

dept E-DA
author H.J. Wolbrink/hsh

GENERAL SPECIFICATION
Technische voorwaarden voor het
ontwerpen en detailleren van
leidingbruggen

approved by

function
Resource manager

name
H.A.J. Boerboom

dept
E-DA

signature



Voor de Engelse uitgave zie GSS 1.778.879

word2000

This document and the copyright is owned by Akzo Nobel Engineering bv Arnhem The Netherlands. It may neither be copied nor submitted to third parties for copying, without permission of the company.

INHOUD

1	ALGEMEEN	4
1.1	Codes, normen, etc. die van toepassing zijn.....	4
1.1.1	Standards	4
1.1.2	Akzo Nobel Engineering documents	4
1.2	Definitie	5
1.3	Functie.....	5
1.4	Voorbeelden	5
1.5	Checklist voorontwerp	6
2	ONTWERP	7
2.1	Lay-out	7
2.1.1	Nieuwe terreinen	7
2.1.2	Bestaande terreinen	7
2.2	Constructief ontwerp	7
2.2.1	Veiligheidsklasse en referentieperiode.....	7
2.2.2	Steunpuntafstanden	7
2.2.3	Vaste punten en dilataties	8
2.2.4	Verticale belasting	10
2.2.5	Horizontale belastingen.....	11
2.2.6	Doorbuigingen en verplaatsingen.....	12
2.3	Diversen	13
2.3.1	Vrije hoogte	13
2.3.2	Brandbeschermende maatregelen	13
2.3.3	Kabelrekken en -goten	14
2.3.4	Looppaden	17
2.3.5	Afbuigende leidingen	17
2.3.6	Ventilatieleidingen	17
2.3.7	Kolombescherming.....	17
2.3.8	Condensafvoer	18
2.4	Checklist definitief ontwerp.....	18
3	CONSTRUCTIE	18
3.1	Materialen.....	18
3.2	Stabiliteit.....	18

3.2.1	Stabiliteit in dwarsrichting	18
3.2.2	Stabiliteit in langsrichting (zie 2.2.5).....	19
3.3	Fundering	19
3.4	Portalen	20
3.5	Langsliggers	21
3.6	Dwarsdragers	21
3.7	Bevestiging van leidingondersteuning op leidingbruggen	22

Taal

De taal die moet worden gebruikt in correspondentie, op documenten en tekeningen, is Nederlands of Engels.

Symbolen, Grootheden en Eenheden

Symbolen, grootheden en eenheden volgens ISO 31 "The International System of Units" (SI) moeten worden toegepast.

Tegenstrijdige eisen

Bepalingen die met elkaar in strijd zijn moeten, ter verduidelijking, schriftelijk onder de aandacht van de opdrachtgever/inkoper worden gebracht. Als dit nagelaten is, zijn de zwaarste eisen van toepassing.

Volgorde van prioriteit van de documenten:

- 1 EG-Richtlijnen.
- 2 Technical Specification (TSS) en/of tekeningen.
- 3 Project Specification (PSS).
- 4 General Specification (GSS).

Definities:

GSS - General Specification

Een binnen Akzo Nobel Engineering opgesteld, niet-projectgebonden voorschrift, bestemd voor realisatie (ontwerp, fabricage, enz.) van een of meer technische systemen of delen daarvan.

Rev. B: paragraph 1.1: NEN 6700 en NEN 6702 toegevoegd.

1 ALGEMEEN

Deze General Specification beschrijft de eisen waaraan leidingbruggen moeten voldoen.

1.1 Codes, normen, etc. die van toepassing zijn.

Tenzij anderszins vermeld, zijn alle hierin genoemde codes, normen etc. van toepassing.

Met betrekking tot de genoemde normen, zijn de volgende regels van toepassing.

De hierna genoemde normen zijn van kracht zoals van toepassing op de dag van plaatsing van de opdracht.

Alle verwijzingen in deze specificaties zijn gebaseerd op de meest recente versie van de normen op de dag van de opdracht.

Verwijzingen in de specificaties naar paragraaf-, pagina- en tabelnummers van een norm kunnen incorrect zijn indien er tussentijds een nieuwere versie van het voorschrift is verschenen.

Deze General Specification verwijst, maar beperkt zich niet tot de hierna genoemde documenten.

1.1.1 Standards

NEN

6700	TGB 1990. Technische grondslagen voor bouwconstructies. Algemene eisen
6702	TGB 1990. Technische grondslagen voor bouwconstructies. Belastingen en vervormingen.

1.1.2 Akzo Nobel Engineering documents

GSS – Akzo Nobel Engineering

1.583.628	Ondersteuningen voor kunststof pijpleidingen.
1.583.630	Ophangingen en ondersteuningen voor metalen pijpleidingen.

STA – Akzo Nobel Engineering

386.100	Trappen, trapborden en leuningen, bordesvloeren.
---------	--

1.2 Definitie

Onder "leidingbrug" wordt verstaan: een ondersteuningsconstructie voor meerdere leidingen en/of kabelbanen die op een hoogte van tenminste 2,5 m boven het maaiveld liggen.

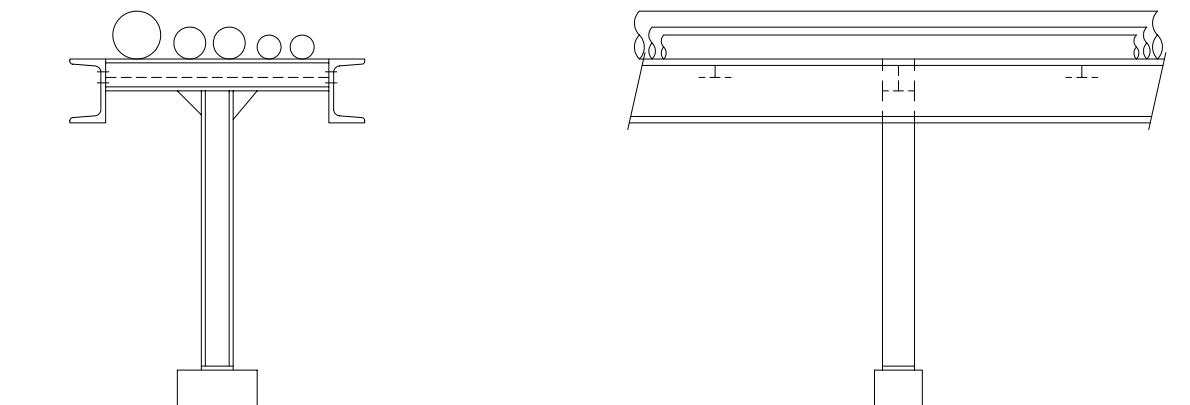
1.3 Functie

Een leidingbrug dient ervoor om leidingen en kabels zover boven het maaiveld te kunnen leggen dat een optimaal grondgebruik mogelijk is. Onder de leidingbrug kunnen zich kruisende wegen, kleine niet vitale gebouwen, rioleringen en grondkabels bevinden.

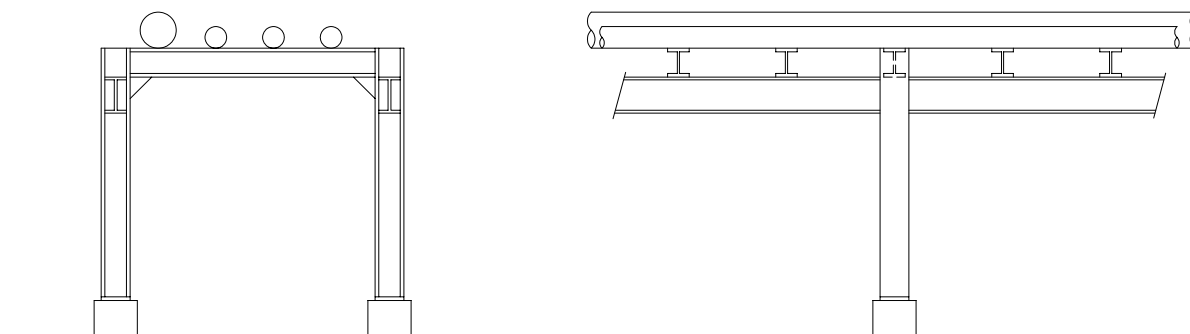
Een leidingbrug wordt in toenemende mate voorzien van looppaden voor montage, inspectie en onderhoud.

1.4 Voorbeelden

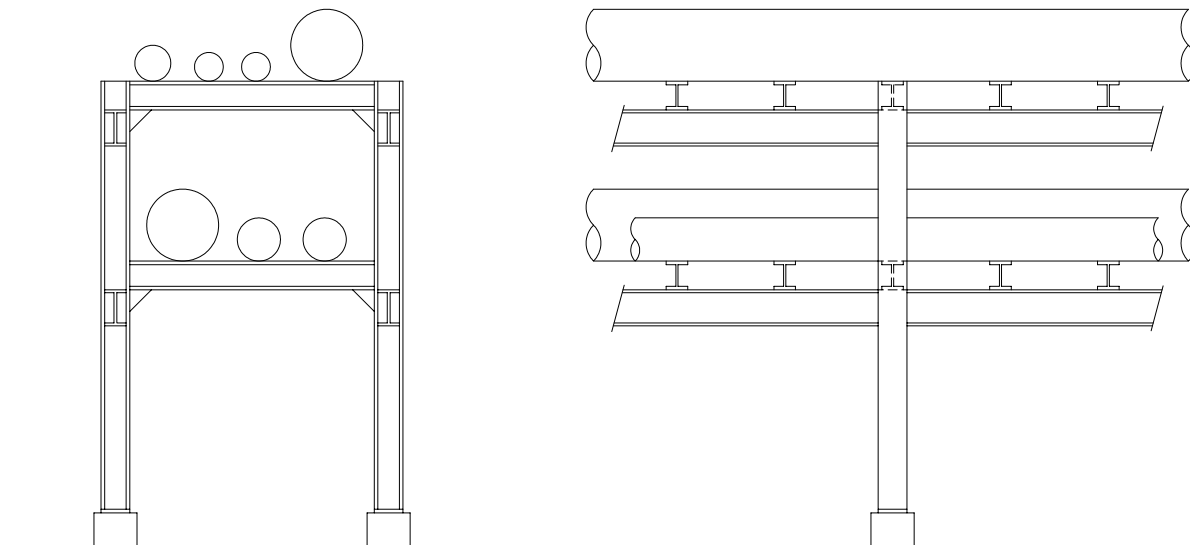
Hieronder worden als voorbeeld enkele veel voorkomende (in staal uitgevoerde) leidingbruggen weergegeven.



Brug met één poot en één laag leidingen



Brug met twee poten en één laag leidingen



Brug met twee poten en twee lagen leidingen

1.5 Checklist voorontwerp

Om tot een economisch ontwerp te komen dienen een aantal zaken in een vroeg stadium van het project te worden beslist in nauw overleg met afdeling Piping & Lay-out (E-DP).

Hieronder volgt een "checklist" van die zaken die bekend moeten zijn, alvorens met het voorontwerp kan worden begonnen:

- "Lay-out" van de brug; d.w.z. doorrijhoogten, breedte, aantal lagen (denk aan reserve voor uitbreidingen);
- De (globale) belasting per laag (denk aan reserves);
- Vastleggen referentieperiode en veiligheidsklasse;
- De aanwezigheid van elektro en meet- en regelkabels, wat betreft de plaats, de te reserveren ruimte en de belasting;
- De aanwezigheid en de plaats van looppaden;
- Zo mogelijk de plaats van vaste punten en expansiebochten van het leidingwerk;
- De mogelijke plaats van kruisverbanden, zowel in verticale als in horizontale richting;
- De eisen ten aanzien van de brandveiligheid (bijvoorbeeld betonnen kolommen).

2 ONTWERP

2.1 Lay-out

2.1.1 *Nieuwe terreinen*

In een "groene weide" project dienen de tracés voor de leidingbruggen zodanig te worden vastgesteld dat rekening wordt gehouden met de volgende voorwaarden/aspecten:

- Hoofdbruggen mogen niet door proceseenheden of over gebouwen lopen in verband met brandgevaar. Veiligheidsafstanden moeten worden vastgesteld in overleg met de veiligheidsfunctionaris.
- Het traject per soort brug moet in verband met de bezetting worden vastgesteld. Hierbij wordt vooral duidelijk welke leidingen waar naar toe moeten en hoe ze daar komen.
- Rekening moet worden gehouden met de plaats van de brugfundering en met de werkvolgorde bij kruisingen met wegen, kabels en ondergrondse leidingen.

2.1.2 *Bestaande terreinen*

Op bestaande terreinen moet, bij het ontwerpen van nieuwe bruggen, het tracé worden vastgesteld aan de hand van het structuurplan, terwijl zoveel mogelijk met de onder 2.1.1 genoemde aspecten rekening moet worden gehouden.

2.2 Constructief ontwerp

2.2.1 *Veiligheidsklasse en referentieperiode*

Als veiligheidsklasse is klasse 3 van toepassing. Bij bijzondere situaties geldt veiligheidsklasse 2.

Referentieperiode is 50 jaar

2.2.2 *Steunpuntafstanden*

Voor het ontwerp van de leidingbrug zijn twee verschillende situaties te onderscheiden:

- Lange leidingbrug met weinig of geen aftakkingen en/of kruisende wegen.
In dit geval kan constructief een optimale oplossing worden bereikt. Afhankelijk van de kosten van een fundatie (palen?) kan een optimale steunpuntafstand worden bepaald. Vooral bij een meerlaagse leidingbrug kan toepassing van een vakwerkligger economisch zijn.

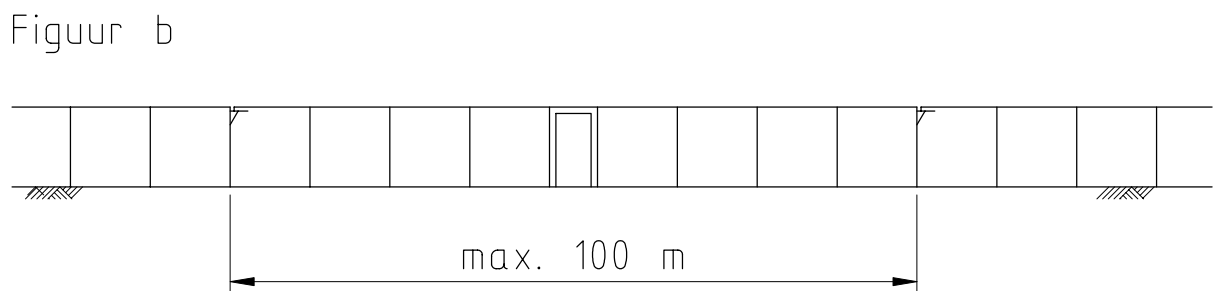
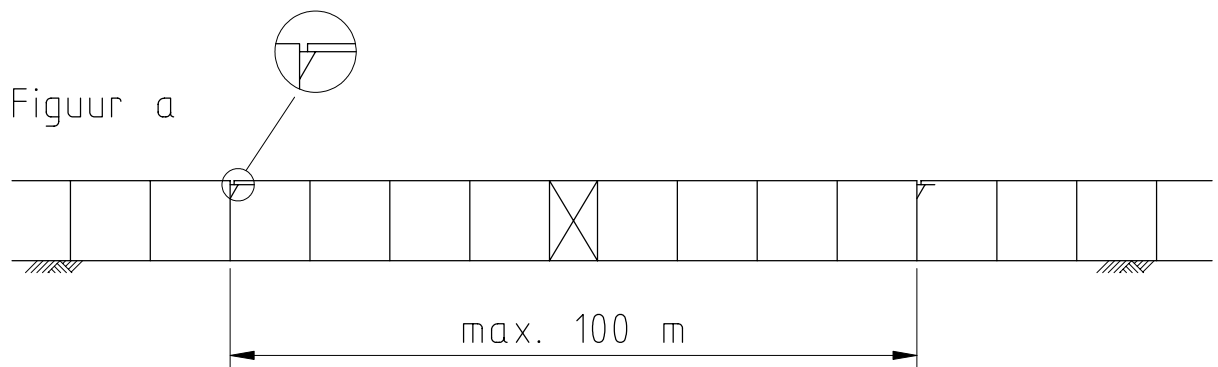
- Korte leidingbrug met veel aftakkingen en/of kruisende wegen.

De constructeur heeft weinig of geen vrijheid in keuze van steunpuntafstanden. Hij dient er rekening mee te houden dat constructief een optimale oplossing voor het totale project niet optimaal behoeft te zijn; de kosten van de leidingen en kabels zijn veelal maatgevend. Verbanden kunnen bijvoorbeeld zo storend zijn voor aftakkende leidingen (of voor het leggen van de leidingen), dat de besparing op de staalconstructie bij lange na niet opweegt tegen de extra kosten van het leidingwerk.

2.2.3 Vaste punten en dilataties

Lange bruggen dienen op geregelde afstanden te worden gedilateerd. Als maximale lengte tussen twee dilataties geldt 100 m, indien het vaste punt zich ongeveer in het midden bevindt.

Het vaste punt wordt gevormd door twee relatief dicht bij elkaar staande portalen, die, óf zijn afgeschoord (zie figuur a), óf via momentvaste verbindingen met regels een stijf portaal vormen (zie figuur b).



Vaak is een ontmoeting met een andere leidingbrug een geschikte plaats voor een vast punt, omdat daar toch al twee kolommen dicht bij elkaar staan.

De dilatatie wordt meestal uitgevoerd door middel van een console aan de kolom van een portaal, met daarop een stalen rol.

De lineaire uitzettingscoëfficiënt van staal = $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Het maximale temperatuurverschil waarmee rekening moet worden gehouden hangt af van de kleur van de brug: 60°C voor een lichte kleur tot 80°C voor een donkere kleur.

Voor de gemiddelde sprong van 70° (van +50° → -20°) betekent dit aan beide kanten een beweging van het uiterste brugdeel van $50000 \times 70 \times 12 \times 10^{-6} = 42 \text{ mm}$.

Indien de brug gebouwd is bij +10°C betekent dit een maximale "uitzwaai" van $\frac{4}{7} \times 42 = 24 \text{ mm}$. De dilatatie moet dan minstens 48 mm breed zijn.

Leidingbruggen kunnen ook zonder vast punt worden uitgevoerd.

De stabiliteit in langsrichting wordt dan gevormd door een momentvaste verbinding van langsligger en kolom en/of inklemming van de kolom in de fundatie. Ook in dat geval dienen dilataties worden toegepast.

Bruggen met tamelijk geringe portaalafstanden en met niet te zware verticale belastingen komen hiervoor het meest in aanmerking.

In de meest ideale situatie vallen vaste punten en dilataties van een brug samen met vaste punten en expansielussen van het er op rustende leidingwerk.

Naar gelang de beschikbare ruimte, worden expansielussen horizontaal of verticaal gelegd.

Speciale aandacht verdienen punten waar over de grond lopend leidingwerk omhoog gaat en verder over een brug loopt, in verband met de horizontale (of verticale) krachten die door dit leidingwerk op de brug kunnen worden uitgeoefend.

2.2.4 Verticale belasting

2.2.4.1 Belasting per laag

- De grootte van de in rekening te brengen verticale belasting uit leidingwerk wordt opgegeven door de piping engineer. Onafhankelijk van diens opgave moet een minimum belasting in rekening worden gebracht van $2 \text{ kN/m}^2/\text{laag}$.

Deze minimum eis behoeft niet in rekening te worden gebracht, indien:

- a. het een vergroting van een bestaande leidingbrug betreft;
- b. latere wijzigingen onwaarschijnlijk zijn;
- c. het een brug betreft met slechts leidingen $\varnothing 150 \text{ mm}$ of kleiner. In dit geval volstaat minimum belasting van 1 kN/m^2 (denk wel aan de montage situatie).

Voor dampleidingen moet zowel het bedrijfsgewicht als het afpersgewicht aan de constructeur worden opgegeven.

- Voor looppaden moet op een gelijkmatige belasting van $2,5 \text{ kN/m}^2$ of een lijnlast van 3 kN/m worden gerekend.
- Belastingen uit kabelgoten worden opgegeven door de electrical engineer. Onafhankelijk van deze opgave moet per goot een minimum belasting in rekening worden gebracht van $2,5 \text{ kN/m}^2$ met een minimale gootbreedte van 300 mm .
- In montagestadium kan een maatgevende belastingsituatie ontstaan door bijvoorbeeld het toepassen van hangsteigers.

2.2.4.2 Belasting per langsligger

In verband met een mogelijk ongelijkmatige verdeling van de belasting in dwarsrichting van de brug moet per langsligger meer belasting worden gerekend dan de helft van de te rekenen belasting per laag. Deze factor bedraagt tenminste 1,25 en geldt ook voor de minimum waarden volgens 2.2.5.1.

Een langsligger van een leidingbrug van 4 m breed wordt dus tenminste op $0,5 \times 2 \times 4 \times 1,25 = 5 \text{ kN/m}$ berekend.

Bekende excentriciteiten zoals belastingen uit looppaden en/of kabelrekken moeten in rekening worden gebracht, indien dit tot ongunstiger resultaten leidt.

2.2.4.3 Belasting per dwarsdrager

Leidingen met een grote diameter steunen gewoonlijk niet op elke dwarsdrager, maar om de 4 m en soms om de 6 of 8 m. Dit kan voor de dwarsdrager een aanzienlijke belastingverhoging betekenen.

Bovendien kan het moment in de dwarsdrager variëren tussen $\frac{1}{4}$ QI en $\frac{1}{8}$ QI waar Q de totale belasting op de dwarsdrager is.

In verband met beide bovengenoemde verschijnselen dient het moment in de dwarsdrager te worden berekend met de formule:

$M = \frac{1}{8} QI$ waarbij Q de opgegeven belasting van de laag x de dwarsdrager afstand is.

2.2.5 Horizontale belastingen

2.2.5.1 Belasting door wind (belasting in dwarsrichting)

De minimaal in rekening te brengen windbelasting bedraagt $1,5 \times p_w$ per laag, waarin p_w de waarde van de stuwdruk is volgens A.1 van NEN 6702.

Onderzocht moet worden of de werkelijke waarde niet hoger is.

De hoogte van de langsliggers geeft de grootste bijdrage.

Voorbeeld: 2 IPE 400 $\rightarrow 2 \times 0,4 \times (1 + \frac{2}{3}) \times p_w = 1,33 \times p_w$

5 leidingen $\varnothing 250 \rightarrow 0,7 \times 0,25 (1 + 4 \times \frac{2}{3}) \times p_w = 0,64 \times p_w$

Samen $1,97 \times p_w \sim 2 \times p_w$.

Over de hoogte van kabelrekken moet de brug als dicht worden beschouwd.

Indien het als dicht opvatten over de totale constructiehoogte van de brug (dus inclusief kabels en leidingen) tot lagere waarden leidt, dan dienen deze laagste waarden te worden aangehouden.

2.2.5.2 Belasting door leidingen (belastingen in langsrichting)

Leidingen die een andere temperatuur dan de brug aannemen (zgn. warme leidingen) zullen ten opzichte van de brug uitzetten en bij het uitzetten wrijvingskrachten op de brug uitoefenen.

Bij oplegging staal op staal zijn deze wrijvingskrachten maximaal $0,35 \times$ het gewicht van de leiding.

Aangezien deze wrijvingskrachten na een zekere verplaatsing vanzelf afnemen zullen zij nooit tot bezwijken van een brug kunnen leiden (tenzij t.g.v. 2^e orde effect, niet-ductiele verbindingen of vermoeidheid).

Om echter ongewenste vloei te vermijden moet toch op wrijvingskrachten uit leidingen worden gerekend.

Door middel van bijvoorbeeld Teflon opleggingen kunnen wrijvingskrachten worden verminderd.

Dwarsdragers moeten worden berekend op een horizontale belasting van 15% van de verticale belasting uit leidingen. Immers, niet alle leidingen zullen tegelijk wrijvingskrachten uitoefenen en niet alle leidingen zijn "warme leidingen".

Dwarsdragers die als vast punt dienen voor leidingen kunnen een horizontale belasting krijgen gelijk aan de normaalkrachten in de langsliggers (zie hierna volgend).

Koppeling aan de diagonalen van het windverband kan hierbij uitkomst bieden.

Langsliggers worden berekend op een trek- of drukkracht van 15% van het gewicht/m van de daarop rustende leidingen x de afstand van de dilatatie tot het vaste punt. Bij een totaal leidinggewicht per laag van 10 kN/m en een afstand tussen dilatatie en vast punt van 45 m wordt dit dus: $1,25 \times 0,5 \times 10 \times 45 \times 0,15 = 42 \text{ kN}$.

"Bokken" in langsrichting worden berekend op een horizontale kracht van 5% van het leidinggewicht dat rust op het brugdeel waaraan stabiliteit wordt gegeven.

Als deze horizontale belastingen t.g.v. wrijvingskrachten in rekening worden gebracht hoeft niet meer op wind (in langsrichting!) en scheefstand te worden gerekend.

2.2.6 Doorbuigingen en verplaatsingen

Zowel in verticale- als in horizontale richting mag voor dwarsdragers en langsliggers de doorbuiging niet groter zijn dan $\frac{1}{400}$ van de overspanning.

Bij aanwezigheid van een stoomleiding dient de doorbuiging kleiner te zijn dan $\frac{1}{4}$ van de helling van de stoomleiding.

Bij een afschot van 1 : 150 van de stoomleiding, mag de doorbuiging dus niet meer zijn dan 1 : 600.

De horizontale verplaatsing van een portaal mag onder maximale windbelasting niet groter zijn dan $\frac{1}{200} \times h$ (h = hoogte).

Bij leidingbruggen voorzien van looppaden mag de eigen frequentie in horizontale richting niet lager zijn dan 1,5 Hz.

Noot: Bijzondere en afwijkende eisen moeten door de piping engineer worden opgegeven.

2.3 Diversen

2.3.1 Vrije hoogte

De vrije hoogte kan van project tot project verschillen. Bij chemische fabrieken wordt een vrije hoogte aangehouden van min. 6,00 m boven hoofdwegen en in productie-eenheden en van 2,50 m in het terrein.

Boven secundaire wegen kunnen de bruggen lager dan 6 m worden gemaakt, met een minimum van 4,5 m. Hierbij dient wel gedacht te worden aan eventueel transport van apparatuur en kranen.

2.3.2 Brandbeschermende maatregelen

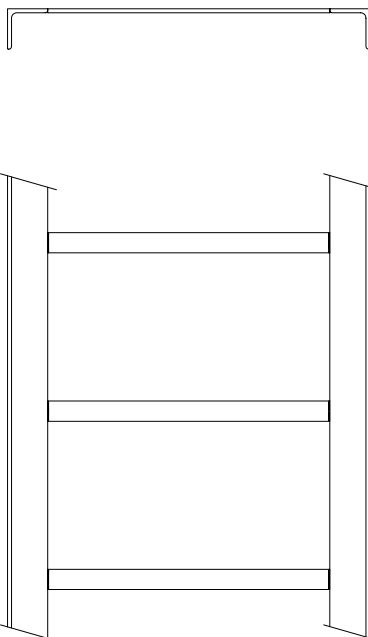
Indien wordt besloten een brug uit te voeren in een brandwerende constructie in verband met de brandgevaarlijkheid van de over de brug te vervoeren stoffen, of in verband met de aard van het bedrijf, zijn er diverse mogelijkheden:

- Portalen en langsliggers van geprefabriceerd gewapend beton;
- Portalen van gewapend beton en de rest van staal;
- Bijvoorbeeld de onderste 3,5 m van de kolommen van beton en de rest van staal, een en ander afhankelijk van de vuurbelasting.
- Wordt alleen plaatselijk brandbescherming vereist, dan wordt de brug in staal gebouwd en waar nodig voorzien van een brandwerende bekleding, bijvoorbeeld alleen de kolommen tot 3,5 m hoog over een bepaald traject.

Om ongecontroleerde corrosie onder een brandbeschermende bekleding zoveel mogelijk tegen te gaan is alleen een pleisterlaag bestaande uit vermiculiet met cement toegestaan. Omstorten met (Lytag) beton verdient de voorkeur, maar is alleen voor kolommen toepasbaar.

2.3.3 Kabelrekken en -goten

Een kabelgoot bestaat gewoonlijk uit 2 hoeklijnen 60 x 60 x 6, onderling verbonden met strippen 30 x 6 h.o.h. 250 mm, in één vlak liggend met de liggende zijden van de hoekstalen.



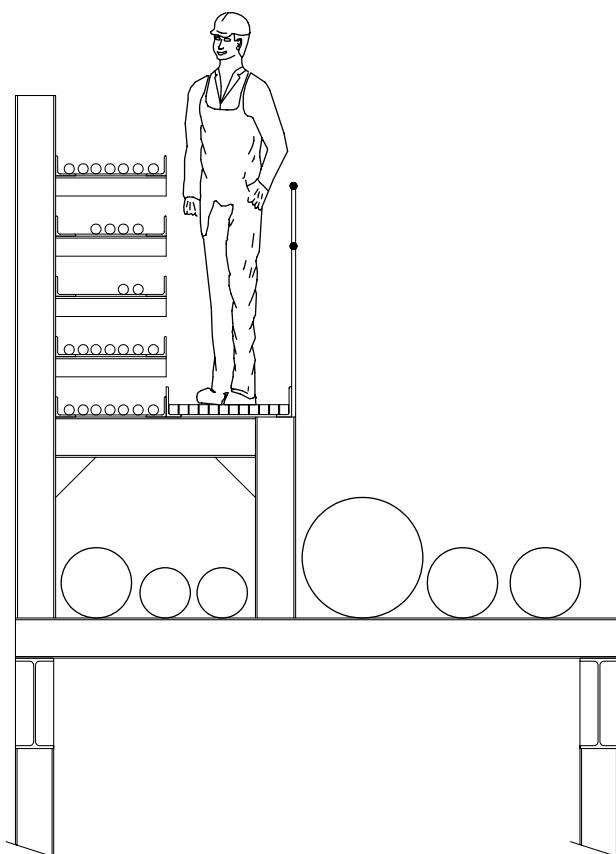
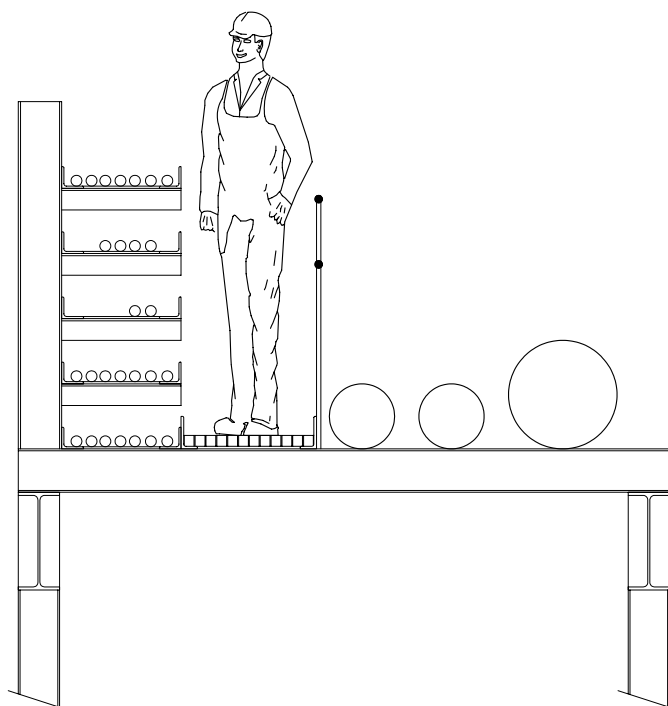
Om constructieve redenen wordt de kabelgoot meestal ter plaatse van de dwarsdragers ondersteund.

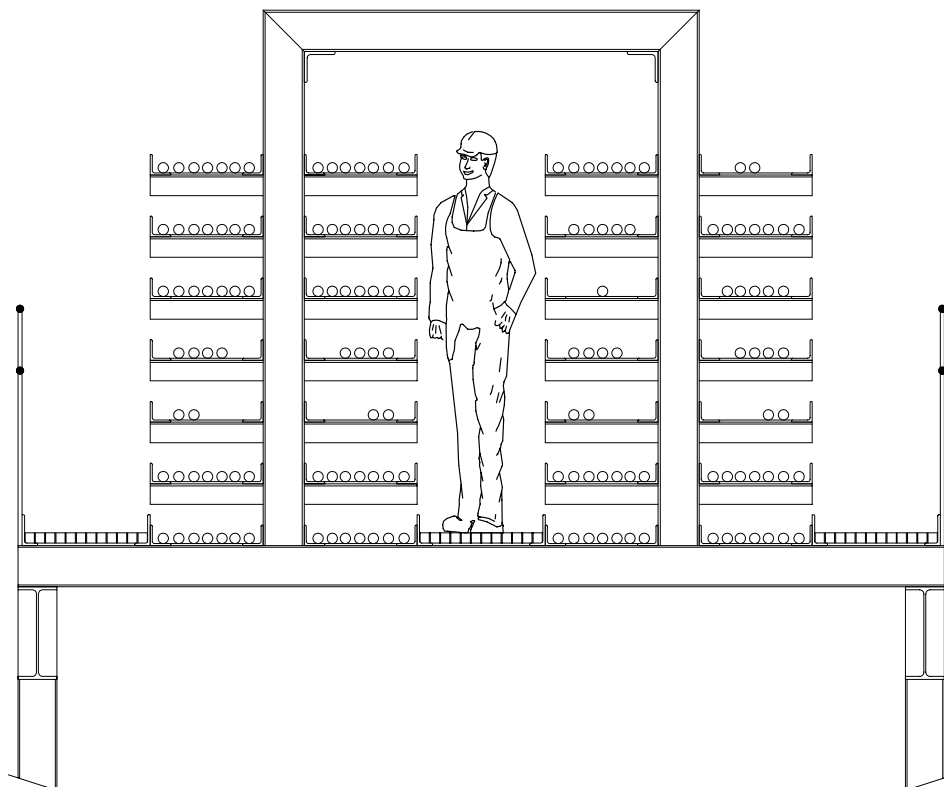
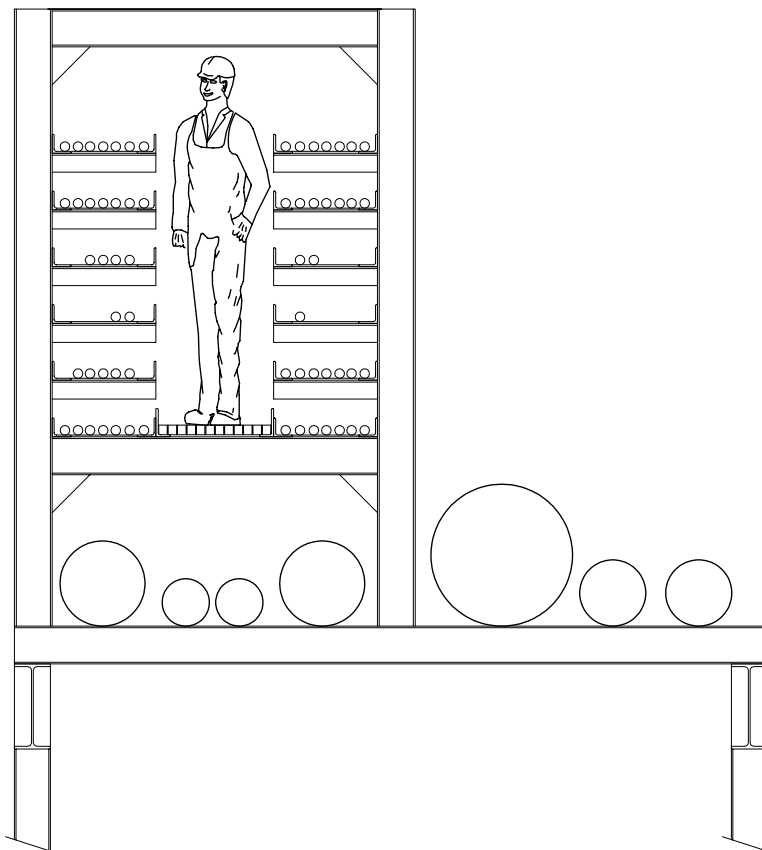
De kabelgoot moet dus de dwarsdragerafstand kunnen overspannen.

Afhankelijk van de belasting/m en de overspanning kan een afwijkende hoeklijn (eventueel ongelijkzijdig) worden gekozen. De dikte van de verbindingsstrippen blijft gelijk aan die van de zijden van de hoeklijnen.

Alternatief is een standaard prefab kabelgoot.

Hieronder volgen een aantal veel voorkomende kabelrekken, gecombineerd met looppaden.





2.3.4 Looppaden

Als een brug wordt voorzien van een looppad voor montage, bediening van afsluiters, inspectie en onderhoud, wordt dit meestal langs de kabelrekken gelegd.

De minimale breedte is 600 mm.

Aan de zijde(n) waar het looppad niet door kabelrekken wordt begrensd moet een leuning met een hoogte van 1 m worden aangebracht. Indien de mogelijke valhoogte ≥ 13 m is, moet de leuninghoogte 1,20 m zijn.

De paden moeten tenminste aan de uiteinden door middel van **trappen** bereikbaar worden gemaakt (kooiladders slechts incidenteel toepassen). Op een T-kruising van bruggen is het niet altijd mogelijk de paden op elkaar aan te sluiten in verband met afbuigende leidingen en kabels; een extra ladder vanaf het maaiveld is dan het gevolg.

Voor algemene vereisten zie STA 386.100.

2.3.5 Afbuigende leidingen

In het algemeen zal een aansluitende leidingbrug op ongelijke hoogte van de hoofbrug lopen om onnodige bochten in leidingen te vermijden.

Afhankelijk van de terreinsituatie kan voor de aftakkende leidingbrug een lagere vrije hoogte dan 6 m worden aangehouden (zie 2.3.1).

De kleine ondersteuning voor afbuigende leidingen dienen zoveel mogelijk tegelijkertijd met de brugonderdelen te worden gefabriceerd, zodat op het werk niet hoeft te worden geboord en gelast.

2.3.6 Ventilatieleidingen

Ventleidingen en/of dampleiding van lagedruk, die bijvoorbeeld van een tankpark naar een verbrandingsoven lopen, moeten in verband met condens onder afschot worden aangebracht. Hiervoor kan de bovenste laag van de bruggen worden gebruikt. De leidingen worden gelegd op in hoogte variërende portaaltjes op de brugconstructie.

2.3.7 Kolombescherming

Waar portalen binnen twee meter van de zijkant van een weg voor zwaar verkeer staan, verdient het aanbeveling de kolommen te beschermen tegen aanrijdingen.

2.3.8 Condensafvoer

Waar condensafvoer in het terrein plaatsvindt, moet de afvoer op een behoorlijke afstand van betonfundaties eindigen.

Eventueel kan de condens via een condensverzamelleiding in een kalksteenput eindigen. Bij voorkeur dient condenswater in bestendig riool te worden opgevangen.

2.4 Checklist definitief ontwerp

De in punt 1.5 genoemde gegevens ten behoeve van het voorontwerp dienen nu definitief bekend te zijn. Daarnaast moeten nog een aantal zaken van secundair belang worden vastgesteld:

- De bereikbaarheid van de looppaden (Waar trappen of liften?).
- De situatie ter plaatse van de aftakkingen (o.a. kabelgoten + looppaden).
- Eventuele ondersteuning van expansiebochten.
- Van leidingen van grote diameter (≥ 400 mm) dient het belastingsschema met ondersteuning bekend te zijn, zowel in verticale als in horizontale richting.

3 CONSTRUCTIE

3.1 Materialen

Vooraf vanwege de vorm van de constructie, is staal het meest aangewezen materiaal om een leidingbrug van te construeren.

Als tweede keuze kan aan beton gedacht worden.

De kwetsbaarheid bij brand is in het nadeel van een stalen leidingbrug. Zie ook 2.3.2.

3.2 Stabiliteit

3.2.1 Stabiliteit in dwarsrichting

Elk steunpunt van de leidingbrug dient stabiel te zijn in de dwarsrichting van de brug.

De horizontale belastingen op de leidingbrug (wind!) worden over het algemeen via verbanden tussen langsliggers en dwarsdragers naar de steunpunten overgebracht (tevens kipverband voor de langsliggers).

Uiteraard dient men zich goed te realiseren dat verbanden altijd hun beperkingen met zich mee brengen ten aanzien van het leidingverloop.

Verticale verbanden (in de ondersteuningen) mogen niet tussen twee leidinglagen worden aangebracht en bij voorkeur niet beneden 2200⁺ peil.

Veiligheid tegen kantelen volgens NEN 6702:

- De belastingcombinatie met het oog op “kantelen” dient volgens veiligheidsklasse 3 te worden uitgerekend: eigen gewicht vermenigvuldigd met 0,9 en belasting vermenigvuldigd met 1,5.

3.2.2 Stabiliteit in langsrichting (zie 2.2.5)

De stabiliteit in langsrichting kan op twee manieren worden verzorgd:

- Door het maken van vaste punten.
Hiertoe moeten 2 ondersteuningen dicht bij elkaar staan en door verbanden of momentvaste verbindingen stabiel worden gemaakt. Deze oplossing verdient de voorkeur.
- Door het maken van momentvaste verbindingen tussen kolommen en langsliggers.
Aangezien de kolommen meestal in langsrichting van de brug in hun y-richting staan, veroorzaakt dit behoorlijke 2^e orde momenten en een betrekkelijk slappe constructie.

3.3 Fundering

Leidingbruggen zijn over het algemeen betrekkelijk lichte constructies. Het grootste probleem bij de fundering wordt gevormd door de standzekerheid, en wel meer naarmate de brug hoger is (zie 3.2.1).

Een tweede aspect waaraan aandacht moet worden besteed is het door de grond leveren van de horizontale reactie in dwarsrichting van de brug.

Eventuele zettingsverschillen tussen steunpunten onderling zullen voor leidingbruggen constructief niet schadelijk zijn. De toleranties worden vaak bepaald door het leidingwerk.

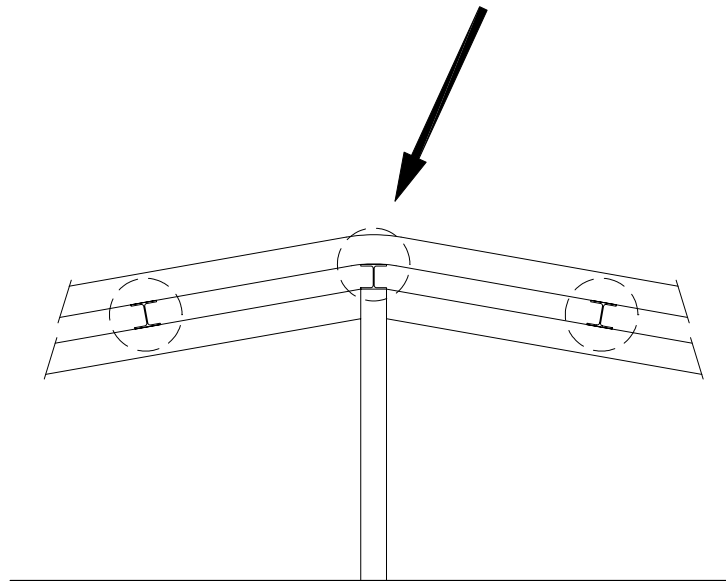
Bij toepassing van vakwerkliggers dient een momentvaste inklemming op de kolommen te worden vermeden, indien zettingsverschillen van meer van 20 mm zijn te verwachten.

3.4 Portalen

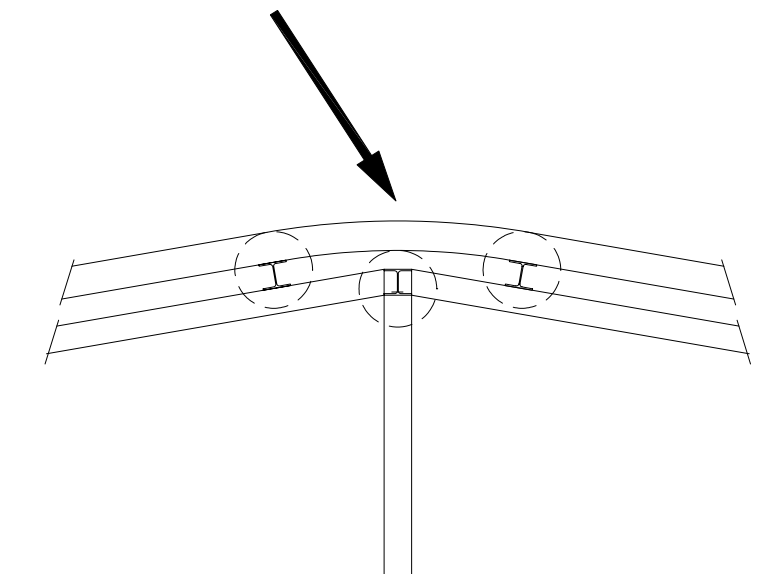
Portalen bestaan uit kolommen en regels en/of verbanden. De kolommen en regels zijn gewoonlijk van HE(A) profielen.

Vaak zullen de regels tevens dienen als leidingondersteuning.

Als de langsliggers vollewandprofielen zijn en scharnierend verbonden met de kolommen maakt de leiding t.p.v. het steunpunt een knik (zie figuur).



Dit dient te worden vermeden door óf de langsliggers doorgaand uit te voeren óf de dwarsbalken als volgt te leggen:



In dit geval dient de regel in het portaal niet als ondersteuning voor de leidingen. Een tweede voordeel hiervan is dat de portaalregel geen invloed heeft op de leidingen, omdat deze een ander profiel heeft dan de normale dwarsbalken en daardoor anders (minder) doorbuigt.

3.5 Langsliggers

Langsliggers worden vaak van IPE of UNP profielen gemaakt. Ter wille van de horizontale stijfheid en als kipverkort moeten tussen twee langsliggers in het horizontale vlak verbanden worden aangebracht. Aangezien de doorbuigingseis van $\frac{1}{400} \times l$ bij scharnierend opgelegde liggers altijd maatgevend is kan een momentvaste verbinding tussen langsliggers en kolommen een aanzienlijke besparing opleveren.

Vooraf bij een grote overspanning heeft de duurdere verbinding weinig invloed op de kiloprijs (weinig verbindingen per m). Ook voor de leidingen is dit gunstig (geen knik ter plaatse van het steunpunt).

Vakwerkliggers zijn vooral bij meerlaagse leidingbruggen aantrekkelijk. Indien toepassing van vakwerkliggers wordt overwogen moet goed worden geïnformeerd (afdeling E-DP, Piping & Lay-out) of de bezwaren voor afbuigende leidingen niet zozeer kostenverhogend werken, dat vollwandprofielen toch de voorkeur verdienen. Ook het nadeel van het duurdere onderhoud moet worden meegerekend.

Een aantrekkelijk alternatief is het ophangen van ondergelegen lagen aan de bovenste laag. De langsliggers van de bovenste laag kunnen dan doorgaand over de kolommen worden uitgevoerd.

Uiteraard zijn er, ook voor éénlaagse bruggen, oplossingen tussen vakwerk en vollwandprofiel in, zoals het ophangen van de langsligger aan trekstangen middels verhoogde kolommen.

3.6 Dwarsdragers

Vanwege de op dwarsdragers werkende horizontale belasting (15% van verticale belasting) en vanwege het kipgevaar, worden HEA profielen voor dwarsdragers het meest toegepast.

3.7 Bevestiging van leidingondersteuningen op leidingbruggen

- Aan hoofdstaalconstructies¹ mag niet worden geboord of gelast, tenzij dit vooraf op de tekening is aangegeven.
- De ondersteuningen kunnen worden gelast, geboord of geklemd.
Welke methode mag worden toegepast is in de General Specification 1.583.630 en 1.583.628 vastgelegd.
- Hulpstaalconstructies moeten in een zo vroeg mogelijk stadium ontworpen en gemonteerd worden, zodat zowel las- als boutverbindingen kunnen worden toegepast.
- In overleg met afdeling Piping & Lay-out moet worden bepaald of "gatenpatronen" kunnen worden aangebracht en op welke plaatsen vaste punten voor het leidingwerk moeten worden gemaakt.
- De plaats en de richting van expansielussen in leidingen, moeten worden vastgesteld.

¹ Zie voor definities van hoofdstaalconstructies e.d. alsmede voor ondersteuningsdetails, General Specification 1.583.630.