutverbinding 1	gelast	boutverbinding1
Bevestiging romp	schetsplaat boutverbinding	schetsplaat boutverbinding	schetsplaat boutverbinding	schetsplaat boutverbinding	schetsplaat boutverbinding
Trapondersteuning	dubbel gezette plaat	standaard profiel	rechte plaat	enkel gezette plaat	vanuit leuning
Verbinding bordes	inwendig hoekprofiel	inwendig hoekprofiel	Inwendig hoekprofiel	uitwendig plaat	uitwendig plaat
Materiaal soort	constructiestaal	constructiestaal	constructiestaal	constructiestaal	constructiestaal
Materiaal bescherming	thermisch verzinken	thermisch verzinken	thermisch verzinken	thermisch verzinken	thermisch verzinken
Bevestigingsmaterialen	verzinkte bouten	verzinkte bouten	verzinkte bouten	verzinkte bouten	verzinkte bouten

Tabel 6-1: Overzichtslijst concepten

6.2 beoordelingsresultaten

De in tabel 6-1 getoonde concepten worden getoetst aan bepaalde fabricage eisen en functionaliteit eisen. In Bijlage E worden de beoordelingseisen beschreven.

In tabel 6-2 worden de resultaten getoond van de toetsing op de fabricage eisen. In tabel 6-3 worden de resultaten getoond van de toetsing op de functionele eisen.

Fabricage eisen							
Eisen/wensen	Weegfactor	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5	ideaal
Standaard producten	3	8	10	7	8	8	30
Massa	1	8	6	6	8	5	10
Arbeidsintensiteit	2	8	9	7	7	5	20
Montage op locatie	3	8	8	8	8	4	30
Foutgevoeligheid	2	6	8	7	6	5	20
Transport	1	8	8	8	5	5	10
Aanpasbaarheid	1	7	9	7	7	6	10
Dekkingsgraad corrosie- bescherming op lastige plekken	1	8	6	4	8	4	10
Totaal		107	117	98	102	76	140
totaal percentage		76%	84%	70%	73%	54%	100%

Tabel 6-2: Beoordelingsresultaten fabricage eisen

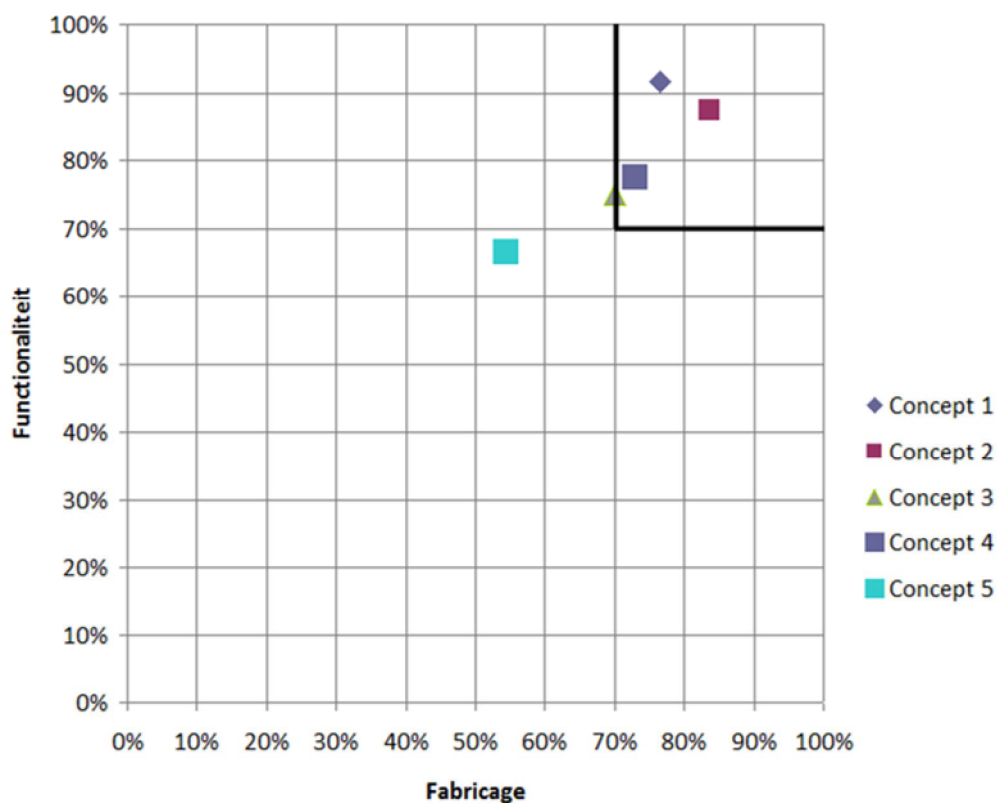
Uit tabel 6-2 blijkt dat concept 2 het best gebruik maakt van standaard producten maar ook slecht scoort ten opzichte van de massa. Concept 1 is met gebruik van meerdere ronde vormen geschikter voor een extra coating. Concept 5 blijkt op bijna alle vlakken matig tot slecht te scoren.

Functionaliteit eisen							
Eisen/wensen	Weegfactor	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5	ideaal
Esthetisch	2	10	8	6	7	4	20
Onderhoud (trap)	3	8	8	7	7	5	30
Onderhoud (tank)	3	10	10	10	10	10	30
Grip	2	9	9	6	6	6	20
Hoeveelheid hoeken	1	8	7	5	6	5	10
Corrosiebestendigheid	1	10	10	10	10	10	10
Totaal		110	105	90	93	80	120
Totaal percentage		92%	88%	75%	78%	67%	100%

Tabel 6-3: Beoordelingsresultaten functionele eisen

Uit tabel 6-3 blijkt dat concept 1 het best scoort op functionaliteit. De grip, hoeveelheid hoeken en esthetisch gebied bepaalden de scores. Wederom scoort concept 5 op deze vlakken matig tot slecht. Concept 2 is door de platstalen knieregel esthetisch minder mooi en heeft meer nadeel op de hoeveel hoeken.

De resultaten die getoond worden in tabel 6-1 en tabel 6-2 worden visueel weergegeven in figuur 6-1. In dit figuur is een dikke scheidslijn aangegeven voor de beoordelingsresultaten. Concepten die buiten dit grensgebied vallen worden niet meegenomen voor de keuze.

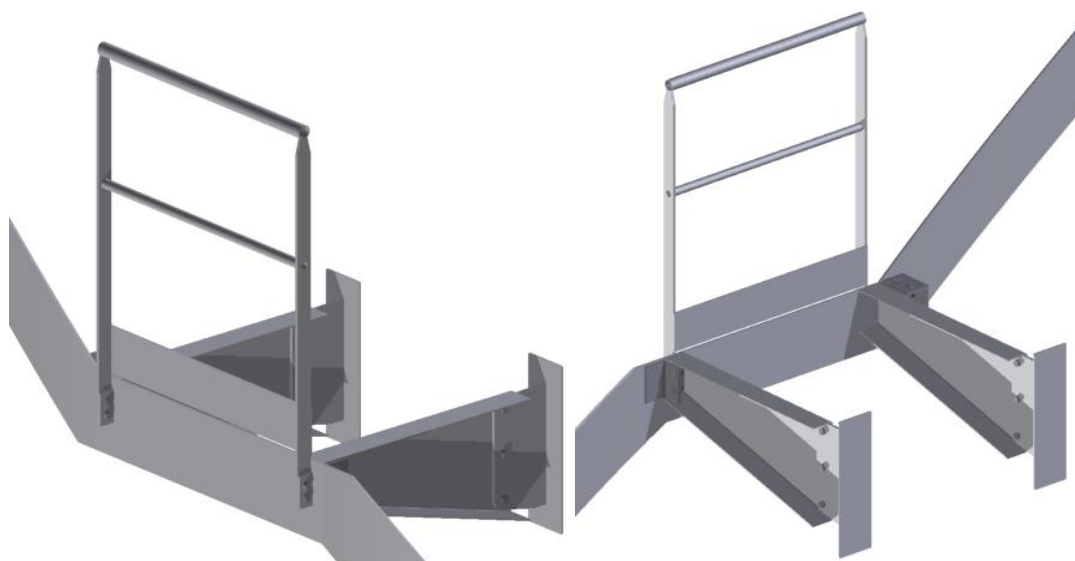


Figuur 6-1: Visualisatie beoordelingsresultaten

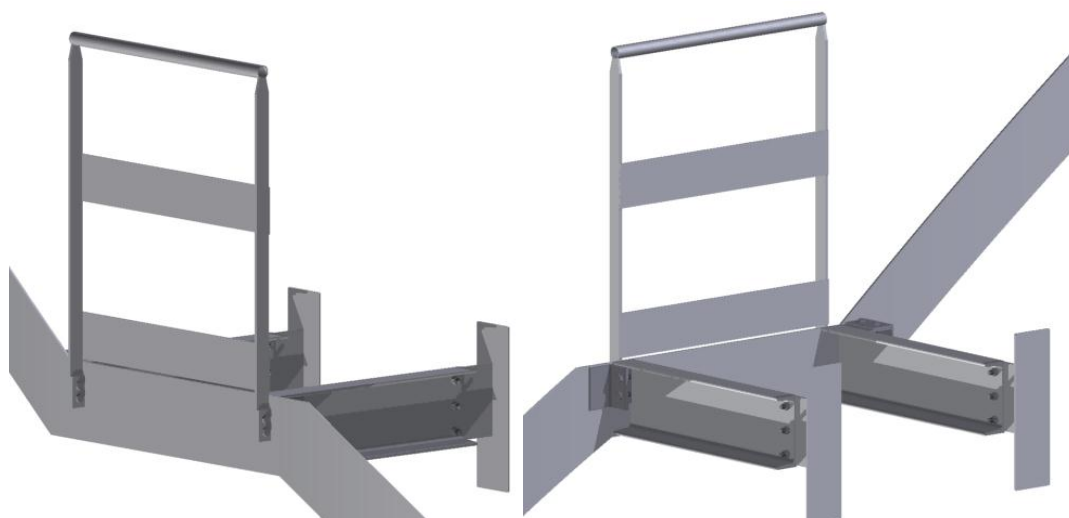
Uit figuur 6-1 blijkt dat concept 1 en concept 2 relatief dicht bij elkaar scoren. Door uitwerking van deze concepten zal een gegronde keuze gemaakt kunnen worden.

6.3 Gekozen concepten

Figuur 6-2 toont de visualisatie van concept 1 en figuur 6-3 toont de visualisatie van concept 2. Alle dimensies van de trap worden in bijlage F en G berekend.



Figuur 6-2: Visuele weergave concept 1



Figuur 6-3: Visuele weergave concept 2

7 Fabricage / montage bewerkingen

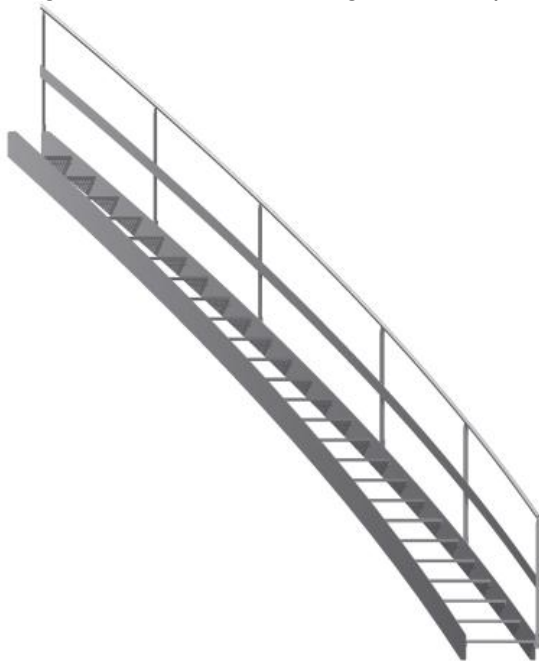
De grootste kosten zitten in fabricage en montage van de onderdelen. Om een schatting te kunnen maken moet de globale fabricage en montage methode bekend zijn.

7.1 Verzinken

De trapconstructie moet doordacht opgebouwd worden om fouten tijdens het verzinken te voorkomen. Het verzinken gebeurt bij een temperatuur van 400°C en daarbij ontstaan relatief snel constructiefouten. NedCoat Group BV heeft een compact boekje geschreven met tips voor producten die verzinkt moeten worden. In bijlage H wordt het boekje 'Doordacht construeren' en 'Tips voor thermisch verzinken' getoond.

7.2 Trapdeel

In figuur 7-1 wordt de tekening van het trapdeel getoond.



Figuur 7-1: Trapdeel samenstelling

Trapboom

De trapboom wordt gemaakt van strip 250x8mm aangezien de grote lengte hiervan. De uiteinden moeten worden gezaagd doordat de snijtafel tot een lengte van 6000mm gaat en de gaten worden geboord.

Walsen geschiedt buiten het bedrijf.

Van de verbindingsschalen, waar de gehele leuning aan verbonden wordt, moet de positie van worden bepaald op de trapboom. Deze worden rondom afgelast.

Hand- en knieregel

De handregel is buis 42,4x3.25mm en de knieregel is strip 100x5mm. Beide dienen gewalst te worden zoals bij de trapboom. Deze onderdelen worden op maat gezaagd en naar de walserij gebracht.

Staander

De staander wordt volledig uitbesteed aan de walserij. Zij leveren zelf het materiaal en snijden deze geheel volgens specificatie op maat.

montage

De platstalen knieregel is lastig afstellen aangezien hier geen duidelijk referentiepunt voor is. Bij de ronde knieregel is afstellen relatief makkelijker doordat er gaten in de staanders zijn waardoor de knieregel heen moet.

De handregel past op de uitsparing van de staander. Positie van de staanders moeten alleen juist bepaald worden.

De treden moeten aan de trapbomen gemonteerd worden. De trapbomen moeten dusdanig gepositioneerd worden dat de treden in overeenstemming zijn met het gaten patroon.

De grootte en massa van de trap maakt het hanteren van de onderdelen een behoorlijke klus.

7.3 Bordes

In figuur 7-2 wordt de tekening van het bordes getoond.



Figuur 7-2: Bordes samenstelling

Voetstootlijsten

De voetstootlijsten kunnen gezaagd worden uit strip 250x8mm zoals gebruikt bij de trapboom. Hieraan worden hoeklijnen gelast waarop het rooster steunt en bevestigd is. Aan de kant van de leuning zijn de verbindingblokken gelast waaraan de leuning wordt bevestigd.

Leuning

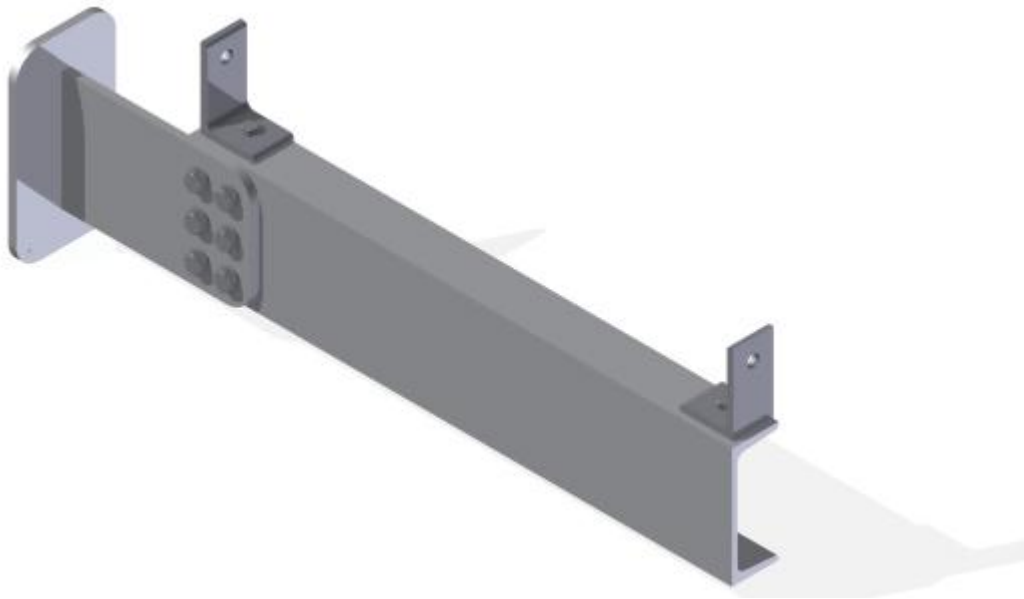
De handregel kan rechtstreeks aan de staander worden gelast. De uitsparing in de staander zorgt voor de centrische uitlijning waarbij de uiteinden van de handregel op de staander moeten passen.

Montage

De leuning kan rechtstreeks aan de voetstootlijst gemonteerd worden. Dit geheel kan weer op de ondersteuning gelast worden.

7.3.1 Ondersteuning

In figuur 7-3 wordt de tekening van de ondersteuning getoond.



Figuur 7-3: Trapondersteuning samenstelling

UNP profiel of plaat

Het UNP profiel moet op maat gezaagd worden. In de vlakke kant moeten 6 gaten voor bout M16 komen. Op de bovenkant twee gaten voor de hoeklijnen.

Schetsplaat

De schetsplaat kan gesneden worden met de snijtafel. De gaten moeten in overeenstemming met die van de UNP profiel geboord worden.

Wandplaat

De wandplaat kan gesneden worden met de snijtafel.

Hoekprofiel

De hoekprofielen dienen op maat gezaagd te worden waarna in beide flensen een gat geboord moet worden.

Montage

De schetsplaat moet uitgelijnd aan de wandplaat worden gelast. Deze samenstelling kan aan de UNP profiel worden bevestigd met de daarvoor bestemde gaten. Aan het UNP profiel worden de hoekprofielen gemonteerd

8 Onderhoud

8.1 Materiaal

Het gebruikte constructiestaal zal met thermisch verzinken beschermd worden tegen corrosie. In tabel 8-1 wordt een globale beschermingsduur van thermisch verzinkt staal getoond. Hier geldt het milieu ðndustrieð

Milieu	Zinklaagafname in µm per jaar	Beschermingsduur in jaren bij een zinklaagdikte van:	
		70 µm	120 µm
Binnenshuis	< 1	Praktisch oneindig	Praktisch oneindig
Platteland	0,8 ñ 1,5	70 ñ 45	120 ñ 80
Stad	1,2 ñ 2,5	55 ñ 25	100 ñ 45
Industrie	1,5 ñ 3,5	45 ñ 20	80 ñ 30

Tabel 8-1: Beschermingsduur thermisch verzinken (bron: folder ðhermisch verzinkt staalð ñ stichting doelmatig verzinken)

De in tabel 8-1 vermelde zinkafname zal in de meeste gevallen binnen de opgegeven grenzen liggen. De genoemde beschermingsduur is bepaald uit de jaarlijkse zinklaagafname. Bij een zinklaag van 70 µm en een afname van 3,5 µm zal de levensduur globaal 20 jaar zijn.

Bij delen die tevens voorzien zijn van een coating is de levensduur groter dan de som van de coating en zink.

De constructie kan op zich 10 jaar onderhoudsvrij gebruikt worden. Bij deze grenspunt wordt aanbevolen de constructie grondig te controleren op slijtage van de zinklaag.

8.2 Boutverbindingen

De boutverbinding moet dusdanig zijn bevestigd dat deze zich niet kan lossen van de moer. Tijdens de grootse controle op zinklaagdikte kan steekproefsgewijs de bouten gecontroleerd worden op spanning.

8.3 Reparatie

Een belangrijk onderdeel van de constructie is dat deze in delen losneembaar is van de romp. Als men de leuning beschadigt door een kraan, dan kan de gehele leuning losgemaakt worden zonder de complete trap te hoeven verwijderen. Een nieuwe leuning kan gemaakt worden zodat deze naderhand weer gemonteerd kan worden.

Mocht de trap zelf verwijderd worden dan kan dat ook met behulp van de boutverbinding in de ondersteuning. De gehele trap is op deze manier demontabel zonder te slijpen, branden of andere bewerkingen aan de tank.

8.4 Visuele inspectie

De operators van de opslagtanks zijn de belangrijkste mensen als het gaat om het constateren van problemen. Zij behoren op regelmatige basis de tank te betreden en tijdens het gebruik van de trap kunnen zij een visuele inspectie uitvoeren. Zij kunnen de volgende delen constateren:

- Overmatige slijtage plekken van verzinkt staal en/of coating;
- Vorming van corrosie op constructiedelen;
- Lossen van verbindingen zoals bij leuning, roosters, treden etc..

Indien zij een van de opgenoemde punten constateren dienen zij de onderhoudsdienst of Sloot Tankbouw Bv te contacteren voor onderhoud en/of reparatie.

9 Kostprijs

Er bestaat geen eenduidige kostprijs van de spiraaltrap. Om toch inzicht in de kosten te verkrijgen wordt de trap eenmalig uitgewerkt volgens dezelfde specificaties als de huidige trap. Uiteindelijk zal er een aantoonbaar verschil zichtbaar zijn waaruit blijkt of de spiraaltrap rendabel is.

9.1 Ontwerp gegevens

Om een kostprijs berekening te kunnen maken moeten bepaalde gegevens van de opslagtank bekend zijn. Om dat te doen moet een bepaalde tank berekend worden. In bijlage I wordt de samenvatting getoond van de berekening, ontwikkeld door de afstudeerder. In onderstaande lijst worden de gegevens getoond die belangrijk zijn voor het bepalen van de kostprijs.

Tank diameter:	20.000 mm;
Tank hoogte:	10.000 mm;
Top corner ring:	110 x 110 x 14;
Wind girder:	100 x 65 x 8 mm, 4680 mm vanaf top cilinder geplaatst;
Ankers:	27 stuks, elke 2327mm geplaatst;
Aansluitingen:	geen belemmering.
Isolatie:	nee;

Kosten worden bepaald aan de hand van de volgende constructies.

Trapdeel:	2 stuks
Tussenbordes:	1 stuk
Eindplateau:	1 stuk

9.2 Huidige trap

Bij een offerte van een opslagtank inclusief spiraaltrap, wordt aangenomen dat de spiraaltrap rond de €900,- per stijgende meter kost. Deze kostprijs is een globale schatting doordat de werkelijke kosten pas op specifieke aanvraag te bepalen zijn.

9.3 Kostprijs concept 1

In bijlage J wordt de opbouw van kostprijs bepaling getoond.

Onderdeel	Aantal	€ / stuk	€	totaal
Trapdeel	2	€ 3.303,21	€	6.606,41
Bordes	2	€ 328,60	€	657,20
Ondersteuning	9	€ 79,85	€	943,62
		totaal	€	8.207,24
		totaal per meter	€	820,72

Uit dit overzicht blijkt dat concept 1 ongeveer € 821,- per stijgende meter kost.

9.4 Kostprijs concept 2

In bijlage J wordt de opbouw van kostprijs bepaling getoond.

Onderdeel	Aantal	€ / stuk	€	totaal
Trapdeel	2	€ 3.453,21	€	6.906,41
Bordes	2	€ 328,60	€	657,20
Ondersteuning	9	€ 97,23	€	875,04
		totaal	€	8.438,66
		totaal per meter	€	843,87

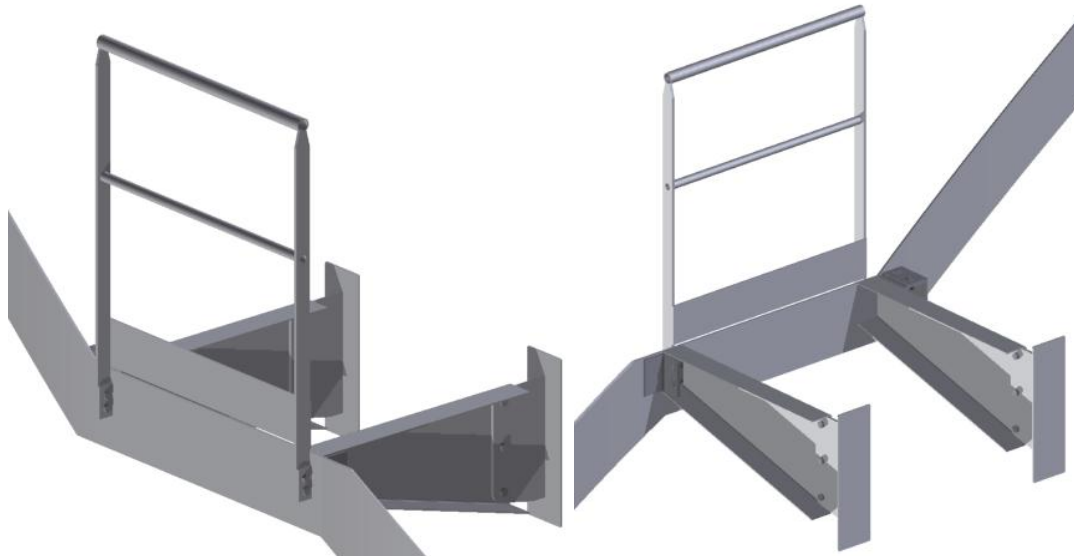
Uit dit overzicht blijkt dat concept 2 ongeveer € 844,- per stijgende meter kost.

10 Conclusie

Op basis van het onderzoek is geconcludeerd dat concept 1 en concept 2 weinig van elkaar verschillen om een concrete keuze te kunnen maken. Na verdere uitwerking blijkt dat de twee gekozen concepten nog steeds goed overeenkomen. De kostprijs van beide trappen liggen onder de €900,- per stijgende meter.

- Concept 1: € 821,-
- Concept 2: € 844,-

Op basis van het huidige verslag en ontwerp gegevens wordt vooralsnog concept 1 aanbevolen voor standaard spiraaltrap. Concept 2 kan aangehouden worden als alternatief ontwerp voor de klant die dat wenst. In figuur 10-1 wordt de opbouw van concept 1 getoond.



Figuur 10-1: Weergave opbouw van concept 1

Dit ontwerp heeft een groot voordeel voor het personeel op locatie door minder gebruik van ondersteuning. De eventuele isolators hebben met deze ondersteuning minder werk om het geheel af te werken.

De constructie zelf bestaat uit minder onderdelen waardoor de kans op fabricage fouten kan worden verminderd. Doordat het geheel losneembaar is van de tankwand kan onderhoud/reparatie goed plaatsvinden.

11 Aanbevelingen

De grootste kostenpost moet gereduceerd kunnen worden. Volledige uitbesteding van het fabriceren bij Den Oudsten Buigwerken moet dat haalbaar maken. Zij hebben de mogelijkheid tot het verwerken en snijden van de trappomen. Op een dergelijke manier zal het aantal manuren gereduceerd kunnen worden.

Er zijn klanten die een eigen plant stijl hebben en daardoor wensen dat de nieuwe spiraaltrap in deze stijl gemaakt wordt. Het aanmaken van een database van klanten met hun spiraaltrap standaarden kan wenselijk zijn. Tevens zal een kostprijs uitwerking van deze standaarden een realistisch beeld geven bij het maken van een offerte.

Ter verduidelijking worden de aanbevelingen opgesomd:

- Aanvraag kostprijs bepaling bij volledige uitbesteding van de trapboom, hand- en knieregel (materiaal, snijden, graveren en walsen) bij Den Oudsten Buigwerken;
- Klantenbestand aanmaken met hun design standaard;
- Kostprijs uitwerken van elk design standaard;

Literatuurlijst

Literatuur

API Standard 650

Welded Tanks for Oil Storage; American Petroleum Institute; United States of America, May 1 2010.;

NEN-EN 14015:2004

Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above; Nederlands Normalisatie-instituut; Delft, November 2004.

NEN-EN-ISO 14122-1

Veiligheid van machines ñ Permanente toegangsmiddelen tot machines ñ Deel 1: Keuze van vaste toegangsmiddelen tussen twee niveaus; Nederlands Normalisatie-instituut; Delft, juli 2001.

NEN-EN-ISO 14122-2

Veiligheid van machines ñ Permanente toegangsmiddelen tot machines ñ Deel 2: Werkbordessen en looppaden; Nederlands Normalisatie-instituut; Delft, juli 2001.

NEN-EN-ISO 14122-3

Veiligheid van machines ñ Permanente toegangsmiddelen tot machines ñ Deel 3: Trappen, trapladders en leuningen; Nederlands Normalisatie-instituut; Delft, juli 2001.

Roloff / Matek Machineonderdelen

Roloff / Matek Machineonderdelen; 4^e druk, Academic Service, Den Haag, oktober 2006.

Verzinken

Doordacht Construeren ñ Tips voor thermisch verzinken; NedCoat Group BV; Rotterdam, november 2006.

Websites

Bijl Profielen

www.bijlprofielen.nl

Leverancier van vezelversterkte kunststofprofielen.

Gebruik van informatie kunststof profielen en foto van de BIJL-Brug.

Buyten

www.buyten.nl

gebruik van tabel levensduur verzinkt staal.

NedCoat Group BV

www.nedcoat.nl

Gebruik van handboek ádoordacht construeren ñ tips voor thermisch verzinken

Onkenhout

www.onkenhout.nl

Gebruik van informatie tabel over corrosiebestendigheid.



[BLANCO]

Ontwerp van een spiraaltrap

[bijlagen]



Sloot Tankbouw B.V.

DE HAAGSE
HOOGESCHOOL



Remy de Bruin
(07001282)

December 2011

Ontwerp van een spiraaltrap

[bijlagen]



Sloot Tankbouw B.V.

DE HAAGSE
HOGESCHOOL

Auteur: *R. de Bruin*
07001282

Bedrijf: *Sloot Tankbouw B.V.*
Edisonstraat 7
3133 KG Vlaardingen

Bedrijfsmentor: *Raini Bennis*
Tel. 010 – 248 35 00

Onderwijs instelling: *De Haagse Hogeschool*
Rotterdamseweg 137
2628 AL Delft

Afstudeercoach: *ir. A. van der Vlugt*
Tel. 015 – 260 62 58

Afstudeer coördinator: *ir. C. van Hulst*

Datum, plaats: *December 2011, Vlaardingen*



Inhoudsopgave

A. Betrokken partijen	5
A.1 Opdrachtgever: Sloot Tankbouw B.V.	5
A.2 Gebruikers: Operators / onderhoudsdienst	5
A.3 Potentiële klanten	6
A.4 Externe leveranciers	6
A.5 Overheid	6
B. Wetgevingseisen	7
B.1 Samenvatting	7
B.2 Wetgeving	9
B.3 NEN-EN-ISO 14122 Permanente toegangsmiddelen tot machines	9
B.4 NEN-EN 14015 (ontwerp opslagtanks)	19
B.5 API 650	20
C. De mogelijkheid van vezelversterkte kunststoffen	21
C.1 Bewezen diensten	21
C.2 Bestendigheid	21
C.3 Gedrag	21
C.4 Inkoop	22
C.5 Toepasbaarheid	22
D. Conceptontwikkeling	23
D.1 Overeenstemmende keuzes	23
D.2 Concept 1	24
D.3 Concept 2	25
D.4 Concept 3	26
D.5 Concept 4	27
D.6 Concept 5	28
E. Beoordelingseisen	29
E.1 Fabricage eisen	29
E.2 Functionele eisen	30
F. Stress Analysis Reports	31
G. Ontwerp berekeningen	33
G.1 Aannamen	33
G.2 Belasting bepaling	33
G.3 Trapboom ondersteuning	38
H. Doordacht construeren – Tips voor thermisch verzinken	45
I. Samenvatting verticale opslagtank berekening	47
J. Kosten specificatie	49
J.1 Specificatie concept 1	50
J.2 Specificatie concept 2	51
K. Reflectieverslag	52
K.1 Competenties	52
K.2 Competentieontwikkeling	53
K.3 Persoonlijke noot	55



[BLANCO]

A. Betrokken partijen

Deze bijlage wordt gebruikt om alle belanghebbenden en betrokkenen van dit project in kaart te brengen. Het doel is om de verschillende inzichten, eisen en/of wensen met de mogelijkheden in kaart te brengen en hierin een overeenstemming te bereiken.

A.1 Opdrachtgever: Sloot Tankbouw B.V.

De belangrijkste belanghebbende bij dit project is de opdrachtgever Sloot Tankbouw B.V.. Zij heeft opdracht gegeven tot het ontwerpen van een spiraaltrap voor verticale opslagtanks. Het bedrijf is op te splitsen in meerdere afdelingen die elk hun bepaald belang hebben.

Directie

De directie van het bedrijf wil de spiraaltrap verkopen aan de klant tegen een goede prijs. Aangezien de huidige spiraaltrap de nodige kosten met zich meebrengt (€900,- per stijgende meter) zijn de eisen gericht op een spiraaltrap met een lage arbeidsintensiteit en een laag gewicht. Zodoende is een reductie van de fabricagekosten te realiseren. Tevens is het wenselijk dat de spiraaltrap relatief gezien een mooi uiterlijk heeft als goede presentatie van het bedrijf.

Ronde vormen worden binnen het bedrijf als esthetisch verantwoord beschouwd.

Werkplaats

In de werkplaats van het bedrijf moeten zoveel mogelijk onderdelen worden gemaakt. De werkplaats heeft als eis dat er duidelijke werktekeningen van de trap zijn. Het liefst dienen deze gespecificeerd te zijn in het Nederlands wegens de taalvaardigheid van de werknemers. Daarnaast is uniformiteit in onderdelen belangrijk zodat de kans op fabricagefouten kan worden geminimaliseerd.

Met het ontwerpen dient ook rekening te worden gehouden met de mogelijkheden van de werkplaats. Zo is er geen beschikking over een profielwals waardoor dit uitbestedt dient te worden. Daarnaast is het ook niet mogelijk om plaatmateriaal onder een hoek te walsen.

Hoewel de werkplaats hoofdzakelijk constructiestaal verwerkt kan in principe ook roestvast staal en aluminium worden verwerkt. Bij aluminium en RVS dienen wel extra maatregelen te worden genomen om fabricage- en materiaalfouten te voorkomen.

Engineering

Afdeling engineering moet voor het gereed maken van de werktekeningen alle relevante gegevens hebben van de opslagtank en wat de klant precies wil hebben. Hierbij moet gedacht worden aan de gewenste vrije trapbreedte, type leuning, aanwezigheid van isolatie en eventuele aansluiting (windgirders, top corner ringen, nozzles etc.) aan de tankwand en de diameter van de opslagtank.

Met deze correcte gegevens kan de spiraaltrap worden ontworpen.

A.2 Gebruikers: Operators / onderhoudsdienst

Er is gebleken dat bij het gebruik van de spiraaltrap het gevoel van veiligheid erg belangrijk is. Hierbij speelt de stijfheid en massiviteit van de trap een rol. Een te bewegelijke trap zal een onveilig gevoel geven wat ook geldt voor een trap met te vele componenten.

Voor de operators is de visuele toegankelijkheid tot alle onderdelen van de trap belangrijk. Indien zij onderhoudspunten zien dan wordt dat doorgegeven aan de onderhoudsdienst.

Voor de onderhoudsdienst dienen de bouten en moeren bereikbaar te zijn zonder extreme houdingen aan te hoeven nemen. Voor onderhoud of reparatie aan de tankwand is het wenselijk dat de trap in zijn geheel demontabel van de tankwand is.

A.3 Potentiële klanten

De potentiële klanten bevinden zich in de tuinbouwsector of in de industrie. De klant heeft als algemene eis dat erop vertrouwd kan worden dat de trap betrouwbaar is en tegen een acceptabele kostprijs geleverd kan worden. Tevens moet de klant de mogelijkheid hebben te kunnen kiezen voor extra opties zoals een gelakte leuning en/of enkele/dubbele knieregel.

In de industrie zijn er vele grote bedrijven zoals Shell en Vopak. Veel van deze bedrijven hebben al een bestaande tankplant die in een bepaalde stijl is gebouwd. Dit kan zijn naar aanleiding van de wens van de klant of door het bedrijf dat de tanks heeft geplaatst. Doordat er al een bepaalde bouwstijl is wordt deze gehanteerd voor de gehele plant. Zo kan het zijn dat Shell eist dat er geen ronde profielen worden gebruikt maar bijvoorbeeld hoekstaal.

A.4 Externe leveranciers

Voor het verkrijgen van plaatmaterialen en diverse profielen, walsen van profielen en meerdere materiaalbehandelingen is Sloot Tankbouw B.V. afhankelijk van derden.

Den Oudsten Buigwerken

Onderdelen die onder een hoek moeten worden gewalst of profiel walsen/buigen worden uitbesteed aan Den Oudsten Buigwerken. Dit bedrijf is gespecialiseerd in het walsen en buigen van complexe producten.

De gegevens die zij nodig hebben voor verwerking:

- Materiaal (buis, koker, hoekprofiel, u-profiel, etc.);
- Metaal (staal, rvs, aluminium, etc.);
- Radius (aangeven of radius inwendig/uitwendig/hartmaat is);
- Netto lengte en/of buighoek;
- Aantal producten;
- Uiteinden (op maat gezaagd of met overlengte);
- Werktekeningen.

ODS en De Jong & Lavino

De leverancier van alle profielen (UNP; IPE; HE etc.) is ODS. De leverancier van alle plaatmaterialen (bijv. 6000x2000x8mm) is De Jong & Lavino. De betreffende trapdelen dienen in de hoofdlijnen in overeenstemming te zijn met de mogelijkheden van ODS en De Jong & Lavino. Voor hun mogelijkheden en aanbod dient men contact op te nemen met de bedrijven.

PMI Roosters

PMI Roosters is de hoofdleverancier van alle traptreden en roosters. Voor het kiezen van de traptreden en roosters dient rekening gehouden te worden met hun standaard producten. Voor verwerking van producten op maat hebben zij de volgende gegevens nodig:

- Draag- en vulstaaf afmetingen;
- Randafwerking;
- Aantredeprofiel;
- Werktekening voor specifieke afmetingen.

A.5 Overheid

De overheid bestaat uit meerdere instanties. Voor Nederland en Europa worden de EN normen gehanteerd waarin de aspecten van veiligheid en construeren worden beschreven. Buiten de Europese Unie is de Amerikaanse overheid ook een belangrijke speler. Deze eisen worden vermeld in de API normen. In bijlage B worden alle relevante eisen vanuit de betreffende normen weergegeven.

B. Wetgevingseisen

B.1 Samenvatting

	EN14015	EN14122	API650
Algemeen			
Materiaal (bordessen/leuningen/constructies)	Metaal		Metaal
Windbelasting	Eis van opslagtank nemen		
Hoogteverschil vloerdelen		≤ 4 mm	
Opening rooster		≤ 35 mm	
Standaard		≤ 20 mm	
Boven regelmatig gebruikte werkplekken			
Eisen voor trappen			
Stijghoek in graden	≤ 45	≤ 45 30 – 38 aanbevolen	≤ 50
Corrosie bestendig		X	
Geen verwonding veroorzaken		X	
Voldoende stroef tegen uitglijden	X	X	X
Bewegende delen veroorzaken geen gevaar		X	
Constructie voldoende stijf		X	
Belasting			4450 N
Laagfrequent		1,5 kN/m ²	
Hoogfrequent		5,0 kN/m ²	
Traptreden			
Trede diepte	> 200 mm	1,5 kN 1,5 kN	> 200mm (8 in.)
<1200 mm breed (verspreid; rand, mid)			
≥1200 mm breed (verspreid en rand en mid)			
Doorbuiging		1/300 van overspanning ≤ 6 mm	
Optrede	200 mm		
voor gelijkvloers maken	± 5mm		
Aantrede /optrede		600 ≤ g + 2h ≤ 660	610 ≤ g + 2h ≤ 660
De wel, r		≥ 10 mm	
Bovenste trade		Met bordes op gelijke hoogte	
De vrije hoogte; e		≥ 2300 mm	
De vrije trede breedte; w	≥ 600 mm	≥ 600 mm 800 mm (voorkeur) 1000 mm (passeren)	≥ 710 mm (24 in.)
Klimhoogte H			
Enkele vlucht	≤ 6000 mm	≤ 4000 mm	
Meerdere vuchten	≤ 6000 mm	≤ 3000 mm	
Geïsoleerde tank			
Afstand isolatie binnenste langsligger	75 mm		
Eisen voor leuningen			
Toepassen	Afstand machine/bordes > 200 mm	Mogelijke val > 500 mm Afstand machine/bordes > 200 mm	
Voetstootlijst			
Toepassen: afstand tussen machine/bordes		> 30 mm > 100 mm ≤ 10 mm	> 75 mm (3 in.) ≤ 6 mm (1/4 in.)
Hoogte			
Vrije ruimte met loopvlak			
Handregel			
Minimale hoogte		≥ 1100 mm 75 mm ≤ L ≤ 120	≥ 1070 mm (42 in.)
Onderbreking			
Onderbreking > 150mm	Ruimte tank/trap gevloerd		Ruimte tank/trap gevloerd
Knieregel		Minimaal 1 stuk ≤ 500 mm ≤ 500 mm	Halverwege hoogte handregel
Afstand met handregel			
Afstand met voetstootlijst			
Staanders			
Onderlinge afstand		≤ 1500 mm (voorkeur) > 1500 mm (bijzondere aandacht nodig)	≤ 2400 mm (96 in.)
Zelfsluitend hek			
Opening handregel groter dan en toepassen indien		≥ 120 mm en toegang vereist door een leuning	

Eisen voor trapleuningen			
Handregel			
Verticale hoogte van een vlucht		$900 \text{ mm} \leq H \leq 1000 \text{ mm}$	$760 \text{ mm} \leq H \leq 860 \text{ mm}$
Diameter		$25 \text{ mm} \leq \text{Dia.} \leq 50 \text{ mm}$	
Afstand tot obstakels		$\geq 100 \text{ mm}$	
Belasting			
Kracht	1000 N		900 N
Doorbuiging		$\leq 30 \text{ mm}$	
Blijvende vervorming		Mag niet	
Aantal leuningen			
Twee indien afstand trap met tank	> 200 mm		> 200 mm (8 in.)

B.2 Wetgeving

Bij het ontwerpen van de spiraaltrap moet rekening worden gehouden met de geldende wet- en regelgeving. Naast de gebruikelijke NEN-EN norm voor ladders, trapladders, trappen en hellingen zijn er ook ontwerpnormen voor verticale opslagtanks.

Sloot Tankbouw B.V. fabriceert opslagtanks volgens de Europese NEN-EN 14015 norm en de Amerikaanse API 650. Deze twee worden meegenomen voor de extra eisen aan de spiraaltrap. De volgende normeringen hebben betrekking met het ontwerpen van de spiraaltrap:

- NEN-EN-ISO 14122 – Ontwerpnorm voor ladders, trapladders, trappen en hellingen;
- NEN-EN 14015 - Ontwerpnorm voor verticale opslagtanks;
- API 650 – Ontwerpnorm voor Amerikaanse opslagtanks.

B.3 NEN-EN-ISO 14122 Permanente toegangsmiddelen tot machines

De NEN-EN-ISO 14122 is de gebruikte voor het ontwerpen van de spiraaltrap. Deze norm is verdeeld in vier delen met elk zijn specifieke onderwerpen. In onderstaande lijst staan de onderwerpen per deel benoemd en in de opvolgende paragrafen wordt een samenvatting van de eisen getoond.

Deel 1: Keuze van vaste toegangsmiddelen tussen twee niveaus

Deel 2: Werkbordessen en looppaden

Deel 3: Trappen, trapladders en leuningen

Deel 4: Vaste ladders

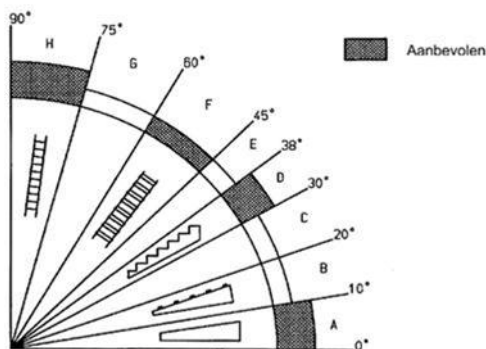
B.3.1 NEN-EN-ISO 14122-1 (keuze vaste toegangsmiddelen tussen twee niveaus)

De significante gevaren die bij het bepalen van de soort en plaats van het toegangsmiddel in beschouwing moeten worden genomen, zijn de volgende:

- Vallen;
- Uitglijden;
- Struikelen;
- Door overmatige lichamelijke inspanning, bijv. door het beklimmen van een reeks ladders;
- Door vallende materialen of voorwerpen indien daardoor een risico voor personen kan ontstaan.

Andere gevaren die van de machine uitgaan, bijvoorbeeld veroorzaakt door de werking van de machine (bewegende delen van de machine, beweging van de machine zelf (mobiele machines), straling, hete oppervlakken, lawaai, stoom, hete vloeistoffen) of veroorzaakt door haar omgeving (schadelijke stoffen in de ademlucht) worden in dit deel van EN ISO 14122 niet behandeld, maar de ontwerper van de machine moet ze wel in beschouwing nemen, bijvoorbeeld door verhinderen van de toegang.

In figuur B-1 wordt aangegeven welke toegangsmiddel moet worden gekozen bij een bepaalde stijghoek. Tevens wordt voor elke toegangsmiddel de aanbevolen stijghoek aangegeven.



- A. Helling (aanbevolen)
- B. Helling met verhoogde weerstand tegen uitglijden
- C. Trap
- D. Trap (aanbevolen)
- E. Trap
- F. Trapladder (aanbevolen)
- G. Trapladder
- H. Ladder (aanbevolen)

Figuur B-1: Aanbevolen toegangsmiddelen per stijghoek

B.3.2 EN EN-ISO 14122-2 (werkbordessen en looppaden)

Algemeen

De werkbordessen en looppaden moeten zo worden ontworpen, geconstrueerd, geplaatst en, waar nodig, beschermd zodat de werkzame personen zich in een veilige situatie bevinden bij toegang tot de bordessen en, wanneer zij zich daarop bevinden, bij de bediening, instelling, bewaking, reparatie of alle andere aan de machine verbonden werkzaamheden.

Constructie en materialen

Werkbordessen en looppaden moeten zo worden ontworpen en geconstrueerd, en de materialen zo worden gekozen dat zij bestand zijn tegen voorzienbaar gebruik. In het bijzonder moet met de volgende punten rekening worden gehouden:

- a) maatvoering en keuze van componenten (inclusief bevestigingen, verbindingen, ondersteuning en funderingen) om voldoende stijfheid en stabiliteit te waarborgen;
- b) weerstand van alle delen tegen omgevingsinvloeden (zoals klimaat, chemische reacties, corrosieve gassen) door bijv. corrosiebestendig materiaal of met behulp van een geschikte oppervlaktebeschermende deklaag;
- c) zodanige plaatsing van constructiedelen dat water zich niet kan ophopen, bijv. in de verbindingen;
- d) gebruik van materialen die elkaar verdragen, bijv. om elektrochemische reacties of thermische uitzetting te minimaliseren;
- e) maatvoering van looppaden en werkbordessen moet in overeenstemming zijn met beschikbare antropometrische gegevens (zie 4.2.2 van deze norm, en zie ook EN 547-1 en EN 547-3);
- f) looppaden en werkbordessen moeten zo worden ontworpen en geconstrueerd dat gevaar van vallende voorwerpen wordt voorkomen. Voor leuning en voetstootlijsten, zie hoofdstuk 7 van EN ISO 14122-3:2001 en voor openingen in de vloer, zie 4.2.4.4 van deze norm;
- g) het verwijderen van enig onderdeel van de machine moet, voor zover praktisch mogelijk is, altijd mogelijk te zijn zonder verwijdering van leuning, vloerdelen en andere permanente beschermingen.

Veiligheid van werkzame personen

Looppaden en werkbordessen moeten zo worden ontworpen en geconstrueerd dat zij veilig kunnen worden gebruikt. In het bijzonder moet ten minste met de volgende punten rekening worden gehouden:

- a) alle delen waarvan te verwachten is dat zij in contact komen met werkzame personen, moeten zo worden ontworpen en gebouwd dat de werkzame persoon tegen verwondingen wordt beschermd;
- b) looppaden en werkbordessen moeten zo worden ontworpen en gebouwd dat het loopoppervlak een duurzame weerstand tegen uitglijden bezit;
- c) de delen van machines waar werkzame personen op moeten lopen of staan, moeten zo worden ontworpen en uitgerust dat het eraf vallen van personen wordt voorkomen (zie EN ISO 14122-3);
- d) bordessen en toegangen tot bordessen moeten zo worden gerangschikt dat werkzame personen in een gevaarlijke situatie snel hun werkplek kunnen verlaten of snel kunnen worden geholpen en, indien nodig, makkelijk kunnen worden geëvacueerd;
- e) handregels en andere steunen moeten zo worden ontworpen, gebouwd en gerangschikt dat gebruikers er instinctmatig gebruik van maken.

Bijzondere eisen

Plaats:

Looppaden en bordessen moeten zoveel mogelijk worden geplaatst buiten het bereik van de uitstoot van gevaarlijke materialen of stoffen, en buiten het bereik van ophopingen van materiaal dat uitglijden kan veroorzaken, bijv. aarde.

Veiligheidsafstanden volgens EN 294 moeten worden aangehouden daar waar zich bewegende delen, niet afgeschermd hete oppervlakken, onder spanning staande delen, enz. bevinden.

Bordessen moeten zo worden geplaatst dat personen in een ergonomisch verantwoorde houding kunnen werken, indien mogelijk op een hoogte tussen 500 mm en 1700 mm, gemeten vanaf het oppervlak van het bordes.

Afmetingen:

De vrije lengte en breedte van looppaden en werkbordessen, bedoeld voor bediening en onderhoud, moeten worden bepaald door:

- a) eisen van de werkzaamheden, bijv. houdingen, wijze en snelheid van beweging, aanbrengen van krachten, enz.;
- b) het al of niet dragen van gereedschappen, reservedelen enz.;
- c) frequentie en duur van taken en gebruik;
- d) aantal werkzame personen dat zich tegelijkertijd op looppaden of bordessen bevindt;
- e) mogelijkheid voor elkaar passerende werkzame personen;
- f) of er wel of geen aanvullende uitrusting, zoals veiligheidskleding of persoonlijke beschermingsmiddelen wordt gedragen;
- g) het voorhanden zijn van afzonderlijke hindernissen;
- h) de evacuatie van een gewonde persoon;
- i) looppad dat dood loopt;
- j) mogelijke, door wanden veroorzaakte beschadiging of bevuilding van kleding van de werkzame persoon;
- k) de noodzaak voor ongehinderde arbeidsbewegingen, en de noodzaak voor ruimte voor gebruik van voorzienbare gereedschappen.

In overeenstemming met de waarden in EN 547-1 en EN 547-3 moet, tenzij sprake is van bijzondere omstandigheden, de minimale vrije hoogte boven bordessen en looppaden 2100 mm bedragen.

OPMERKING 1 Indien de risicobeoordeling en de beperkingen als gevolg van de machine of omgeving zulks rechtvaardigen, mag de vrije hoogte worden verkleind tot niet minder dan 1900 mm indien:

- het bordes of looppad slechts zelden wordt gebruikt, of
- de verkleining over een beperkte afstand wordt gerealiseerd.

Tenzij er bijzondere omstandigheden zijn, moet de vrije breedte van een looppad ten minste 600 mm, maar bij voorkeur 800 mm bedragen. Indien meer personen elkaar geregeld in gelijke of tegengestelde richting passeren, moet de breedte worden vergroot tot 1000 mm. Indien het looppad wordt aangemerkt als vluchtweg, moet de breedte voldoen aan de eisen van specifieke regelgeving.

OPMERKING 2 Indien de risicobeoordeling en de beperkingen als gevolg van de machine of omgeving zulks rechtvaardigen, mag de vrije breedte worden verkleind tot niet minder dan 500 mm indien:

- het bordes of looppad slechts zelden wordt gebruikt, en
- de verkleining over een beperkte afstand wordt gerealiseerd.

Indien zich aan een wand of plafond afzonderlijke obstakels bevinden die de vereiste breedte of hoogte beperken, moet bescherming worden geboden. Aanvullend moeten veiligheidsvoorzieningen, bijv. bekleding, worden aangebracht om verwondingen te voorkomen. Ook dient het aanbrengen van waarschuwingsborden te worden overwogen.

Uitrusting en inrichting:

Indien er gevaar bestaat voor vallen van een looppad of bordes vanaf een hoogte van 500 mm of meer, moeten leuningen en voetstootlijsten volgens EN ISO 14122-3 worden aangebracht.

Leuningen zijn ook vereist op plaatsen waar een risico bestaat voor wegzakken of doorzakken (bijv. bij een looppad op een dak voor toegang tot een afzuiginstallatie).

Er moeten geschikte middelen voorhanden zijn voor het transport van zware voorwerpen zonder deze over bordessen te rollen of op bordessen op te slaan.

Vloeren*Gevaar door achterblijven en/of ophoping van vloeistoffen:*

Vloeren moeten zo worden ontworpen dat alle er op gemorste vloeistoffen worden afgevoerd. Indien om bijzondere redenen aan deze eis niet kan worden voldaan, moet gevaar voor uitglijden en andere door de vloeistof veroorzaakte gevaren op een andere geschikte wijze worden voorkomen.

Gevaren door ophoping van stoffen:

Vloeren moeten zo worden aangelegd dat er geen ophoping kan plaatsvinden van vuil, sneeuw, ijs, enz. of andere stoffen. Daarom zijn doorlaatbare vloeren zoals roosters of koudvervormde platen in het voordeel. Indien doorlaatbare vloeren niet worden toegepast, moeten waar nodig middelen voor het verwijderen van opgehoopte stoffen beschikbaar zijn.

Gevaren door struikelen:

Om gevaren door struikelen te voorkomen, mag het hoogteverschil tussen aan elkaar grenzende vloerdelen niet groter zijn dan 4 mm.

*Gevaren veroorzaakt door vallende voorwerpen:*Vloer

In het algemeen volgt de keuze voor een vloer met openingen voor werkbordessen en looppaden uit de risicobeoordeling:

- de openingen in de vloer van een werkbordes of looppad mogen maximaal zo groot zijn dat een kogel met een middellijn van 35 mm er niet door kan vallen;
- van vloeren die boven regelmatig gebruikte werkplekken zijn aangebracht, mogen de openingen maximaal zo groot zijn dat een kogel met een middellijn van 20 mm er niet door kan vallen tenzij door andere geschikte maatregelen een gelijk veiligheidsniveau wordt gewaarborgd.

In situaties waarbij uit de risicobeoordeling volgt dat gevaren veroorzaakt door voorwerpen of andere materialen die door de vloer vallen, groter zijn dan andere gevaren zoals uitglijden en vallen, mogen zich in de vloer geen openingen bevinden.

Overgangen

Tussen de randen van vloeren en naastgelegen constructiedelen of aan de randen van openingen in de vloer bedoeld voor constructiedelen zoals buizen, vaten, balken, moet een voetstootlijst aanwezig zijn indien de afstand tussen de vloer en het constructiedeel groter is dan 30 mm.

Gevaar voor door de vloer vallen:

Indien de vloer is opgebouwd uit losse, uitneembare elementen, bijv. indien vereist voor onderhoud aan apparatuur die zich onder de vloer bevindt:

- moet elke gevaarlijke verplaatsing van deze elementen worden voorkomen door bijv. bevestigingsmiddelen;
- moet het mogelijk zijn om bevestigingen te inspecteren om corrosie of gevaarlijk losraken of verplaatsing van klemmen vast te kunnen stellen.

Gevaren door uitglijden:

De oppervlaktegesteldheid van vloeren moet van dien aard zijn dat het risico van uitglijden wordt verkleind. In afwachting van de Europese norm voor verhoogde weerstand tegen uitglijden.

Ontwerpbelastingen:

In technische specificaties voor werkbordessen en looppaden moeten de belastingen waarvoor ze zijn ontworpen, worden vermeld.

De minimale werklasten waarmee voor looppaden en bordessen rekening moet worden gehouden, zijn:

- 2 kN/m² gelijkverdeelde belasting voor de dragende constructie;
- 1,5 kN plaatselijke belasting, aangebracht op de meest ongunstige plaats op de vloer op een gebied van 200 mm x 200 mm.

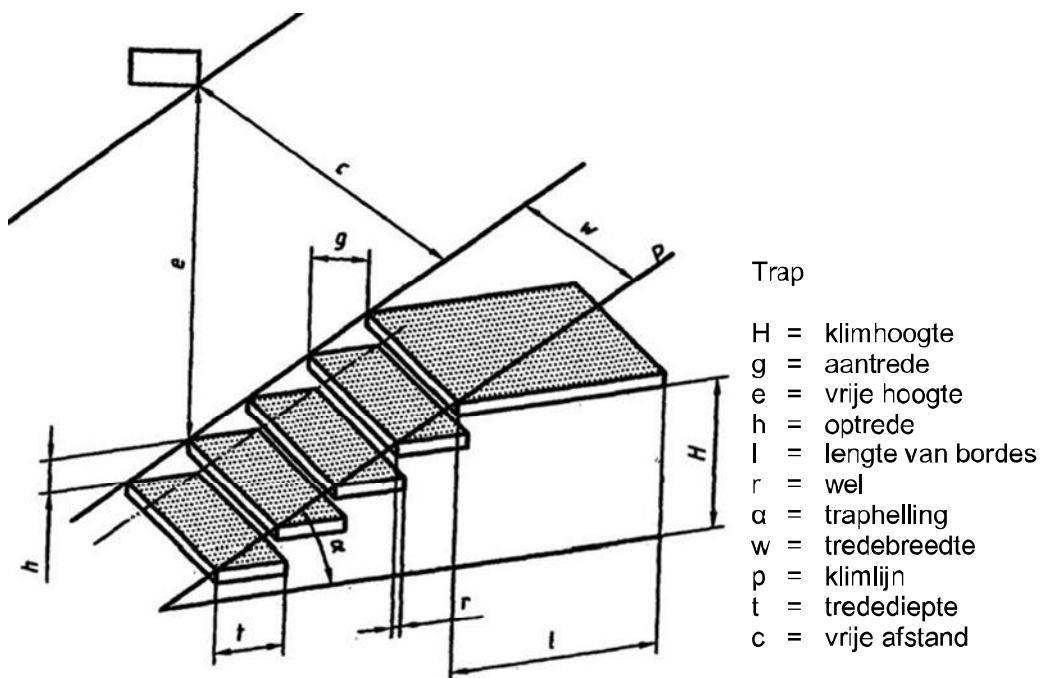
Indien belast door de ontwerpbelasting mag de doorbuiging van de vloer niet meer bedragen dan 1/200e van de overspanning en het hoogteverschil tussen de belaste vloer en een naastgelegen onbelaste vloer mag niet meer bedragen dan 4 mm.

De belastbaarheid van bordessen en looppaden moet door berekening of beproeving worden geverifieerd.

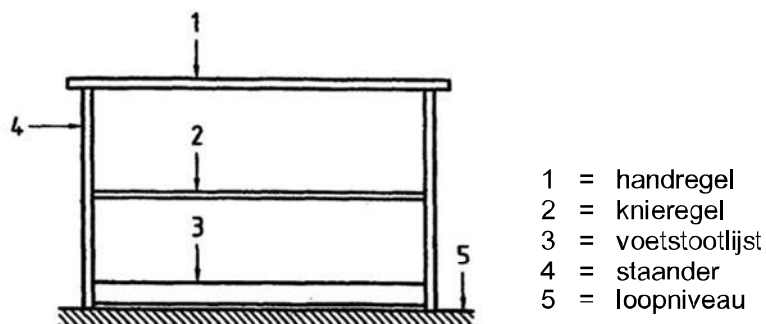
B.3.3 EN EN-ISO 14122-3 (Trappen, trapladders en leuning)

Algemeen

In figuur 3-2 wordt een schets getoond van een trap en in figuur B-3 een schets van een leuning met de daarbij behorende symbolen benamingen.



Figuur B-2: Schets van een trap



Figuur B-3: Schets van een leuning

Veiligheidseisen algemeen

- De materialen, afmetingen van de samen te stellen delen en de constructie moeten in overeenstemming zijn met de in deze norm beoogde veiligheid.
- De gebruikte materialen moeten, door hun eigenschappen en aard of door een aanvullende behandeling bestand zijn tegen corrosie door de atmosfeer van de omgeving.
- Alle onderdelen die in contact kunnen komen met de gebruikers, moeten zo worden ontworpen dat zij geen verwondingen of hinder veroorzaken (scherpe hoeken, lassen met bramen, grove randen, enz.).
- Treden en bordessen moeten voldoende stroef zijn zodat elk risico voor uitglijden wordt vermeden.
- Het openen of sluiten van bewegende delen (hekken) mag geen verder gevaar veroorzaken (bijv. afknippen of vallen) voor gebruikers en andere personen die in de buurt zijn.
- Verbindingen, scharnieren, verankeringen, ondersteuning en bevestigingen moeten aan het geheel voldoende stijfheid en stabiliteit verschaffen om veiligheid te waarborgen.
- De constructie en de treden moeten zo worden ontworpen dat zij op bevredigende wijze de bedoelde aangebrachte belastingen weerstaan.
- De in de industrie gebruikelijke ongecorrigeerde belastingen op de constructie kunnen variëren van 1,5 kN/m² voor laagfrequent gebruik zonder last, tot 5 kN/m² voor laagfrequent gebruik met last of voor hoogfrequent verkeer.

Treden moeten de volgende ongecorrigeerde belastingen kunnen weerstaan:

bij een breedte $w < 1200$ mm: 1,5 kN verspreid aangebracht op een gebied van 100 mm x 100 mm, grenzend aan de rand van de trede en liggend in het midden van de breedte van de trap;

bij een breedte $w \geq 1200$ mm: telkens 1,5 kN verspreid en gelijktijdig aangebracht op gebieden van 100 mm x 100 mm, grenzend aan de rand van de trede en liggend op de meest ongunstige plaatsen op een onderlinge afstand van 600 mm.

- Onder de ongecorrigeerde belasting mag de doorbuiging van de constructie en de treden niet meer bedragen dan 1/300e van de overspanning, met een maximum van 6 mm.

Veiligheidseisen voor trappen

- Aantrede, g, en optrede, h, moeten aan de volgende formule voldoen:

$$600 \text{ mm} \leq g + 2h \leq 660 \text{ mm}$$

- De wel, r, van de trede moet $\geq 10 \text{ mm}$ zijn; deze eis geldt ook voor bordessen.
- Binnen één vlucht moet de optrede waar mogelijk constant zijn. Indien het niet mogelijk is om de optreden gelijk te houden, mag de optrede tussen het vertrekniveau en de eerste trede met maximaal 15 % worden verkleind. Indien dit kan worden gerechtvaardigd, mag zij worden vergroot, bijv. bij bepaalde mobiele machines.
- De hoogste trede moet met het bordes op gelijke hoogte liggen (zie figuur B-4).

OPMERKING Het principe van het handhaven van de aantrede aan het bovineinde van de trap is belangrijk en een wijziging van de aantrede bij het bordes, die de laatste trede vormt, is een duidelijke oorzaak van ongevallen.



Figuur B-4: Plaats van de bovenste trede

- De vrije hoogte, e, moet ten minste 2300 mm bedragen.
- De vrije afstand, c, moet ten minste 1900 mm bedragen.
- Tenzij er buitengewone omstandigheden zijn, moet de vrije breedte van de trap ten minste 600 mm, maar bij voorkeur 800 mm bedragen. Indien op de trap gewoonlijk meer personen elkaar passeren, moet de breedte worden vergroot tot 1000 mm. Indien de trap wordt aangemerkt als vluchtweg, moet de breedte van de trap voldoen aan de eisen van specifieke regelgeving.

OPMERKING Indien de risicobeoordeling en beperkingen veroorzaakt door de machine of omgeving zulks rechtvaardigen, mag de vrije breedte worden verkleind tot minimaal 500 mm indien:

het bordes of de trap slechts zelden wordt gebruikt, en de verkleining over een beperkte afstand wordt gerealiseerd.

- De klimhoogte, H, van afzonderlijke vluchten mag niet groter zijn dan 3000 mm, anders is een bordes vereist voordat de volgende vlucht wordt vervolgd. De lengte van het bordes, l, moet ten minste 800 mm bedragen en in ieder geval gelijk of groter zijn dan de breedte van de trap. Alleen bij trappen met één vlucht mag de klimhoogte niet meer bedragen dan 4000 mm.

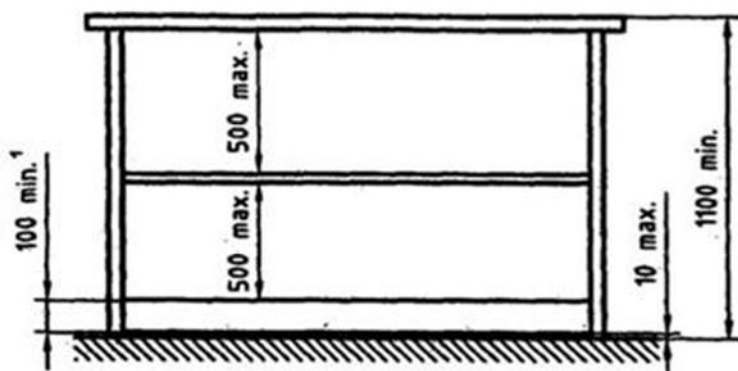
Veiligheidseisen leuning

- Een leuning moet worden aangebracht bij gevaarlijke gebieden waar een risico bestaat voor wegzakken of doorzakken (bijv. bij een looppad op een dak voor toegang tot een afzuiging).
- Indien de hoogte van een mogelijke val groter is dan 500 mm, moet een leuning worden aangebracht.
- Een leuning is vereist indien de opening tussen een bordes en een machine of een wand groter is dan 200 mm of indien de bescherming daarvan niet gelijkwaardig is aan die van een leuning. Echter, indien de opening tussen het bordes en de naastgelegen constructie groter is dan 30 mm, moet een voetstootlijst worden aangebracht.
- De minimale hoogte van de handregel moet 1100 mm bedragen.
- De leuning moet ten minste één knieregel of een andere gelijkwaardige bescherming bevatten. De vrije ruimte tussen de handregel en de knieregel, en die tussen de knieregel en de voetstootlijst mag niet groter zijn dan 500 mm.
- Indien in plaats van een knieregel verticale regels worden gebruikt, mag de vrije horizontale afstand tussen die regels niet groter zijn dan 180 mm.
- Een voetstootplaat met een minimale hoogte van 100 mm moet maximaal 10 mm boven het looppniveau en de rand van het bordes worden aangebracht.
- De afstand tussen de hartlijnen van de staanders moet bij voorkeur worden beperkt tot 1500 mm. Indien deze afstand wordt overschreden, moet bijzondere aandacht worden besteed aan de sterkte van de verankering van de staander en de bevestigingsmiddelen.
- Bij een onderbreking van de handregel mag, om inklemming van de hand te voorkomen, de maximale vrije ruimte tussen de twee leuningsegmenten niet kleiner zijn dan 75 mm en niet groter zijn dan 120 mm. Indien de opening groter is, moet een zelfsluitend hek worden toegepast.
- Indien een toegang door een leuning is vereist, moet een zelfsluitend hek worden toegepast. Bij een hek moeten de handregel en knieregel op dezelfde hoogte worden geplaatst als bij de aangrenzende leuning (voor het uitklimgebied van een ladder, zie prEN ISO 14122-4:1996).

Alle hekken moeten zelfsluitend zijn en moeten zo worden ontworpen dat zij in de richting van het bordes of de vloer open gaan en dat zij tegen een vaste aanslag sluiten zodat wordt vermeden dat gebruikers die tegen het hek duwen, door de opening vallen. Hekken moeten aan dezelfde belastingseisen voldoen als leuningen.

- De uiteinden van de handregel moeten zo worden ontworpen dat elk risico voor verwonding door scherpe randen of door het vasthaken van de kleding van de gebruiker wordt geëlimineerd.

In figuur B-5 worden ter verduidelijking enkele afmetingeisen getoond.

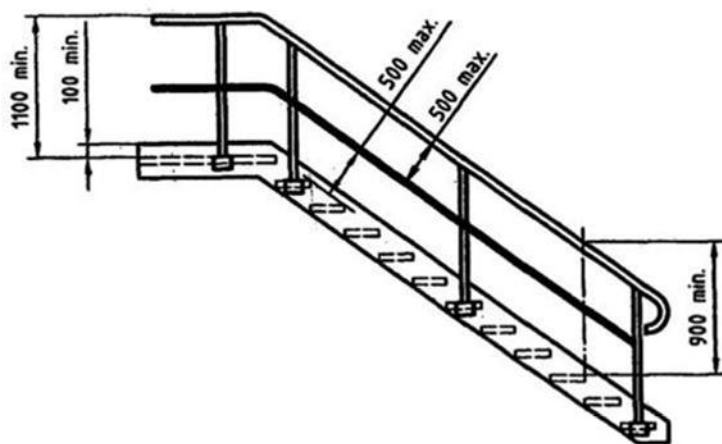


Figuur B-5: Leuning met de gestelde afmetingeisen

Veiligheidseisen trapleuningen

- Een trap moet van ten minste één handregel zijn voorzien. Indien de breedte van de trap groter is dan 1200 mm, moeten er twee handregels zijn. Trapladders moeten altijd zijn voorzien van twee handregels.
- Indien de klimhoogte groter is dan 500 mm en indien er zich naast de boom een gaping bevindt met een breedte van meer dan 200 mm, moet een leuning worden aangebracht om bescherming te bieden aan die kant van de trap waar zich de gaping bevindt.
- De verticale hoogte van de handregel moet boven de rand van de treden van een vlucht tussen 900 mm en 1000 mm bedragen en boven het loopoppervlak van het bordes minimaal 1100 mm bedragen.
- Om een goed houvast voor de hand te bieden, dient de handregel een ronde of soortgelijke doorsnede te hebben met een middellijn tussen 25 mm en 50 mm.
- De leuning moet voorzien zijn van ten minste één knieregel of een soortgelijke voorziening. De vrije ruimte tussen de handregel en de knieregel, en die tussen de knieregel en de voetstootlijst mag niet groter zijn dan 500 mm.
- De handregel moet over haar gehele lengte op een minimale afstand van 100 mm tot obstakels blijven, behalve op die plaatsen aan de onderzijde van de handregel waar ondersteuning of staanders worden bevestigd.

In figuur B-6 worden ter verduidelijking enkele afmetingeisen getoond.



Figuur B-6: Trapleuning met de gestelde afmetingeisen

Sterkte eisen

De leuning moet, zonder blijvende vervorming, kunnen worden belast met een horizontaal aangebrachte puntlast die gelijk is aan de proeflast F , eerst aangebracht boven de staander, en vervolgens op de minst gunstige plaats van de handregel. In beide gevallen mag de doorbuiging onder belasting niet meer bedragen dan 30 mm.

Voor de minimale proeflast geldt:

$$F_{\min} = 300 \times L \text{ (N)}$$

Waarbij L de maximale afstand, in meters, tussen de hartlijnen van twee opeenvolgende staanders is (L , in figuur 9).

OPMERKING 1 $F_{\min}$ behoort te worden verhoogd naar gelang de gebruiksomstandigheden, zonder dat de hierboven genoemde waarde voor de doorbuiging wordt overschreden.

OPMERKING 2 Het is noodzakelijk om de sterkte van de leuning onder belasting te beproeven om zodoende de afwezigheid van elke significante blijvende vervorming aan te tonen.

B.4 NEN-EN 14015 (ontwerp opslagtanks)

Trappen en looppaden

- Trappen en looppaden moeten in overeenstemming zijn met NEN-EN 14122, tezamen met de specifieke vereisten beschreven in NEN-EN 14015.
- Trappen en looppaden moeten van een metalen constructie zijn met een minimale vrije loopruimte van 600 mm.
- Het is aanbevolen dat de hellingshoek van de trap met het horizontale vlak niet groter is dan 45°.
- In geval van een geïsoleerde tank moet de binnenste langsligger van de trap minimaal 75 mm verwijderd zijn van de buitenkant van de isolatie.
- De traptreden dienen met antislip te zijn.
- De optrede is normaal 200mm en de trede heeft een minimum breedte van 200mm gemeten halverwege de lengte van de trede. De optrede mag aangepast worden binnen ± 5 mm om treden op gelijke hoogte te brengen met bordessen.
- Spiraaltrappen waarbij de traptreden direct aan de romp worden gelast, of door middel van locale platen, is alleen toegestaan indien:
De minimale gespecificeerde rekgrens van het materiaal niet groter of gelijk is aan 275 N/mm^2 of de minimale gespecificeerde rekgrens van de romp materiaal is niet groter dan 275 N/mm^2 en de rompdikte is niet groter dan 12.5mm.

Wanneer de romp materiaal de minimale gespecificeerde rekgrens van 275 N/mm^2 overschrijdt en de wanddikte groter is dan 12,5 mm, de trap zal onafhankelijk ondersteund worden of aangebracht bij door horizontaal georiënteerde continue lassen.

- Trappen en looppaden moeten in staat zijn om een aan de bovenzijde aangebrachte minimale belasting van $2,4 \text{ kN/m}^2$, een geconcentreerde belasting van 5 kN op elke locatie, samen met een windbelasting voor het ontwerp van de romp.
- Het is aanbevolen dat de verticale stijghoogte van een trap niet meer is dan 6m, anders zal een tussenbordes of eindplateau moeten worden voorzien.

Handreling

- Handreling op tankdaken, trappen en loopbruggen zullen van massief stalen staaf of secties zijn, en moet zodanig zijn ontworpen om personeel te beschermen en te voorkomen dat voorwerpen kunnen vallen.
- Het is aanbevolen dat de handreling een puntlast van 1kN op elke punt en in elke richting kan weerstaan.
- De beide zijde van looppaden en trappen moeten voorzien zijn van een handreling, behalve spiraal trappen waar de afstand tussen de tankromp en de binnenste langsligger kleiner of gelijk is aan 200mm. Bij onderbrekingen groter dan 150mm in de handreling, elk ruimte tussen de tank en het platform moet worden gevloerd.
- Handreling en loopvlakken moeten worden voorzien indien de tankdiameter groter is dan 12.5m en toegang is vereist tot fittingen bij of in de buurt van het centrum van het dak.

Permanente aanhechtingen

Permanente aanhechtingen die gelast zijn aan de romp met een dikte groter dan 12,5 mm dienen tot een minimum worden beperkt en bij voorkeur gepositioneerd in horizontale richting. Als verticale hoeklassen nodig zijn, moeten deze worden gemaakt met extra aandacht, rekening houdend met hun spanningsvergroten effect.

- Verticale bevestigingslassen mogen niet geplaatst zijn binnen 150 mm van een verticale hoofdas van de romp. Horizontale bevestigingslassen mogen niet gemaakt worden op een horizontale hoofdas van de romp. Stud-lassen en vergelijkbare bevestigingen zijn op platen groter dan 13mm dik niet toegestaan.

B.5 API 650

De American Petroleum Institute schrijft voor dat platformen, looppaden en trappen in overeenstemming moeten zijn met de tabellen 5-17, 5-18 en 5-19 van API650. In onderstaande lijsten wordt de inhoud van de tabellen getoond.

Tabel 17: Platformen en looppaden

- Alle onderdelen moeten worden gemaakt van metaal.
- De minimale breedte van een looppad moet minimaal 610mm (24 in.) zijn.
- De vloerdelen moeten gemaakt zijn van roosters of antislip materiaal.
- De hoogte van de bovenste reling moet minimaal 1070mm (42 in.) zijn ten opzichte van de vloer.
- De minimale hoogte van de stootrand zal 75 mm (3 in.) zijn.
- De maximale ruimte tussen de bovenkant van de vloer en de onderkant van de stootrand mag maximaal 6mm (1/4 in.) zijn;
- De hoogte van de knieregel zal ongeveer de helft van de afstand van de bovenste handreling en bovenkant van de vloer;
- De maximale afstand tussen de verticale staanders is 2400mm (96 in.)
- De complete constructie zal in staat zijn een bewegende geconcentreerde belasting van 4450N, and de handreling moet in staat zijn een belasting te dragen van 900N op elk punt en in elke richting
- Leuningen moeten worden geplaatst aan beide zijden van een platform, maar zal onderbroken worden indien nodig voor toegang.
- Alle onderbrekingen groter dan 150mm (6 in.) in de handreling tussen de tank en het platform moeten gevloerd worden.
- Een tanklooppad dat van een tank naar elk deel van een andere tank, naar de grond, of naar een andere constructie uitstrekt zal dusdanig ondersteund worden dat relatief vrije beweging van het looppad mogelijk is.

Tabel 18: trappen

- Alle onderdelen moeten worden gemaakt van metaal;
- De trap moet minimaal 710 mm (28 in.) breed zijn;
- De maximale helling met het horizontale vlak van een trap is 50 graden;
- De minimale breedte van de traptreden is 200mm (8 in.);
- De optrede en aantrede van de trap moeten aan onderstaand formule voldoen:

$$610 \text{ mm} \leq g + 2h \leq 660 \text{ mm}$$

- De traptreden moeten gemaakt zijn van roosters of antislip materiaal;
- De handregel moet zonder offset aansluiten aan de leuning van de bordessen en de hoogte, verticaal gemeten vanaf de punt van het tredeprofiel, moet 760 mm - 860 mm (30 inch - 34 inch).
- De maximale afstand tussen de staanders, gemeten langs de helling van de regel, is 2400mm (96 in.).
- De complete constructie moet in staat zijn een geconcentreerde bewegende belasting te dragen van 4450 N (1000 lbf.), en de handreling moet in staat zijn een belasting van 900 N (200 lbf.) te dragen toegepast in elke richting en op elk punt op de bovenste reling.
- Handrelingen moeten geplaatst worden aan beide zijden van een rechte trap. Handrelingen moeten ook aan beide zijden van een spiraaltrap geplaatst worden als de overbrugging tussen de tankwand en de binnenligger van de trap groter is dan 200mm (8 in.).
- Spiraaltrappen moeten volledig ondersteund worden door de tankwand waarbij de uiteinden van de liggers vrij van de grond zijn. Spiraaltrappen moeten van de bodem van een tank tot aan het eindplateau bij het dak reiken.
- Het is aanbevolen dat de stijghoek van een trap voor alle trappen hetzelfde is.

C. De mogelijkheid van vezelversterkte kunststoffen

Doordat de EN-14015 stelt dat de constructie van metaal gemaakt dient te worden zijn de mogelijkheden al zeer beperkt. Zeker nu gebruik van alternatieve materialen zoals vezelversterkte kunststoffen toenemen.

C.1 Bewezen diensten

Vezelversterkte kunststoffen hebben zich bewezen en beginnen steeds vaker toegepast te worden in allerlei producten. Zelfs in producten waaraan hoge eisen worden gesteld ten behoeve van de veiligheid van de mens. Een brug is een dergelijk voorbeeld waarbij hoge eisen worden gesteld en kunststoffen zich goed gedragen. In figuur C-1 wordt een brug getoond die met vezelversterkte kunststoffen is gemaakt. Ontwerp door "Bijl Profielen".



Figuur C-1: De BIJL-brug gemaakt met vezelversterkte kunststoffen

C.2 Bestendigheid

Het grootste voordeel van een vezelversterkte kunststof is dat deze bijna geheel naar wens te maken is. Door verschillende toevoegingen aan de harsen en de keuze uit verschillende vezels is het materiaal tegen bijna alle omstandigheden bestendig. Weersomstandigheden zoals regen, koude, warmte en UV-licht zijn geen probleem. Evenals de goede weerstand tegen chemische stoffen en zelfs brand.

Tegen deze omstandigheden dienen de metaalsoorten doorgaans worden beschermd met externe middelen.

C.3 Gedrag

Het gedrag van deze materialen is echter moeilijker te bepalen. Een oorzaak hiervan is dat het materiaal anisotroop is. Dat houdt in dat de mechanische eigenschappen in verschillende richtingen ongelijk zijn. Ter vergelijking, staal is een isotroop materiaal omdat daar de mechanische eigenschappen in alle richtingen gelijk zijn.

Daarnaast heeft staal een duidelijk elastisch gebied waar men duidelijk mee kan rekenen. Kunststoffen hebben een dergelijk gebied niet. Hier is de sterkte ook afhankelijk van de omstandigheden en tijdsduur waarin het materiaal belast wordt.

C.4 Inkoop

Tegenwoordig zijn er een hoop profielen al standaard in te kopen waarbij gedacht kan worden aan: Kokers, buizen, platen, roosters, UNP en IPE balken etc. Daarnaast zijn er ook mogelijkheden voor het op maat maken van profielen mocht dat gewenst zijn.

Ter vergelijking is de kostprijs opgevraagd van een kunststof rooster en die van een stalen rooster.

Rooster:	1000x800mm	1000x800 R3/30
Materiaal:	concaaf isophthalic	Verzinkt staal
Kleur:	RAL7032 (grijs)	Zink
Mazen:	13x13 mm	30x30 mm
Aantal:	50 stuks	50 stuks
Kostprijs totaal:	€ 2.599,-	€ 2.750,-
Kostprijs per stuk:	€ 52,-	€ 55,-

Tabel C-1: Vergelijking kunststof rooster met stalen rooster

Uit tabel C-1 blijkt dat het prijsverschil tussen de roosters niet groot is. Voor roosters kan het aantrekkelijk zijn om voor de vezelversterkte rooster te kiezen.

Er is gekozen voor 50 stuks omdat het rooster voor het bordes wordt gebruikt. Dit zal een standaard ontwerp zijn waarbij het rooster niet verandert. Een verzinkt stalen rooster kost € 110,- per stuk indien men maar een of twee besteld. Het groot inkopen zal een besparing van € 1.375,- opleveren. Men dient wel een geschikte ruimte te hebben voor opslag.

C.5 Toepasbaarheid

Praktisch alle profielen zijn lineair inkoopbaar en niet gekromd. Door een bepaalde flexibiliteit in het materiaal zijn bepaalde krommingen wel mogelijk maar niet voor sterk gekromde delen zoals de trapboom en leuning.

Om toch dergelijke producten te kunnen realiseren kan er gewerkt worden met de maltechnieken. De vorm van de trapboom of leuning kan in een mal gemaakt worden. Deze mal wordt dan omvuld met de vezels en vloeibare hars. Na uitharding is het profiel verkregen.

Aangezien de diameters van de tanks en de stijghoogten per keer verschillen is dit een kostbare oplossing.

Wat overblijft is om de spiraaltrap in rechte delen op te bouwen. Een groot nadeel van dit principe is dat er veel meer onderdelen aan elkaar moeten aansluiten. Onnodig veel ondersteuning is daardoor nodig. Op esthetisch gebied wordt een dergelijke trap er niet beter van.

Wat wel een reële oplossing lijkt te zijn is het toepassen van een trappenhuis. Deze staat los van de opslagtank en heeft daarom niet aan de EN-14015 norm te voldoen. Gebruik van kunststoffen lijkt dan toegestaan. Dit heeft een aparte studie naar haalbaarheid.