Nebest B.V.
Marconiweg 2
4131 PD Vianen
Postbus 106
4130 EC Vianen

T 085 489 01 00
F 085 489 01 01
E info@nebest.nl
I www.nebest.nl

Oude IJsselbrug Zutphen

Constructieve beschouwing

Opdrachtgever	Gemeente Zutphen
Rapportnummer	38744-RAP-02
Status	Definitief
Versie	1.0
Rapportdatum	27 juli 2020

Autorisatie	Naam	Paraaf	Datum
Auteur	ing. B.H.M. van den Broek BSEng	*[digitaal geaccordeerd]*	*27-07-2020*
Vrijgave	ir. A. Otte	*[digitaal geaccordeerd]*	*04-08-2020*

Op al onze werkzaamheden is de 'Rechtsverhouding opdrachtgever - architect, ingenieur en adviseur DNR 2011' van toepassing.
Deze voorwaarden liggen op ons kantoor ter inzage en zijn ook in te zien op onze website (www.nebest.nl).

Titel : Oude IJsselbrug Zutphen

Rapportnummer : 38744-RAP-02

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 4

1.1 Achtergrond 4

1.2 Aanpak 4

1.3 Constructieve beschouwing 4

1.4 Projectscope/afbakening 5

1.5 Versiebeheer 5

2 GEGEVENS VAN DE CONSTRUCTIE 6

2.1 Archiefonderzoek 8

2.2 Hoofddraagconstructie 11

2.3 Constructieve inspectie 15

3 BEOORDELING ARCHIEFSTUKKEN – RAPPORTAGES 16

3.1 Rapport – Bepaling restlevensduur Oude IJsselbrug te Zutphen, Rijkswaterstaat, 1990 16

3.1.1 Westelijke aanbruggen 16

3.1.2 Boogbrug 17

3.2 Rapport – Bepaling restlevensduur staalconstructie aanbruggen Oude IJsselbrug, Witteveen+Bos, 2004 18

3.3 Rapport – Nader onderzoek schade Oude IJsselbrug te Zutphen, Witteveen+Bos, 2005 20

3.4 Rapport – Controleberekening einddwarsdragers (Renovatie Oude IJsselbrug), Witteveen+Bos, 2005 21

3.5 Rapport – Visuele inspectie Westelijke aanbrug van de IJsselbrug te Zutphen, Witteveen+Bos, 2007 22

3.6 Rapport – Inspectie IJsselbrug Zutphen, Reef Bouw, 2011 23

3.7 Rapport – Oude IJsselbrug – Schaderegistratie gemeente Zutphen, Nebest, 2013 23

3.8 Rapport – Hoofdoverspanning en oostelijke aanbrug Oude IJsselbrug, Nebest, 2013 24

3.8.1 Boogbrug 24

3.8.2 Oostelijke aanbrug 24

3.9 Rapport – Westelijke aanbrug Oude IJsselbrug, Nebest, 2013 25

3.10 Rapport – Oude IJsselbrug Zutphen: Belastingproef, OSMOS Benelux, 2014 26

3.11 Rapport – Constructieve raakvlakken met bestaande boogbrug BIJZ/HIJZ, Bouwcombinatie Damsteegt – CT deBoer DIJZ, 2017 27

4 BEOORDELING CONSTRUCTIEVE RISICO'S 28

4.1 Westelijke aanbruggen 29

4.2 Boogbrug 30

4.3 Oostelijke aanbrug 31

5 WESTELIJKE AANBRUGGEN – VERMOEIINGSBEREKENING 32

5.1 Inspectie hoofddraagconstructie westelijke aanbruggen 32
5.1.1 Vakwerk 32
5.1.2 Onderzijde dek 34

5.2 Uitgangspunten vermoeiingsberekening 34
5.2.1 Algemeen 34
5.2.2 Normen, richtlijnen en voorschriften 34
5.2.3 Overige aspecten 35

5.3 Bepaling restlevensduur westelijke aanbrug 36
5.3.1 Aantal voertuigen 36
5.3.2 Te toetsen onderdelen 37

6 CONCLUSIE 40

Bijlage 1 Constructieve documenten

Bijlage 2 Staaldiktemetingen

Bijlage 3 Vermoeiingsanalyse

1 INLEIDING

Binnen het project 'Oude IJsselbrug 20-Jarenplan', met contractnummer WERK 03-2019, is één van de werkzaamheden het uitvoeren van een constructieve beoordeling van de Oude IJsselbrug, met name de oude westelijke aanbruggen. Deze rapportage bevat deze beoordeling.

1.1 Achtergrond

De gemeente Zutphen heeft recent groot onderhoud verricht aan de Oude IJsselbrug. Hierbij zijn diverse grote aanpassingen uitgevoerd, waarvan de verbreding van het fietspad aan de zuidzijde de meest ingrijpende is. Het is voor de gemeente Zutphen van groot belang om te weten in welke staat de Oude IJsselbrug op dit moment verkeert. Dit geeft inzicht in de maatregelen die de komende 20 jaar benodigd zijn om de Oude IJsselbrug in stand te houden.

1.2 Aanpak

Om te komen tot een 20-jarenonderhoudsplan is voorafgaand aan de constructieve beschouwing een technische inspectie uitgevoerd van de gehele brug. Op basis van de ingewonnen gegevens en uitgevoerde constructieve beschouwing zijn alle maatregelen die de komende 20 jaar benodigd zijn voor het veilig in stand houden van de Oude IJsselbrug in beeld gebracht.

1.3 Constructieve beschouwing

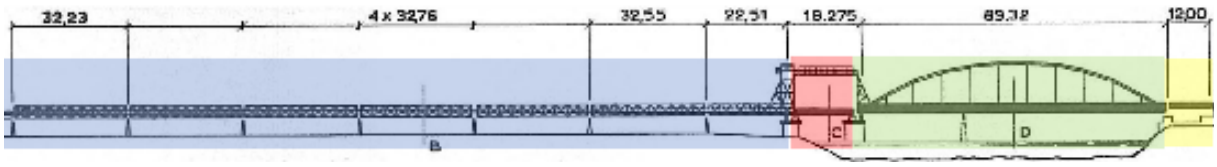
De Oude IJsselbrug bestaat uit meerdere overspanningen van verschillende brugtypen. Sinds de bouw van de brug hebben diverse verbouwingen plaatsgevonden, waarvan de verbreding van het fietspad (zuidzijde) aan de hefbrug, boogbrug en oostelijke aanbrug de meest recente is. In de loop der jaren zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd aan de brug. Hierbij moet worden gedacht aan nader onderzoek van diverse schades, visuele inspecties, verificatieberekeningen, restlevensduurbepalingen, verkeerstellingen en een belastingproef (westelijke aanbruggen).

In deze rapportage is de constructieve beschouwing opgenomen van de Oude IJsselbrug. Er is een uitgebreide bureaustudie verricht, waarbij alle door de gemeente Zutphen beschikbaar gestelde stukken zijn bestudeerd in relatie tot de constructieve veiligheid van de brug. Op basis van deze bureaustudie zijn per overspanning (brugtype) de constructieve risico's inzichtelijk gemaakt en beoordeeld.

De resultaten van de bureaustudie laten zien dat de grootste constructieve risico's zich voordoen bij de westelijke aanbruggen. Met name de resultaten van de in het verleden uitgevoerde vermoeiingsberekeningen duiden op een verhoogd risico op vermoeiingsschade aan diverse constructieonderdelen van de aanbruggen. In de archiefberekeningen zijn deze constructieonderdelen als kritisch aangeduid. Om meer inzicht te krijgen in de vermoeiingslevensduur van de kritische constructieonderdelen, en dus de restlevensduur van de westelijke aanbruggen, is besloten de vermoeiingsberekening uit 2013 (opgesteld door Nebest [9]) te actualiseren.

1.4 Projectscope/afbakening

De Oude IJsselbrug bestaat uit diverse overspanningen en is opgedeeld in vier hoofdonderdelen (deel gemeente), zie figuur 1.1.



Figuur 1.1: Overzicht overspanningen Oude IJsselbrug

- Blauw gemarkeerd: Westelijke aanbruggen.
- Rood gemarkeerd: Hefbrug.
- Groen gemarkeerd: Boogbrug.
- Geel gemarkeerd: Oostelijke aanbrug.

Een constructieve beschouwing van de hefbrug, landhoofden, tussensteunpunten, funderingen, remmingwerken en aanlanding vallen buiten de scope van de opdracht.

1.5 Versiebeheer

Dit document wordt bijgewerkt als uitgangspunten gedurende het proces worden gewijzigd.

Tabel 1.1: Versiebeheer

Versie	Datum	Omschrijving van de wijzigingen en opmerkingen
0.1	22-07-2020	Checkprint
1.0	27-07-2020	Definitief

2 GEGEVENS VAN DE CONSTRUCTIE

De Oude IJsselbrug bestaat uit in totaal tien overspanningen met een totale lengte van circa 338 meter. De overspanningen zijn uitgevoerd als vakwerkbruggen, hefbrug, boogbrug en plaatliggerbrug. De overspanningen kennen verschillende stichtingsjaren. Tijdens de Tweede Wereldoorlog zijn de hefbrug en hoofdoverspanning (nu uitgevoerd als boogbrug, toen als vakwerkbrug) opgeblazen door de geallieerden om de Duitse opmars te verhinderen.



Figuur 2.1: Locatie Oude IJsselbrug te Zutphen, *ontleend aan GoogleMaps*



Figuur 2.2: Overzicht Oude IJsselbrug



Figuur 2.3: Overzicht hefbrug en boogbrug



Figuur 2.4: Opgeblazen hefbrug en hoofdoverspanning 1940, *bron: www.kijkopzutphen.nl*

2.1 Archiefonderzoek

De volgende archiefdocumenten zijn door de gemeente Zutphen verstrekt en bestudeerd. De archief-documenten bestaan uit diverse rapportages, memo's en tekeningen. Gezien de omvang van het aantal documenten zijn de documenten onderverdeeld in rapportages en tekeningen. De in tabel 2.1 genoemde rapportages zijn opgenomen in bijlage 1.

In dit document wordt door middel van [Nr.] verwezen naar de documenten (bronnen) zoals genoemd in de onderstaande tabel en overzichten.

Tabel 2.1: Constructieve rapportages

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
1	/	Bepaling restlevensduur Oude IJsselbrug te Zutphen	Rijkswaterstaat	1990
2	*ZU106-10 koea2/003*	Bepaling restlevensduur staalcon-structie aanbruggen Oude IJsselbrug	Witteveen+Bos	2004
3	*ZU106-12/dijk/001*	Nader onderzoek schade Oude IJsselbrug te Zutphen	Witteveen+Bos	2005
4	*ZU106-13/duif/003*	Controleberekening einddwarsdragers (Renovatie Oude IJsselbrug)	Witteveen+Bos	2005
5	*ZU106-16/beet2/005*	Visuele inspectie Westelijke aanbrug van de IJsselbrug te Zutphen	Witteveen+Bos	2007
6	/	Inspectie IJsselbrug Zutphen	Reef Bouw B.V.	2011
7	*22776*	Oude IJsselbrug – Schaderegistratie gemeente Zutphen	Nebest	2013
8	*23383-1*	Hoofdoverspanning en oostelijke aanbrug Oude IJsselbrug	Nebest	2013
9	*23383*	Westelijke aanbrug Oude IJsselbrug	Nebest	2013
10	/	Oude IJsselbrug Zutphen: Belastingproef	OSMOS Benelux	2014
11	*AD16-0744-BER-002*	Brugverbreding en Groot Onderhoud Oude IJsselbrug te Zutphen – Constructieve raakvlakken met bestaande boogbrug BIJZ/HIJZ	Bouwcombinatie Damsteegt – CT deBoer DIJZ	2017

Westelijke aanbruggen – tekeningen

- [11]-1940[GEEN DATUM]-K-B-308 (Verbouwing boogbrug en westelijke aanbruggen) 01200014.pdf
- [12]-1943[vermoedelijk]-I-ZUT-20 (Versterking hoofdliggers westelijke aanbruggen) 01400056.PDF
- [13]-1945[GEEN DATUM]-K-BR-16 (Doorsnede bestaande en nieuwe situatie westelijke aanbruggen) 00500067.pdf
- [14]-1945[vermoedelijk]-K-B-203 (Versterking lassen in diagonalen van hoofdligger westelijke aanbruggen) 00800023.pdf
- [15]-1945[vermoedelijk]-K-B-209 (Reparatie rijvloer en trottoirs 4e westelijke aanbrug) 00800019.pdf
- [16]-1945[vermoedelijk]K-B-210 (Reparatie rijvloer en trottoirs 3e westelijke aanbrug) 00800018.pdf
- [17]-1945[vermoedelijk]-K-B-212 (Reparatie rijvloer en trottoirs 6e westelijke aanbrug) 00800016.pdf
- [18]-1945[vermoedelijk]-K-B-213 (Reparatie rijvloer en trottoirs 7e westelijke aanbrug) 00900022.pdf
- [19]-1945-K-B-160 (Reperatie hoodliggers westelijke aanbruggen 11-10-1945) 00800042.pdf
- [20]-1945-K-B-199 (Herstelling onderrand hoofdligger 4e westelijke aanbrug 08-12-1945) 00700002.pdf
- [21]-1945-K-B-201 (Details herstelling onderrand hoofdligger 4e westelijke aanbrug 17-12-1945) 00800025.pdf
- [22]-1945-K-B-204 (Reparatie in diagonalen 4e en 5e westelijke aanbrug 18-12-1945) 00800022.pdf
- [23]-1945-K-B-208 (Reparatie rijvloer en trottoirs 5e westelijke aanbrug 1945) 00800020.pdf
- [24]-1945-K-B-211 (Reparatie rijvloer en trottoirs 2e westelijke aanbrug 24-11-1945) 00800017.pdf
- [25]-1945-K-B-254 (Overzicht reparatie rijvloer, trottoirs en leuning westelijke aanbruggen 17-11-1945) 01000007.pdf
- [26]-1946-K-B-207 (Reparatie rijvloer en trottoirs 1e westelijke aanbrug 16-09-1946) 00800021.pdf
- [27]-1960[GEEN DATUM]-K-B-285 (Rij-ijzers westelijke aanbruggen) 01400061.pdf
- [28]-2001[vermoedelijk]-Zu106.3-2001 Oude IJsselbrug - Aanpassing opleggingen westelijke aanbruggen 05-11-2001.pdf
- [29]-2003-BR01-435 (Vorm- en wapeningstekening uitbreiding westelijke landhoofd tpv fietspad 02-12-2003).pdf
- [30]-2004-BR01-414 (Overzicht werkzaamheden voetpad lightdek westelijke aanbrug IV tm IX 01-09-2004).PDF
- [31]-2004-BR01-415 (Uitvoering console fietspad lightdek westelijke aanbrug IV tm IX 01-09-2004) 01300030.PDF
- [32]-2004-BR01-416 (Uitvoering console fietspad lightdek westelijke aanbrug III 01-09-2004) 01300029.PDF
- [33]-2004-BR01-417 (Doorsnede leuningwerk voetpad lightdek westelijke aanbruggen 01-09-2004) 01300028.PDF
- [34]-2004-BR01-418 (Beproeving trekstangen midden console fietspad lightdek westelijke aanbruggen).PDF
- [35]-2004-BR01-419 (Overzicht lengte consoles fietspad lightdek westelijke aanbrug VIII en IX 01-09-2004).pdf
- [36]-2004-BR01-420 (Overzicht lengte consoles fietspad lightdek westelijke aanbrug VI en VII 01-09-2004) 01300025.pdf
- [37]-2004-BR01-421 (Overzicht lengte consoles fietspad lightdek westelijke aanbrug IV en V 01-09-2004) 01300024.pdf
- [38]-2004-BR01-422 (Overzicht lengte consoles fietspad lightdek westelijke aanbrug III 01-09-2004) 01300023.pdf
- [39]-2004-BR01-423 (Overzicht lengte kopregel fietspad lightdek westelijke aanbrug VIII en IX 01-09-2004).pdf
- [40]-2004-BR01-424 (Overzicht lengte kopregel fietspad lightdek westelijke aanbrug VI en VII 01-09-2004) 01300021.pdf
- [41]-2004-BR01-425 (Overzicht lengte kopregel fietspad lightdek westelijke aanbrug IV en V 01-09-2004) 01300020.pdf
- [42]-2004-BR01-426 (Overzicht lengte kopregel fietspad lightdek westelijke aanbrug III 01-09-2004) 01300019.pdf
- [43]-2004-BR01-436 (Nieuw leuningwerk voetpad lightdek westelijke aanbrug VII 01-09-2004) 01300010.pdf
- [44]-2004-BR01-437 (Nieuw leuningwerk voetpad lightdek westelijke aanbrug VIII 01-09-2004) 01300009.pdf
- [45]-2004-BR01-438 (Nieuw leuningwerk voetpad lightdek westelijke aanbrug IX 01-09-2004) 01300008.pdf
- [46]-2004-BR01-439 (Nieuw leuningwerk langs fietspad westelijk landhoofd 01-09-2004) 01300007.pdf
- [47]-2004-BR01-440 (Nieuw leuningwerk langs fietspad lightdek bij bedieningshuisje westelijke aanbrug III).pdf

Boogbrug – tekeningen

- [48]-1945[vermoedelijk]-K-B-132 (Overzicht oostelijke aanbrug, boogbrug en hefbrug) 01400053.pdf
- [49]-1945[vermoedelijk]-K-B-144 (Boogbrug hoofdligger en knooppunt O na 1945) 01400026.pdf
- [50]-1945[vermoedelijk]-K-B-145 (Boogbrug hoofdligger na 1945) 01400025.pdf
- [51]-1945[vermoedelijk]-K-B-146 (Boogbrug hoofdligger na 1945) 01400024.pdf
- [52]-1945[vermoedelijk]-K-B-147 (Boogbrug knooppunten boog en hangers na 1945) 01400023.pdf
- [53]-1945[vermoedelijk]-K-B-148 (Boogbrug boven windverband na 1945) 01400021.pdf
- [54]-1945[vermoedelijk]-K-B-149 (Boogbrug dwarsdragers na 1945) 01400022.pdf
- [55]-1945[vermoedelijk]-K-B-150 (Boogbrug portaal na 1945) 01400020.pdf
- [56]-1945[vermoedelijk]-K-B-151 (Boogbrug rijvloer na 1945) 01400016.pdf
- [57]-1945[vermoedelijk]-K-B-153 (Leuningen boogbrug en oostelijke aanbrug) 01400017.pdf
- [58]-1945[vermoedelijk]-K-B-169 (Herstellen leuning boogbrug) 00700012.pdf
- [59]-1945[vermoedelijk]-K-B-192 (Boogbrug rijwielpad met consoles) 01400018.pdf
- [60]-1945[vermoedelijk]-K-B-193 (Boogbrug voetpad met consoles) 01400008.pdf
- [61]-1945[vermoedelijk]-K-B-292 (Opleggingen hefbrug, boogbrug en oostelijke aanbrug) 01400041.pdf
- [62]-2016-160901_DEFINITIEF_DO-200_overzicht brug.pdf
- [63]-2017-AD16-0744-TEK-005 Revisie 1.0 Verbreding Oude IJsselbrug - DO Detailtekening console As 2' Boogbrug 07-04-2017.pdf
- [64]-2017-AD16-0744-TEK-011 Revisie A Verbreding Oude IJsselbrug - Dwarsdoorsnede boogbrug 29-03-2017.pdf
- [65]-2017-AD16-0744-TEK-012 Revisie 1 Verbreding Oude IJsselbrug - Doorsnede uitbreiding boogbrug 05-04-2017.pdf
- [66]-2017-AD16-0744-TEK-026 Revisie A Verbreding Oude IJsselbrug - Overzicht hoogteligging consoles boogbrug 27-06-2017.pdf
- [67]-2017-AD16-0744-TEK-027 Revisie 0 Verbreding Oude IJsselbrug - Overzicht versterking inritportalen boogbrug 18-07-2017.pdf
- [68]-2017-AD16-0744-TEK-064 Revisie 1.0 Verbreding Oude IJsselbrug - Opspanprotocol consoles boogbrug 20-06-2017.pdf
- [69]-2017-AD16-0744-TEK-070 Verbreding Oude IJsselbrug - Overzichtstekening toog 19-06-2017.pdf

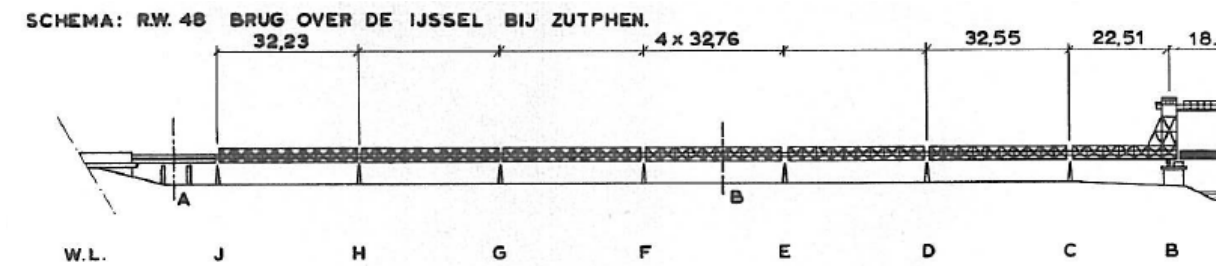
Oostelijke aanbrug – tekeningen

- [70]-1945[vermoedelijk]-K-B-191 (Oostelijke aanbrug) 01400015.pdf
- [71]-1950[vermoedelijk]-K-B-295 (Reparatie langsligger oostelijke aanbrug) 00800001.pdf
- [72]-2005-00420445-01000 C Ondersteuning oostelijke aanbrug 2005.pdf
- [73]-2005-00420445-01001 B Onderdelen ondersteuning oostelijke aanbrug 2005.pdf
- [74]-2005-00420445-01002 A Glijopleggingen en vulplaten oostelijke aanbrug 2005.pdf
- [75]-2015-15008-T-001-01-A Detailtekening verbreding voegspleet en vervanging oostelijke voegovergang 23-06-2015.pdf
- [76]-2015-00420445-01002 Glijopleggingen en vulplaten oostelijke aanbrug 2005.pdf
- [77]-2017-AD16-0744-TEK-021 Revisie A Verbreding Oude IJsselbrug - Voeg oost- vasthoud constructie 09-05-2017.pdf
- [78]-2017-AD16-0744-TEK-062 Versie 2.0 Verbreding Oude IJsselbrug - Dwarsprofielen landhoofd Oost 15-06-2017.pdf
- [79]-2017-AD16-0744-TEK-074 Revisie 1.0 - Maatvoering betonpoeren uitbreiding op oostelijk landhoofd 29-06-2017.pdf
- [80]-2017-AD16-0744-TEK-091 Revisie B - Overzicht voegovergang uitbreiding oostelijke aanbrug en oostelijk LH 29-06-2017.pdf
- [81]-2017-AD16-0744-TEK-104 Revisie 1.0 Verbreding Oude IJsselbrug - Aanpassing voegplaten landhoofd oost 14-03-2017.pdf
- [82]-2017-AD17-0299-01-100 Verbreding Oude IJsselbrug - Overzichtstekening landhoofd oost en trap 06-06-2017.pdf
- [83]-2017-AD17-0299-01-200 Verbreding Oude IJsselbrug - Overzichtstekening landhoofd oost 08-06-2017.pdf
- [84]-2017-AD17-0299-01-201 Revisie 01 Verbreding Oude IJsselbrug - Betontekening landhoofd oost 08-06-2017.pdf
- [85]-2017-AD17-0299-01-202 Verbreding Oude IJsselbrug - In te boren stekken bestaande landhoofd oost 06-06-2017.pdf

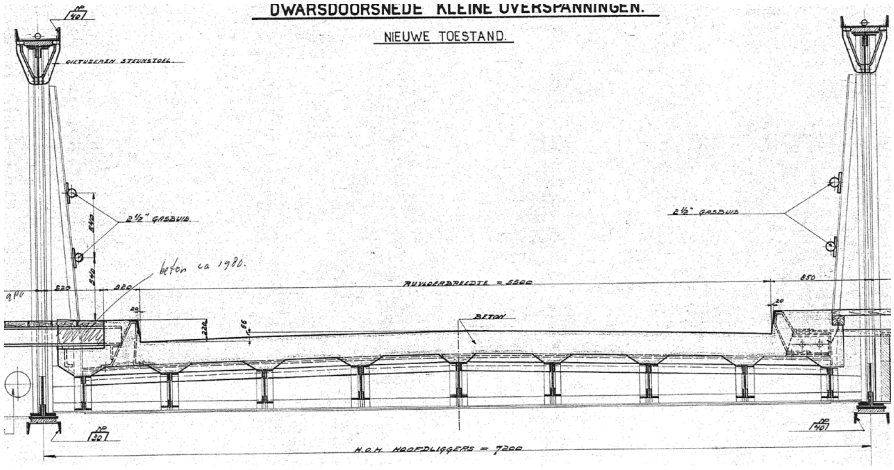
2.2 Hoofddraagconstructie

Westelijke aanbruggen

De westelijke aanbruggen zijn uitgevoerd als stalen vakwerkbruggen met een laaggelegen rijvloer en ze overspannen de uiterwaarden. De vakwerkbruggen hebben verschillende overspanningslengtes. In tabel 2.2 zijn de objectgegevens opgenomen.

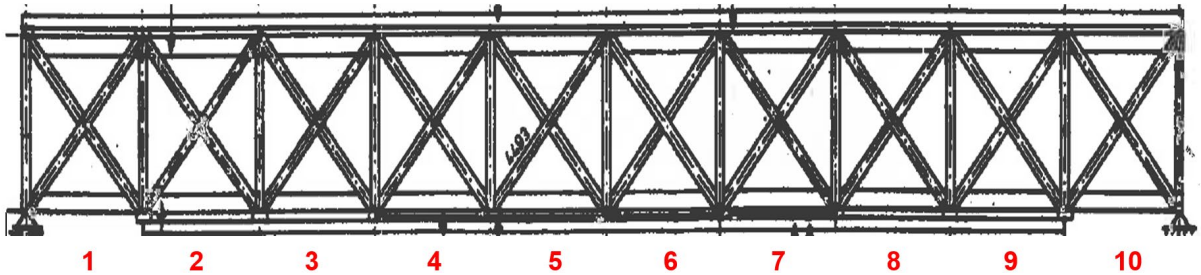


Figuur 2.5: Zijaanzicht zuidzijde westelijke aanbruggen (deel A betreft deel van spoorbrug)



Figuur 2.6: Dwarsdoorsnede hoofdrijbaan westelijke aanbruggen

In diverse documenten wordt verwezen naar velden van de vakwerkbruggen. In figuur 2.7 is de nummering van de velden opgenomen. De velden zijn oplopend genummerd van oost naar west. De bruggen worden aangeduid met de codering van de steunpunten bijvoorbeeld brug FG, zie figuur 2.5.



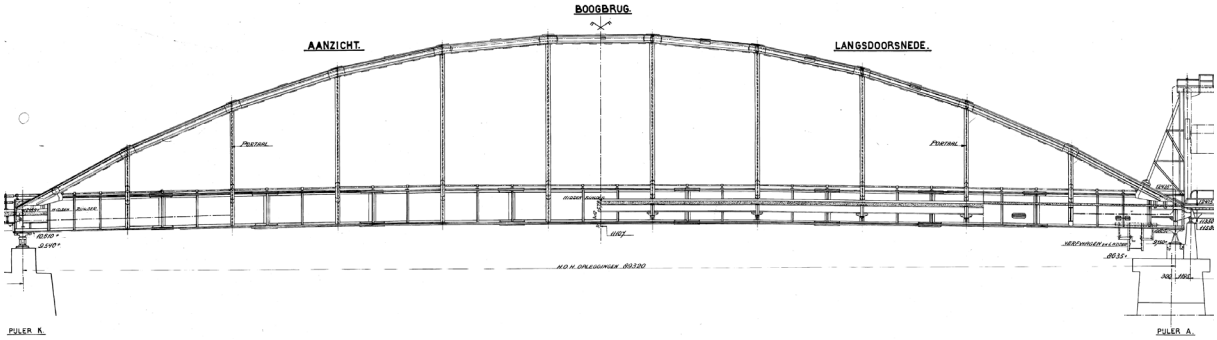
Figuur 2.7: Nummering velden vakwerkbruggen van oost naar west

Tabel 2.2: Objectgegevens westelijke aanbruggen

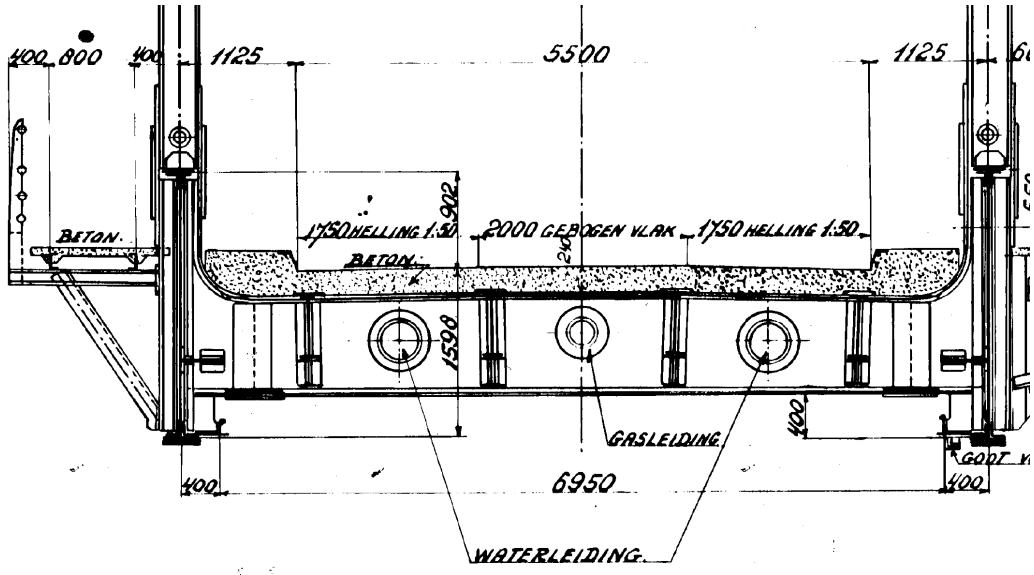
Objectgegevens	Beschrijving	Bron
Brugtype	Vakwerkbrug met laag-gelegen rijvloer	[9]
Rijvloer	Hoofdrijbaan – beton Fietspad – lightdek	[9], [12] en [29] t/m [47]
Overspanningslengte in [m]	32,23-4x 32,76-32,55-22,51	[9]
Bouwjaar	1890	[9]
Verbouwingen	Circa 1943 – aanbrengen versterkingen hoofdliggers en vervangen houten rijdek	[11] en [12]
	Na 1945 – herstellen oorlogsschade	[14] t/m [26]
	2004 – verbreding fietspad met lightdekconstructie	[29] t/m [47]

Boogbrug

De boogbrug is uitgevoerd als een stalen verstijfde staafboogbrug en overspant de IJssel. In tabel 2.3 zijn de objectgegevens opgenomen.



Figuur 2.8: Zijaanzicht noordzijde boogbrug



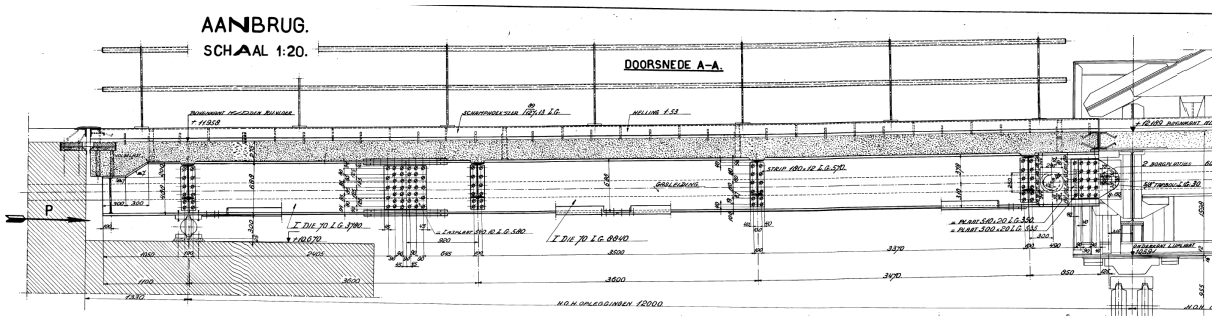
Figuur 2.9: Dwarsdoorsnede rijvloer hoofdrijbaan boogbrug

Tabel 2.3:Objectgegevens boogbrug

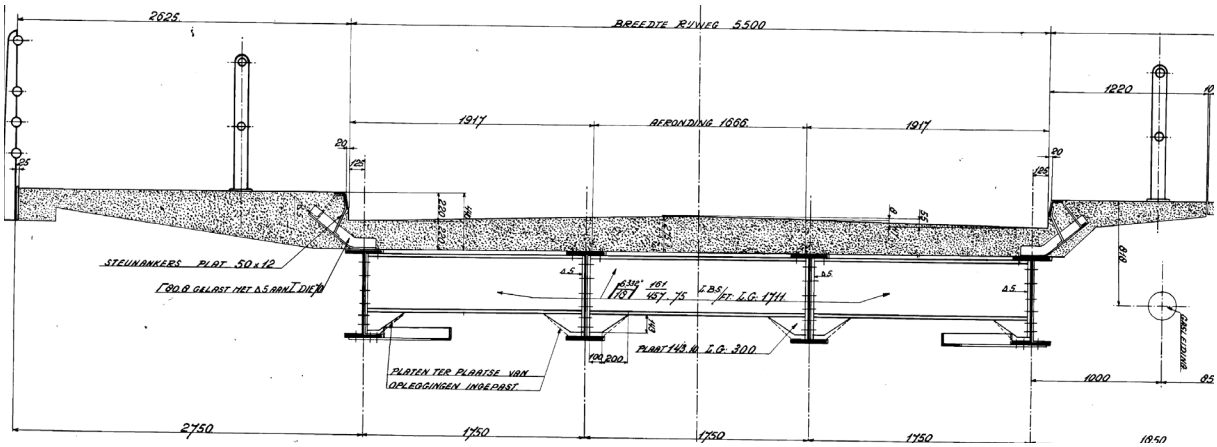
Objectgegevens	Beschrijving	Bron
Brugtype	Verstijfde staafboogbrug	[8]
Rijvloer	Hoofdrijbaan – beton Fietspad – vezelversterkte kunststof	[48] en [64]
Overspanningslengte in [m]	89,32	[8]
Bouwjaar	1947	[8]
Verbouwingen	2017 – verbreding fiets-/ voetpad	[62] t/m [69]

Oostelijke aanbrug

De oostelijke aanbrug is uitgevoerd als plaatliggerbrug en overspant de ontsluitingsweg van de IJsselkade. In tabel 2.4 zijn de objectgegevens opgenomen.



Figuur 2.10: Zijaanzicht noordzijde oostelijke aanbrug



Figuur 2.11: Dwarsdoorsnede hoofdrijbaan oostelijke aanbrug

Tabel 2.4: Objectgegevens oostelijke aanbrug

Objectgegevens	Beschrijving	Bron
Brugtype	Plaatliggerbrug	[8]
Rijvloer	Hoofdrijbaan – beton Fietspad – vezelversterkte kunststof	[70] en [77]
Overspanningslengte in [m]	12,0	[8]
Bouwjaar	1947	[8]
Verbouwingen	2017 – verbreding fiets-/voetpad	[77] t/m [85]

2.3 Constructieve inspectie

In opdracht van de gemeente Zutphen heeft Nebest B.V. een schade-inventarisatie uitgevoerd aan de Oude IJsselbrug in de gemeente Zutphen.

Scope van de werkzaamheden:

- Het uitvoeren van een schaderegistratie met foto's.
  - De onderzijde van de westelijke aanbruggen is geheel onder handbereik met een hoogwerker geïnspecteerd. De onderzijde van de hoofdoverspanning is met een drone op beeld vastgelegd en aan de hand van een 3d-meshmodel beoordeeld.
- Het uitvoeren van staaldiktemetingen aan verschillende onderdelen om een correct beeld van de (lokale) constructieve afname als gevolg van materiaalaantasting te krijgen. De materiaalafname is met behulp van een schuifmaat vastgelegd.

In deze inspectie zijn de volgende onderdelen niet meegenomen:

- Slagbomen en slagboomkasten.
- Hefgedeelte.
- Remming- en geleidewerk.
- Bedieningsgebouw.
- Installaties (ten behoeve van hefbrug en verlichting).
- Steunpunten (in beheer van ProRail).

Tijdens de inspectie is het bestaande conserveringssysteem visueel beoordeeld. Hierbij is geen enkele noodzaak vastgesteld om de dikte of hechting te bepalen. Het conserveringssysteem is in 2017 aangebracht, waarbij de brug is gestraald en met spuittechniek opnieuw is geconserveerd.

De resultaten van de inspectie zijn opgenomen in het rapport met kenmerk 38744-RAP-01.

3 BEOORDELING ARCHIEFSTUKKEN – RAPPORTAGES

De door de gemeente Zutphen verstrekte archiefstukken zijn bestudeerd en beoordeeld. In dit hoofdstuk is een korte samenvatting opgenomen van de resultaten, conclusies en aanbevelingen met betrekking tot constructieve veiligheid per rapport. Indien relevant, zullen er ook kanttekeningen worden geplaatst bij de inhoud van de rapporten.

3.1 Rapport – Bepaling restlevensduur Oude IJsselbrug te Zutphen, Rijkswaterstaat, 1990

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
1	/	Bepaling restlevensduur Oude IJsselbrug te Zutphen	Rijkswaterstaat	1990

Voorafgaand aan het plegen van groot onderhoud heeft de gemeente Zutphen besloten om in 1990 een onderzoek uit te laten voeren naar de technische capaciteit van de brug. In dit onderzoek is de statische sterkte van de brug onderzocht en is onderzoek gedaan naar de restlevensduur van de brugdelen. In de berekening worden de westelijke aanbruggen, de hefbrug en de boogbrug behandeld. Het onderzoek is uitgevoerd door Rijkswaterstaat in opdracht van de gemeente Zutphen.

3.1.1 Westelijke aanbruggen

In 1971 is materiaalonderzoek aan de westelijke aanbruggen uitgevoerd. Hierbij zijn de chemische samenstelling, de statische sterkte en de vermoeiingssterkte bepaald. Het welijzer is vervaardigd met behulp van het Bessemerproces, waardoor het koolstof- en zwavelgehalte relatief laag is en het fosfor- en het siliciumgehalte relatief hoog. Het materiaal heeft een inhomogeen karakter. Ondanks deze verschillen in samenstelling ligt de statische sterkte van het materiaal op het niveau van staal 37. Voor de statische berekening zijn de toelaatbare spanningen conform de VOSB 1963 gebruikt.

Van de westelijke aanbruggen zijn de bruggen met een overspanning van 31,7 m maatgevend geacht boven de aanbrug van 22 m. Voor de verkeersbelasting is uitgegaan van VOSB ’63 klasse 60 met een stootcoëfficiënt van 1,3 [-]. De restlevensduur is bepaald door de vermoeiingsschade die in het verleden is opgetreden in mindering te brengen op de vermoeiingssterkte van het onderdeel. Met de restcapaciteit en een inschatting van jaarlijkse vermoeiingsschade is de restlevensduur berekend.

Bepaling van de vermoeiingsschade is uitgevoerd aan de hand van de proeven die in 1971 zijn uitgevoerd aan de diagonalen van de aanbruggen. Voor de logaritmen van de spanningswisselingen tot breuk zijn vier lijnen getekend. Hiervan is de maatgevende beschreven met:

$$N = \left(\frac{45{,}1}{Spanningswisseling}\right)^{3{,}13} * 10^7$$

In bovenstaande beschrijving van een S-N lijn is alle vermoeiingsschade van voor 1971 verwerkt. Uit de berekening blijkt dat de grootste spanningswisselingen optreden in de trekdiagonalen van de middelste velden.

Het is niet bekend of het betonnen dek schuifvast is verbonden met de stalen liggers. In document [1] is ervan uitgegaan dat de dwarsdragers schuifvast verbonden zijn, de langsdragers niet. Het resultaat van de statische berekening, waarbij verkeersklasse 60 is gehanteerd, is dat de capaciteit van de dwarsdragers in de rijvloer met 11% wordt overschreden. In de berekening is opgenomen dat de rijvloer tenminste geschikt geacht wordt voor verkeersklasse 45. Het betonnen rijdek wordt niet maatgevend geacht. De restlevensduur voor de westelijke aanbruggen is vastgesteld op 30 jaar, vanaf 1990.

3.1.2 Boogbrug

De hoofdligger van de boogbrug is uitgevoerd in staal 52, de boog en hangers in staal 37. Voor de verkeersbelasting is uitgegaan van VOSB ’63 klasse 60 met een stootcoëfficiënt van 1,21 [-].

Het is niet bekend of het betonnen dek schuifvast is verbonden met de stalen liggers. In document [1] is ervan uitgegaan dat de dwarsdragers schuifvast verbonden zijn, de langsdragers niet. Het resultaat van de statische berekening, waarbij verkeersklasse 60 is gehanteerd, is dat de rijvloer tenminste geschikt geacht wordt voor verkeersklasse 45. Het betonnen rijdek wordt niet maatgevend geacht. De restlevensduur van de boogbrug is vastgesteld op ruim 35 jaar vanaf 1990.

3.2 Rapport – Bepaling restlevensduur staalconstructie aanbruggen Oude IJsselbrug, Witteveen+Bos, 2004

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
2	*ZU106-10 koea2/003*	Bepaling restlevensduur staal-constructie aanbruggen Oude IJsselbrug	Witteveen+Bos	2004

In 2004 heeft Witteveen+Bos aanvullend onderzoek uitgevoerd naar de restlevensduur van de westelijke aanbruggen. De resultaten uit rapport [1] zijn gebruikt voor het uitvoeren van een verfijnde schadeberekening.

In figuur 3.1 is een fragment uit [2] opgenomen. Hierin zijn de resultaten per onderdeel van de brug weergegeven. In vergelijking met de berekening uit document [1] is in document [2] wel de materiaalafname als gevolg van corrosie meegenomen.

Door de in 2004 bekende verdeling van vrachtverkeer heeft Witteveen+Bos een gunstigere verkeersbelasting aangehouden dan Rijkswaterstaat in 1990.

Tabel 2. Spanningswisselingen

onderdeel	$\Delta\sigma$ in N/mm^2	maximale afname door corrosie (1)	restlevensduur
bovenregel vakwerk	51,6 N/mm^2	10 %	> 100 jaar
onderregel vakwerk	46,2 N/mm^2	10 %	> 100 jaar
verticalen	42,1 N/mm^2	10 %	> 100 jaar
diagonalen (twee U-profielen)			
veld 1 en 10	54,7 N/mm^2	25 % (2)	> 100 jaar
veld 2 en 9	62,4 N/mm^2	25 % (2)	> 100 jaar
veld 3 en 8	76,3 N/mm^2	25 % (2)	> 100 jaar
veld 4 en 7	92,7 N/mm^2	25 % (2)	72 jaar
veld 5 en 6	110,5 N/mm^2	25 % (2)	26 jaar
diagonalen (twee platen)			
veld 1 en 10	45,6 N/mm^2	34 %	> 100 jaar
veld 2 en 9	58,8 N/mm^2	34 %	> 100 jaar
veld 3 en 8	69,0 N/mm^2	34 %	> 100 jaar
veld 4 en 7	95,7 N/mm^2	34 %	32 jaar
veld 5 en 6	116,2 N/mm^2	34 %	2 jaar

(1) Voor de periode 1971 tot 2004 wordt met een iets lager percentage gerekend dan voor de periode na 2004 (aangehouden wordt 85 % van het percentage voor de periode na 2004).

(2) Van de U-profielen zijn alleen de flenzen gemeten. Aangenomen wordt dat de lijven evenveel zijn aangetast. Daar waar gaten in de lijven zijn geconstateerd, wordt een hoger percentage voor de lijven aangehouden (30 %).

Figuur 3.1: Tabel 2, *ontleend aan [2]*

Uit bovenstaande resultaten blijkt dat de restlevensduur vooral afhankelijk is van de diagonalen in veld 5 en 6 van de brug.

Langsdragers rijvloer

Voor de langsdragers is de gewenste restlevensduur van 21 jaar (tot 2025) niet bereikt wanneer de materiaalafname groter is dan 16%. Hierbij is uitgegaan van een laststelsel van 30 ton. De langsdragers worden slechts belast door een enkele wagen.

Dwarsdragers rijvloer

Voor de dwarsdragers mag de materiaalafname maximaal 21% zijn. Als dit wordt overschreden, dan wordt de gewenste levensduur van 21 jaar (2025) niet bereikt.

Op basis van de berekeningsresultaten worden enkele aanbevelingen gedaan:

- Het regelmatig inspecteren van (de meest kritieke onderdelen van) de brug, zodat eventuele tekenen van overbelasting tijdig kunnen worden gesignaleerd. Indien de tekenen van overbelasting tijdig worden opgemerkt, kunnen maatregelen worden getroffen zoals het versterken of vervangen van het betreffende onderdeel.
- Het op voorhand vervangen van de meest kritieke staven in de vakwerken.
- Het weren van het (zware) vrachtverkeer op de aanbruggen. Door het weren van het vrachtverkeer (voertuigen boven de 10 ton en aslasten boven de 5 ton), zal de vermoeiingsschade nog slechts in een zeer laag tempo voortschrijden. Aangezien enkele staven kritiek zijn, wordt wel aanbevolen regelmatig inspecties uit te voeren, maar de kans op (tekenen van) overbelasting zal door het weren van het vrachtverkeer gering zijn.

In de berekening wordt gesteld dat alle bovenstaande maatregelen de mogelijkheid bieden om de brug tot na 2025 in gebruik te houden.

3.3 Rapport – Nader onderzoek schade Oude IJsselbrug te Zutphen, Witteveen+Bos, 2005

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
3	*ZU106-12/dijk/001*	Nader onderzoek schade Oude IJsselbrug te Zutphen	Witteveen+Bos	2005

In de oostelijke aanbrug is de door de gemeente Zutphen scheurvorming geconstateerd. Witteveen+Bos heeft onderzoek uitgevoerd naar de schade aan de oostelijke aanbrug. In aanvulling op dit onderzoek zijn ook de boogbrug en de westelijke aanbruggen visueel geïnspecteerd. Het onderzoek is uitgevoerd in januari 2005. Het doel van het onderzoek was om de gemeente inzicht te verschaffen in de oorzaak van de schade en tevens een uitspraak te doen over de constructieve veiligheid in relatie tot de toegestane verkeersbelasting.

In de oostelijke aanbrug is in twee van de vier liggers ernstige scheurvorming geconstateerd. Ook de westelijke aanbruggen, de hefbrug en de boogbrug zijn visueel geïnspecteerd op scheuren in de staalconstructie. Op basis van de berekeningen in combinatie met de opgetreden schade is geconcludeerd dat de reststerkte van de aanbrug zeer beperkt is. Uit de berekening volgt dat vermoeiing de hoofdoorzaak is van het bezwijken van twee van de vier hoofdliggers. Waarschijnlijk heeft een combinatie van de vermoeiingsschade en een aanrijding en/of overbelasting van de brug geleid tot het bezwijken van de hoofdliggers. Dit verklaart mogelijk de vrij plotselinge scheurvorming.

In de staalconstructie van de westelijke aanbruggen, de hefbrug en de boogbrug zijn geen scheuren geconstateerd. Wel zijn er diverse schades aanwezig.

Geadviseerd wordt om, gelet op de staat van de gehele brug (met name de westelijke aanbruggen en de boogbrug), in de toekomst zwaar verkeer op de brug tot een minimum te beperken zowel qua gewicht als frequentie. In het advies wordt gesproken over een lastbeperking van 30 ton. De gehele brug dient na iedere bijzondere gebeurtenis (bijvoorbeeld aanrijding) en minimaal tweemaal per jaar te worden gemonitord. Hierbij dient er rekening mee te worden gehouden dat in de komende jaren mogelijk grotere of kleinere reparaties uitgevoerd moeten worden.

3.4 Rapport – Controleberekening einddwarsdragers (Renovatie Oude IJsselbrug), Witteveen+Bos, 2005

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
4	*ZU106-13/duif/003*	Controleberekening einddwarsdragers (Renovatie Oude IJsselbrug)	Witteveen+Bos	2005

Tijdens inspecties is door middel van staaldiktemetingen geconstateerd dat de verbindingen van de einddwarsdragers aan de hoofdliggers (nabij de opleggingen) plaatselijk ernstig zijn gecorrodeerd. De statische berekening en de vermoeiingsberekening van deze aansluiting laten zien dat het kritiek is in de draagkracht van de brug, uitgaande van verkeersklasse 300.

Geadviseerd wordt om de dwarsdragers niet lokaal te versterken. Wel wordt geadviseerd om een regelmatige controle op scheuren in de staalconstructie en het betonnen rijdek uit te voeren.

Op meerdere plaatsen is het beton aan de onderzijde van de dwarsdrager afgebrokkeld. Er is geadviseerd om op deze locaties het beton te herstellen.

3.5 Rapport – Visuele inspectie Westelijke aanbrug van de IJsselbrug te Zutphen, Witteveen+Bos, 2007

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
5	*ZU106-16/beet2/005*	Visuele inspectie Westelijke aanbrug van de IJsselbrug te Zutphen	Witteveen+Bos	2007

In opdracht van de gemeente Zutphen heeft Witteveen+Bos in 2007 een visuele inspectie uitgevoerd aan de westelijke aanbruggen. Het doel van de inspectie was het vaststellen van de aanwezige schades en vaststellen of er schade is ontstaan aan de staalconstructie door vermoeiing.

Hieronder zijn de belangrijkste conclusies naar aanleiding van de inspectieresultaten opgenomen met betrekking tot de constructieve veiligheid:

- In de diagonalen en delen van de rijvloer is materiaalafname geconstateerd als gevolg van corrosie. Het corrosieproces is gestopt omdat in 2003 de gehele brug is geconserveerd.
- Aangetaste onderdelen zijn tijdens de renovatie in 2003 niet gerepareerd.
- Voegovergangen zijn niet voorzien van een voegband. Hierdoor zijn er open en dus lekkende voegen aanwezig.
- Als gevolg van de lekkende voegovergangen ontstaat er corrosieschade aan de onderflenzen van de einddwarsdragers.
- Schades aan de onderzijde van het betonnen rijdek zijn beperkt.
- Windverbanden bij brug 3 en brug 8 hangen door. Bij een hoge windbelasting kunnen de windverbanden gaan klapperen en op den duur gaan scheuren.
- Ter plaatse van enkele voegovergangen zijn ernstig gecorrodeerde bevestigingsmiddelen geconstateerd.

Hieronder zijn de belangrijkste adviezen opgenomen uit het inspectierapport met betrekking tot de constructieve veiligheid:

- Ontbrekende bouten aanbrengen in stalen hoofddraagconstructie boven de rijvloer.
- Bepalen restlevensduur van de diagonalen in de vakwerkliggers van de bruggen.
- Ontbrekende bouten aanbrengen en aanwezige bouten aanhalen met het juiste aanhaalmoment in de stalen hoofddraagconstructie van de rijvloer.
- Aanwezige oorlogsschade niet herstellen.
- Aanpassen windverbanden brug 3 en brug 8.
- Vaststellen staat bevestigingsmiddelen voegovergangen en indien nodig vervangen.
- Aanpassen voegovergangen zodat er geen open voegovergangen meer zijn.
- Uitvoeren van een gericht technische inspectie op rijdek brug 4 naar de oorzaak van natte plekken.

3.6 Rapport – Inspectie IJsselbrug Zutphen, Reef Bouw, 2011

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
6	/	Inspectie IJsselbrug Zutphen	Reef Bouw B.V.	2011

In 2011 heeft Reef Bouw B.V. een visuele inspectie uitgevoerd van de Oude IJsselbrug. In het inspectierapport worden de geconstateerde schades benoemd. De inspectieresultaten zijn niet vergeleken met de eerder uitgevoerde inspecties door Witteveen+Bos. Hierdoor heeft het inspectierapport weinig tot geen meerwaarde met betrekking tot het beoordelen van de constructieve veiligheid.

3.7 Rapport – Oude IJsselbrug – Schaderegistratie gemeente Zutphen, Nebest, 2013

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
7	*22776*	Oude IJsselbrug – Schaderegistratie gemeente Zutphen	Nebest B.V.	2013

In opdracht van gemeente Zutphen heeft Nebest B.V. in 2013 een schade-inventarisatie uitgevoerd aan de Oude IJsselbrug.

De werkzaamheden van Nebest omvatten destijds:

- Het uitvoeren van een schaderegistratie met foto's en afmetingen van aanbruggen en hoofdoverspanning (De onderzijde van de aanbrug wordt met een hoogwerker geïnspecteerd en de hoofdoverspanning met een verfwagen. De verfwagen wordt in de maand juni/juli vervangen).
- Het uitvoeren van een schaderegistratie met foto's en afmetingen van beide kademuren aan de westzijde van de brug.
- Het uitvoeren van staaldiktemetingen op de consoles van het fietspad ter plaatse van de aansluiting met het betonnen rijdek.
- Het uitvoeren van laagdiktemetingen aan de conservering op de bovenzijde van de boogconstructie van de hoofdoverspanning (inzet hoogwerker op rijdek met behulp van twee verkeersregelaars) en bij de vakwerkliggers van de aanbrug. Ook worden laagdiktemetingen aan de conservering uitgevoerd aan de onderzijde van de aanbrug en de hoofdoverspanning.
- Het uitvoeren van stroefheidsmetingen op het fietspad met inzet van een floor-slide-control.
- Het uitvoeren van een waterpassing op het fietspad om de zettingen te kunnen monitoren.

In de inspectierapportage zijn de diverse schadebeelden genoemd. Vermeld wordt dat de schadebeelden aan de onderzijde van de hoofdoverspanning (boogbrug) nog niet zijn opgenomen in het rapport in verband met het vervangen van de inspectiewagen.

In het inspectierapport wordt gesproken over ontbrekende en gecorrodeerde bouten ter plaatse van de voegovergangen. Ook is op een enkele locatie een ontbrekende bout/klinknagel geconstateerd.

3.8 Rapport – Hoofdoverspanning en oostelijke aanbrug Oude IJsselbrug, Nebest, 2013

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
8	*23383-1*	Hoofdoverspanning en oostelijke aanbrug Oude IJsselbrug	Nebest B.V.	2013

In opdracht van de gemeente Zutphen heeft Nebest B.V. een bureaustudie uitgevoerd van eerdere inspectie- en onderzoeksrapporten en van de hierin getrokken conclusies over de restlevensduur van de boogbrug en de onderdoorgang. Verder is binnen de bureaustudie op basis van de in 2013 uitgevoerde inspecties van deze objecten een nieuwe uitspraak gedaan over de restlevensduur van de boogbrug en de oostelijke aanbrug en over de onderhoudsbehoefte van deze objecten.

De restlevensduur aangaande vermoeiing van de hoofdoverspanning en de oostelijke aanbrug van de Oude IJsselbrug is bepaald op basis van eerdere constructieve beschouwingen/berekeningen aangevuld met visuele inspectiebevindingen in 2013. Alleen de hoofddraagconstructies van beide constructies zijn beschouwd.

3.8.1 Boogbrug

In 1990 heeft Rijkswaterstaat de restlevensduur bepaald voor de Oude IJsselbrug. Deze bleek 36 jaar te zijn. In de tussentijd is meerdere malen onderzoek gedaan naar de Oude IJsselbrug. Van de westelijke aanbruggen bleek de restlevensduur in 2004 beperkt. Daarom zijn momenteel een gewichtsbeperking van 20 ton en een hoogtebeperking van 3,1 m op de brug van toepassing. Naast personenvoertuigen zijn het alleen landbouwvoertuigen (≤ 20 ton) die gebruik mogen maken van de Oude IJsselbrug.

Deze verandering in combinatie met de staat van de constructie is meegenomen met de bepaling van de restlevensduur. Gesteld wordt dat met het huidige gebruik de theoretische levensduur voor vermoeiing minimaal 100 jaar is. Hierbij moet wel de huidige beperking van kracht blijven en regulier onderhoud uitgevoerd worden, zodat er geen materiaalafname optreedt door corrosie.

Er is alleen onderzoek gedaan naar de staalconstructie van de hoofdoverspanning. Het fietspad en de betonnen rijvloer zijn (ook eerder) niet beschouwd op vermoeiing.

3.8.2 Oostelijke aanbrug

Voor de oostelijke aanbrug is in 2005 met een berekening de restlevensduur aangaande vermoeiing bepaald. Toen bleek dat de maximale vermoeiingsschade al bereikt was, waardoor er geen restlevensduur meer was. Om dit te herstellen is de brug versterkt met drie extra stalen liggers die het dek volledig dragen. In de eerdere berekening is de oostelijke aanbrug berekend op verkeersklasse 30 (ontwerpvoertuig van 30 ton), de unity check was 0,46, zodat sprake is van een constructie die ruim voldoet aan (de oude) verkeersklasse 30.

Door het versterken van de brug is de constructie gewijzigd en hiermee ook de krachtsverdeling in de oostelijke aanbrug. Hierdoor kunnen de spanningswisselingen die berekend zijn in 2005 niet omgezet worden naar huidige spanningen in de liggers. Om de werkelijk optredende spanningen te bepalen is een nieuwe berekening nodig.

Gezien het huidige gebruik (gewichtsbeperking) en de versterking van het dek wordt gesteld dat aan de oude liggers geen relevante vermoeiingsschade meer optreedt. De nieuwe liggers zijn nog geen tien jaar oud en gedimensioneerd op verkeersklasse 30 ('*30 ton*').

Nebest stelt dat de vermoeiingscapaciteit van de oostelijke aanbrug de komende 50 jaar geen probleem zal vormen bij het huidige gebruik.

3.9 Rapport – Westelijke aanbrug Oude IJsselbrug, Nebest, 2013

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
9	*23383*	Westelijke aanbrug Oude IJsselbrug	Nebest B.V.	2013

In opdracht van de gemeente Zutphen heeft Nebest B.V. onderzoek verricht aan de westelijke aanbruggen. De restlevensduur van de westelijke aanbrug is bepaald door gebruik te maken van eerder uitgevoerde vermoeiingsberekeningen [1] en [2] en door voor ontbrekende gegevens een aanname te doen.

De rapporten van Rijkswaterstaat [1] en Witteveen+Bos [2] zijn hiervoor als uitgangspunt gebruikt, aangevuld met de door Nebest uitgevoerde visuele inspectie en staaldiktemetingen van de vakwerkconstructie in 2013. In deze beschouwing is geen herberekening uitgevoerd.

In de rapportage is de restlevensduur van de westelijke aanbruggen bepaald op basis van eerder gemaakte vermoeiingsberekeningen uit 1990 en 2004. De restlevensduur van de brug bleek in 2004 zeer beperkt. Daarom zijn momenteel een gewichtsbeperking van 20 ton en een hoogtebeperking van 3,1 m op de brug van toepassing. Naast personenvoertuigen zijn het alleen landbouwvoertuigen (≤ 20 ton) die gebruik mogen maken van de Oude IJsselbrug.

De invloed van de eerdere vermoeiingsbelasting blijft. Echter, vermoeiingsbelasting zal op de staalconstructie met de bovenstaande beperkingen in een lager tempo dan voorheen optreden. In de eerdere berekening uit 2004 bleek al een vermoeiingsschade van uc = 0,93. Bij een unity check (uc) van 1 of groter wordt geacht dat een constructiedetail/onderdeel constructief faalt aangaande vermoeiing. Tijdens de gericht technische inspectie uitgevoerd door Nebest is gebleken dat de onderdelen met de meeste materiaalafname al zijn vervangen/gerepareerd.

Door deze reparaties is de vermoeiingsschade verlaagd tot de afname die voor andere onderdelen is gevonden. Met de materiaalafname die op dit moment aanwezig is en de aanwezige gewichtsbeperking is de restlevensduur voor de westelijke aanbruggen theoretisch nog zeker 50 jaar; dit geldt alleen bij een gelijkblijvend gebruik van de Oude IJsselbrug.

Uit de vermoeiingsanalyse blijkt dat de brug voldoende restcapaciteit heeft om de komende jaren te blijven functioneren. De aanwezige gewichtsbeperkingen moeten echter gehandhaafd blijven, tenzij door herberekeningen wordt onderbouwd dat een zwaardere belasting toelaatbaar is.

Indien de beoogde restlevensduur meer dan tien jaar bedraagt, is het noodzakelijk om op termijn groot onderhoud uit te voeren om corrosie en afroesting van stalen delen en degradatie van gewapend beton te voorkomen.

3.10 Rapport – Oude IJsselbrug Zutphen: Belastingproef, OSMOS Benelux, 2014

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
10	/	Oude IJsselbrug Zutphen: Belastingproef	OSMOS Benelux	2014

In 2014 is in opdracht van de gemeente Zutphen een proefbelasting uitgevoerd op één van de westelijke aanbruggen. In het rapport is niet opgenomen welke overspanning dit is. Er zijn meetinstrumenten aangebracht in het midden van de overspanning aan de onderzijde van de onderregel van zowel het zuidelijke als noordelijke vakwerk. Ook zijn er meetinstrumenten aangebracht op de diagonalen van de “middelste” velden. Welke dit exact zijn, wordt niet beschreven in de rapportage.

De resultaten van de metingen worden gepresenteerd in vervormingen uitgedrukt in µm. Geconcludeerd wordt dat de noordelijke vakwerkligger een grotere doorbuiging vertoont dan de zuidelijke vakwerkligger bij een gelijke proefbelasting. Een belangrijke conclusie die wordt getrokken is dat de vervormingen reversibel zijn.

Geadviseerd wordt om de metingen met een periode van zes maanden uit te breiden gezien de resultaten. Ook wordt geadviseerd om een herberekening van de brug uit te laten voeren gebaseerd op de meetresultaten. Hier wordt verder geen nadere toelichting op gegeven. Men bedoelt waarschijnlijk dat het constructiemodel (“rekenmodel”) dat wordt gehanteerd voor de herberekening, kan worden gevalideerd op basis van de meetresultaten.

Met name het laatste advies (uitvoeren van herberekening op basis van meetresultaten) is belangrijk. In het rapport ontbreekt de relatie tussen de meetresultaten en een theoretisch rekenmodel. Om een dergelijke relatie te kunnen leggen is het noodzakelijk dat de exacte positie van de meetinstrumenten bekend is; dit is helaas niet het geval. De uitgevoerde proefbelasting geeft nu geen inzicht in de restlevensduur van de brug en is niet goed bruikbaar om een constructiemodel van de brug te valideren.

3.11 Rapport – Constructieve raakvlakken met bestaande boogbrug BIJZ/HIJZ, Bouwcombinatie Damsteegt – CT deBoer DIJZ, 2017

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
11	*AD16-0744-BER-002*	Brugverbreding en Groot Onderhoud Oude IJsselbrug te Zutphen – Constructieve raakvlakken met bestaande boogbrug BIJZ/HIJZ	Bouwcombinatie Damsteegt – CT deBoer DIJZ	2017

In 2017 is in opdracht van de gemeente Zutphen het bestaande fiets-/voetpad aan de hefbrug, boogbrug en oostelijke aanbrug verbreed. In deze rapportage zijn constructieonderdelen van de bestaande boog- en hefbrug op de raakvlakken met de nieuwe constructieonderdelen van de uitbreiding van de brug getoetst.

De volgende onderdelen zijn getoetst:

- Verankeringspunt van de trekstangen M42 in de dwarsdragers van de boogbrug.
- Onderflens 300 x 32 mm van de dwarsdrager van de boogbrug.
- Hoeklijnen 130 x 130 x 16 mm en flens 300 x 15 mm van brughangers ter plaatse van drukpunt consoles voet- en fietspad.
- Boutverbinding M16 [8.8] kopplaat – lijfplaat hoofdligger.
- Console fietspad hefbrug.
- Boogconstructie van de bestaande boogbrug.

De constructieonderdelen van de bestaande bruggen zijn getoetst conform gebruiksniveau gevolgklasse CC2 met een referentieperiode van 30 jaar conform NEN 8700 en RBK 1.3.

In de berekening wordt geconcludeerd dat de getoetste constructieonderdelen voldoen.

4 BEOORDELING CONSTRUCTIEVE RISICO'S

Per overspanning (brugtype) is een risico-inventarisatie opgesteld. In de risico-inventarisatie zijn enkel de risico's benoemd die een relatie hebben met de constructieve veiligheid van de bruggen. Uit de risico-inventarisatie volgt een risicoprofiel per brugtype met een uiteindelijke risicoclassificatie.

In tabel 4.1 is de beschrijving opgenomen van de gehanteerde risicoklassen voor het beoordelen van de constructieve risico's.

Tabel 4.1: Beschrijving risicoklassen

Risicoacceptatie	
Laag	Gevolg(en) constructief risico zeer beperkt
Gemiddeld	Gevolg(en) constructief risico beperkt
Verhoogd	Gevolg(en) constructief risico groot
Kritiek	Gevolg(en) constructief risico zeer groot

4.1 Westelijke aanbruggen

Risico-inventarisatie			
Risico	*Oorzaak*	*Gevolg*	*Risicoklasse*
Staalconstructie bestaat uit samengestelde staalprofielen die moeilijk bereikbaar zijn tijdens inspectie	Ontwerp brugconstructie, keuze verbindingsdetails	(Verregaande) corrosieschade wordt (te) laat opgemerkt, materiaal-afname leidt tot lagere capaciteit constructieonderdeel	Verhoogd
Constructieve schades worden niet tijdig gerepareerd	Planning groot onderhoud, budget	Lokaal bezwijken constructie-onderdeel	Verhoogd
Periodieke inspectie kritieke constructiedelen wordt niet uitgevoerd	Planning groot onderhoud, budget	Lokaal bezwijken constructie-onderdeel	Verhoogd
Verkeersintensiteit neemt toe	Verandering in gebruik brug, afsluiting andere toegangs-wegen centrum Zutphen	Vermoeiingsschade treedt sneller op dan aangenomen	Gemiddeld
Vervanging bruggen wordt uitgesteld (> 20 jaar)	Budget, planvorming	Vermoeiingsschade neemt verder toe	Verhoogd
Incidenteel wordt lastbeperking overschreden (20 ton voertuig-gewicht) – betonnen rijdek	Zwaar voertuig rijdt brug op	Capaciteit betonnen brugdek wordt overschreden	Laag
Incidenteel wordt lastbeperking overschreden (20 ton voertuig-gewicht) – staalconstructie rijvloer	Zwaar voertuig rijdt brug op	Capaciteit staalconstructie rijvloer wordt overschreden	Gemiddeld
Incidenteel wordt lastbeperking overschreden (20 ton voertuig-gewicht) – staalconstructie vakwerkliggers	Zwaar voertuig rijdt brug op	Capaciteit staalconstructie vakwerk-liggers wordt overschreden	Gemiddeld
Lastbeperking (20 ton voertuig-gewicht) wordt opgeheven	Verandering in gebruik brug	Constructiedelen worden zwaarder belast, vermoeiingsschade in kritieke constructiedelen neemt toe	Kritiek
Oorlogsschade aanwezig	Schade aan constructie als gevolg van oorlogshandelingen	Lokaal verminderde capaciteit constructieonderdeel	Gemiddeld
Risicoklasse westelijke aanbrug			**Verhoogd**

De westelijke aanbruggen worden geclassificeerd als bruggen met een verhoogd risico betreffende de constructieve veiligheid.

4.2 Boogbrug

Risico-inventarisatie			
Risico	*Oorzaak*	*Gevolg*	*Risicoklasse*
Staalconstructie bestaat uit samengestelde staalprofielen die moeilijk bereikbaar zijn tijdens inspectie	Ontwerp brugconstructie, keuze verbindingsdetails	(Verregaande) corrosieschade wordt (te) laat opgemerkt, materiaal-afname leidt tot lagere capaciteit constructieonderdeel	Gemiddeld
Constructieve schades worden niet tijdig gerepareerd	Planning groot onderhoud, budget	Lokaal bezwijken constructie-onderdeel	Laag
Periodieke inspectie hoofd-draagconstructie wordt niet uitgevoerd	Planning groot onderhoud, budget	Lokaal bezwijken constructie-onderdeel	Laag
Verkeersintensiteit neemt toe	Verandering in gebruik brug, afsluiting andere toegangs-wegen centrum Zutphen	Vermoeiingsschade treedt sneller op dan aangenomen	Laag
Incidenteel wordt lastbeperking overschreden (20 ton voertuig-gewicht) – betonnen rijdek	Zwaar voertuig rijdt brug op	Capaciteit betonnen brugdek wordt overschreden	Laag
Incidenteel wordt lastbeperking overschreden (20 ton voertuig-gewicht) – staalconstructie rijvloer	Zwaar voertuig rijdt brug op	Capaciteit staalconstructie rijvloer wordt overschreden	Laag
Incidenteel wordt lastbeperking overschreden (20 ton voertuig-gewicht) – staalconstructie boog	Zwaar voertuig rijdt brug op	Capaciteit staalconstructie boog wordt overschreden	Laag
Lastbeperking (20 ton voertuig-gewicht) wordt opgeheven	Verandering in gebruik brug	Constructiedelen worden zwaarder belast, vermoeiingsschade in kritieke constructiedelen neemt toe. Uit verificatieberekeningen volgt dat de brug geschikt is voor verkeersklasse 45. Er is geen verificatieberekening conform NEN 8700 aanwezig waarin is bepaald wat de maximaal toelaat-bare (mobiele) belasting is op de brug.	Verhoogd
Risicoklasse boogbrug			**Laag**

De boogbrug wordt geclassificeerd als een brug met een laag risico betreffende de constructieve veiligheid.

4.3 Oostelijke aanbrug

Risico-inventarisatie			
Risico	*Oorzaak*	*Gevolg*	*Risicoklasse*
Constructieve schades worden niet tijdig gerepareerd	Planning groot onderhoud, budget	Lokaal bezwijken constructie-onderdeel	Laag
Periodieke inspectie hoofd-draagconstructie wordt niet uitgevoerd	Planning groot onderhoud, budget	Lokaal bezwijken constructie-onderdeel	Laag
Verkeersintensiteit neemt toe	Verandering in gebruik brug, afsluiting andere toegangs-wegen centrum Zutphen	Vermoeiingsschade treedt sneller op dan aangenomen	Laag
Incidenteel wordt lastbeperking overschreden (20 ton voertuig-gewicht) – betonnen rijdek	Zwaar voertuig rijdt brug op	Capaciteit betonnen brugdek wordt overschreden	Laag
Incidenteel wordt lastbeperking overschreden (20 ton voertuig-gewicht) – staalconstructie rijvloer	Zwaar voertuig rijdt brug op	Capaciteit staalconstructie rijvloer wordt overschreden	Laag
Lastbeperking (20 ton voertuig-gewicht) wordt opgeheven	Verandering in gebruik brug	Constructiedelen worden zwaarder belast, vermoeiingsschade in kritieke constructiedelen neemt toe. Er is geen verificatieberekening conform NEN 8700 aanwezig waarin is be-paald wat de maximaal toelaatbare (mobiele) belasting is op de brug.	Gemiddeld
Risicoklasse oostelijke aanbrug			**Laag**

De oostelijke aanbrug wordt geclassificeerd als een brug met een laag risico betreffende de constructieve veiligheid.

5 WESTELIJKE AANBRUGGEN – VERMOEIINGSBEREKENING

De resultaten van de bureaustudie laten zien dat de grootste constructieve risico's zich voordoen bij de westelijke aanbruggen. Met name de resultaten van de in het verleden uitgevoerde vermoeiingsberekeningen duiden op een verhoogd risico op vermoeiingsschade aan diverse constructieonderdelen van de aanbruggen. In de archiefberekeningen zijn deze constructieonderdelen als kritisch aangeduid. Om meer inzicht te krijgen in de vermoeiingslevensduur van de kritische constructieonderdelen, en dus de restlevensduur van de westelijke aanbruggen, wordt de vermoeiingsberekening uit 2013 (opgesteld door Nebest [9]) geactualiseerd.

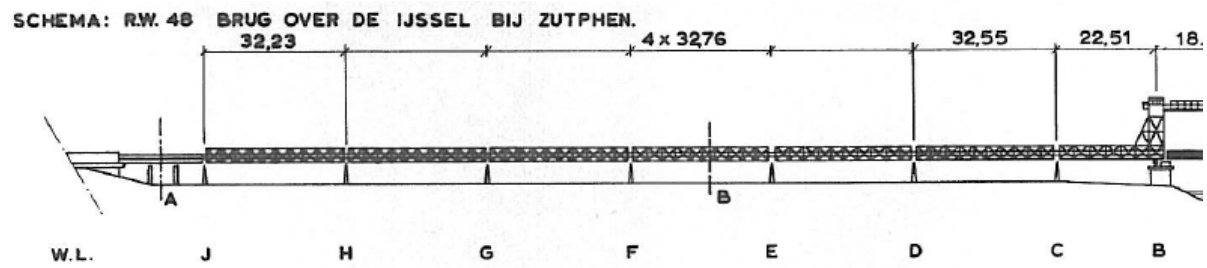
5.1 Inspectie hoofddraagconstructie westelijke aanbruggen

De hoofddraagconstructie van de westelijke aanbruggen is op 18, 19 en 20 mei 2020 visueel geïnspecteerd. De resultaten van de inspectie zijn opgenomen in de inspectierapportage met kenmerk 38744-RAP-01.

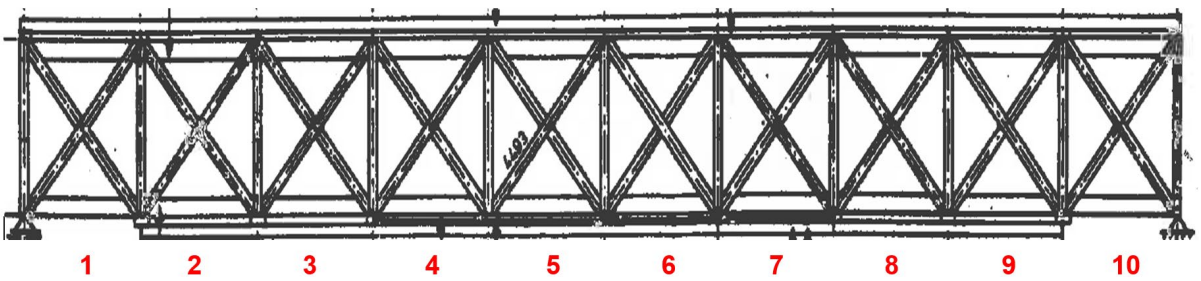
Geïnspecteerd zijn de stalen vakwerkconstructie van de overspanningen en het gewapend betonnen rijdek dat wordt ondersteund door stalen langsdragers en dwarsdragers.

5.1.1 Vakwerk

In figuur 5.1 en figuur 5.2 zijn de aangehouden benamingen van de bruggen weergegeven. De zes westelijke aanbruggen bestaan uit tien velden. Hiervan zijn de diagonalen van veld 5 en 6 maatgevend.



Figuur 5.1: Zijaanzicht westelijke aanbruggen (deel A is een deel van naastgelegen spoorbrug)



Figuur 5.2: Nummering velden vakwerkbruggen van oost naar west

Ieder veld bevat diagonalen die bestaan uit twee U-profielen (drukdiagonalen) en twee stalen strippen (trekdiagonalen). In figuur 5.3 en figuur 5.4 zijn foto's opgenomen van de diagonalen van een willekeurig veld.



Figuur 5.3: Aanzicht diagonalen



Figuur 5.4: Kruising U-profielen en strippen

Tijdens de inspectie zijn van de diagonalen in de velden 5 en 6 de staaldiktes opgemeten. In de bijlage zijn de volledige metingen weergegeven; deze zijn samengevat in tabel 5.1.

Tabel 5.1: Overzicht staaldiktemetingen inspectie 2020

Overspanning		Veld	Type	Afname [%]	Type	Afname [%]
Brug CD	Noord	Veld 5	Plaat	9%	U	8%
		Veld 6	Plaat	12%	U	16%
Brug CD	Zuid	Veld 5	Plaat	11%	U	7%
		Veld 6	Plaat	12%	U	16%
Brug DE	Noord	Veld 5	Plaat	10%	U	35%
		Veld 6	Plaat	24%	U	25%
Brug DE	Zuid	Veld 5	Plaat	6%	U	6%
		Veld 6	Plaat	11%	U	9%
Brug EF	Noord	Veld 5	Plaat	10%	U	35%
		Veld 6	Plaat	24%	U	25%
Brug EF	Zuid	Veld 5	Plaat	11%	U	26%
		Veld 6	Plaat	9%	U	6%
Brug FG	Noord	Veld 5	Plaat	7%	U	9%
		Veld 6	Plaat	13%	U	6%
Brug FG	Zuid	Veld 5	Plaat	7%	U	10%
		Veld 6	Plaat	8%	U	12%
Brug GH	Noord	Veld 5	Plaat	9%	U	23%
		Veld 6	Plaat	13%	U	13%
Brug GH	Zuid	Veld 5	Plaat	10%	U	9%
		Veld 6	Plaat	8%	U	8%
Brug HJ	Noord	Veld 5	Plaat	9%	U	6%
		Veld 6	Plaat	6%	U	6%
Brug HJ	Zuid	Veld 5	Plaat	5%	U	6%
		Veld 6	Plaat	9%	U	9%

5.1.2 Onderzijde dek

Tijdens de inspectie is de onderzijde van het dek op handafstand geïnspecteerd. Om de materiaalafname te bepalen zijn de flenzen van zowel de langs- als de dwarsdragers gemeten. Hiervan zijn vooral de liggers met aantasting beschouwd.

Uit de inspectie volgt dat de langsdragers aan de buitenzijde het meest zijn aangetast; deze worden blootgesteld aan dooizouten en regenwater. Bij de dwarsdragers is vooral materiaalafname geconstateerd aan de einddwarsdragers ter plaatse van de steunpunten; hier treedt lekkage rond de voegen op.

In het algemeen is de materiaalafname beperkt tot < 10%. Lokaal is deze groter tot circa 35%. Meestal is dit over een deel van de flens.

5.2 Uitgangspunten vermoeiingsberekening

In dit hoofdstuk zijn de randvoorwaarden en uitgangspunten aangegeven die zijn gebruikt voor de uitgevoerde vermoeiingsberekening in dit rapport.

5.2.1 Algemeen

Het beoogde vervangingsjaar van de westelijke aanbruggen is 2032. De aanbruggen worden ingedeeld in gevolgklasse CC3 met een referentieperiode van 15 jaar (minimum referentieperiode).

Voor de rijbaanindeling wordt uitgegaan van de bestaande situatie.

5.2.2 Normen, richtlijnen en voorschriften

De volgende algemene normen zijn gebruikt:

NEN-EN 1990	Eurocode: Grondslagen van het constructief ontwerp, 2011. 1990+A1+A1/C2 en 1990+A1/C2/NB
NEN-EN 1991-1	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen, 2011. 1991-1+C1 en 1991-1+C1/NB
NEN-EN 1991-2	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen, 2015. 1991-2+C1:2011 en 1991-2+C1/NB:2016
NEN-EN 1993-1-1	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen, 2016. 1993-1-1+C2/A1 en 1993-1-1+C2/NB
NEN-EN 1993-1-9	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-9: Vermoeiing, 2012. 1993-1-9+C2 en 1993-1-9:2006/NB:2011
NEN-EN 1993-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 2: Stalen bruggen, 2016. 1993-2+C1 en 1993-2+C1/NB

De volgende specifieke normen voor bestaande bouw zijn gebruikt:

NEN 8700	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen, 2011.
NEN 8701	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Belastingen, 2011.

Verder is gebruikgemaakt van de richtlijnen en/of artikelen:

RBK 1.1	Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken, document nr. RTD 1006:2013.

5.2.3 Overige aspecten

- Bepaling van de vermoeiingsschade is uitgevoerd aan de hand van proeven die in 1971 [1] zijn uitgevoerd aan de diagonalen van de aanbruggen. Voor de logaritmen van de spanningswisselingen tot breuk zijn vier lijnen getekend. Hiervan is de maatgevende beschreven met:

  $$N = \left(\frac{45{,}1}{Spanningswisseling}\right)^{3{,}13} * 10^7$$

  In bovenstaande beschrijving van een S-N lijn is alle vermoeiingsschade van voor 1971 verwerkt. Voor het berekenen van de vermoeiingsschade wordt de bovengenoemde S-N lijn toegepast.

- De aanpak uit de in 2013 uitgevoerde vermoeiingsberekening [9] wordt gehanteerd voor het bepalen van de restlevensduur van de westelijke aanbruggen.

5.3 Bepaling restlevensduur westelijke aanbrug

Op basis van de bureaustudie en de resultaten van de visuele inspectie wordt de verwachte restlevensduur van de westelijke aanbruggen bepaald. De verwachte restlevensduur wordt bepaald door een lineaire cumulatieve schadeberekening uit te voeren gebaseerd op de Palmgren-Miner-regel conform NEN-EN 1993-1-9 Bijlage A.

5.3.1 Aantal voertuigen

Voor de bepaling van de restlevensduur is de vermoeiingsberekening van document [9] als basis aangehouden. Hierbij is voor de berekening van de vermoeiingsschade tot 1990 uitgegaan van de vermoeiingsberekening van Rijkswaterstaat, in combinatie van verkeerstellingen tot 2004. Voor de bepaling van de restlevensduur zijn geen nieuwe berekeningen gemaakt. De staalspanningen uit berekeningen [1] en [2] zijn omgerekend naar staalspanningen als gevolg van de huidige verkeersbelasting en de te verwachten verkeersbelasting. In de berekening van de staalspanningen is de invloed van eventuele materiaalafnames opgenomen.

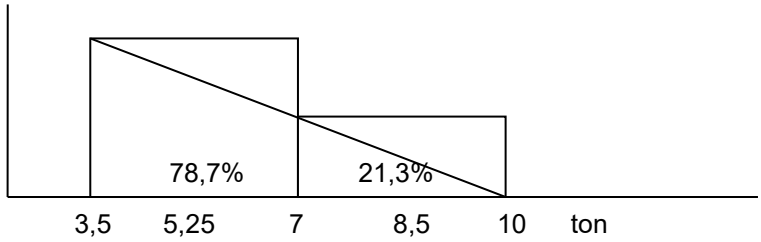
Het aantal voertuigen dat de brug passeert per dag is weergegeven in tabel 5.2.

locatie	2012	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
Oude IJsselbrug	17.344	16.884	16.452	16.818	15.192	15.534	15.570	16.450	16.306	15.129	14.500

Tabel 5.2: Verkeerstelling voertuigen per dag

Het totaal aantal voertuigen in 2012 was 17.344. De verdeling van de aslasten is niet bekend. In document [2] is ervan uitgegaan dat 90% van de voertuigen < 3,5 ton is. Hiervan is in deze berekening ook uitgegaan.

Het aantal voertuigen > 3,5 ton = 0,1 * 17.344 = 1.734 voertuigen per dag. Voor het aantal voertuigen tussen de 3,5 en 10 ton is het volgende lineaire verloop aangehouden:



Het aantal voertuigen van 5,25 ton = 78,7%
Het aantal voertuigen van 8,5 ton = 21,3%

Voor de voertuigen tussen de 10 en 20 ton is ook een lineaire verdeling aangehouden. Dit geeft de volgende verhoudingen:

Het aantal voertuigen van 12,5 ton = 75%
Het aantal voertuigen van 17,5 ton = 25 %

De kans dat twee voertuigen elkaar passeren is op de volgende wijze beschreven:

Het totale aantal voertuigen boven de 3,5 ton op de brug is 1.734. Bij een werkdag van 10 uur is dit elke 20,7 seconde een voertuig. Bij een snelheid van 40 km/h (11,1 m/s) is de gemiddelde afstand tussen de vrachtwagens dan 11,1 * 20,7 = 229,8 m. Uitgaande van een invloedslengte van 10 m is de kans dat twee vrachtwagens elkaar op één punt passeren dan 10 / 229,8 = 0,0435 [-].

5.3.2 Te toetsen onderdelen

Diagonalen

In document [2] is een vermoeiingsschade gevonden van 0,935. Dit komt voor bij de diagonalen van brug DE in veld 5 - Noord waar een materiaalafname van 34% is gevonden in 2004.

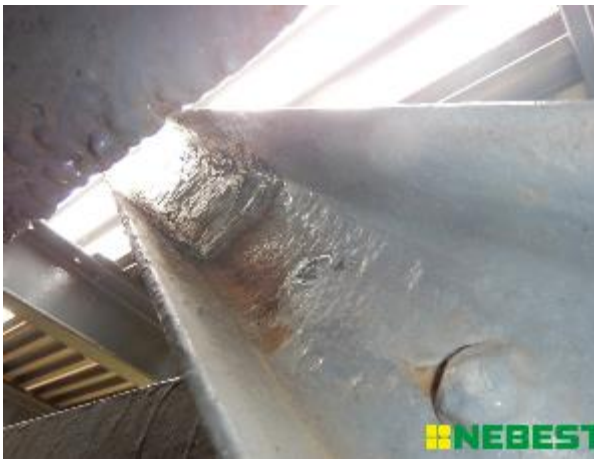
Voor andere onderdelen was minder materiaalafname aanwezig. Hierdoor is de vermoeiingsschade voor deze onderdelen in 2004 ook lager. Voor de schadeberekening in de periode 2004-2014 is de gevonden materiaalafname vergeleken met de materiaalafname in 2004. In tabel 5.3 is een overzicht gegeven met de diagonalen waar in 2004 de meeste materiaalafname is geconstateerd. In de tabel is tevens de gemeten materiaalafname in 2020 weergegeven.

In 2017 zijn de westelijke aanbruggen opnieuw geconserveerd. Een groot deel van de corrosieschade is hierdoor niet meer zichtbaar. Door de inspecteurs zijn ook de aansluitingen ter plaatse van de boven- en onderrand van de vakwerkliggers kritisch bekeken. De aanwezigheid van de nieuwe conservering op de staalconstructie en het nader inspecteren van de aansluitingen van de diagonalen aan de boven- en onderrand, verklaart deels de verschillen in de gemeten materiaalafnames tussen 2013 en 2020.

Tabel 5.3: Overzicht materiaalafname

	Locatie	Afname 2004	Afname 2013	Afname 2020	Figuurnr.
U-profiel	**DE - veld 6 - N**	**25% (gat in lijf)**	**9% (gat opgevuld)**	**25%**	7.1
	EF - veld 5 - N	19% (gat in lijf)	8% (gat opgevuld)	35%	7.2
	FG - veld 5 - Z	**8%**	**19%**	**10%**	7.3
Plaat	DE - veld 6 - N	34%	Deels vervangen	24%	7.4
	GH - veld 5 - N	23%	Deels vervangen	9%	7.5
	EF- veld 6 - Z	**0%**	**27%**	**9%**	7.6
	FG - veld 6 - N	**6%**	**26%**	**13%**	7.7
	FG - veld 6 - Z	0%	25%	8%	7.8

De schadeberekening van de diagonalen uit document [9] is geactualiseerd. De nieuw gemeten materiaalafnames worden vanaf 2020 in rekening gebracht. Dit betreft de diagonalen die dikgedrukt zijn aangegeven in tabel 5.3.


Figuur 5.5: DE - veld 6 - N – materiaalafname


Figuur 5.6: EF - veld 5 - N - materiaalafname


Figuur 5.7: FG - veld 5 - Z - materiaalafname


Figuur 5.8: DE - veld 6 - N - materiaalafname


Figuur 5.9: GH - veld 5 - N - materiaalafname


Figuur 5.10: EF- veld 6 - Z - materiaalafname


Figuur 5.11: FG- veld 6 - N - materiaalafname


Figuur 5.12: FG- veld 6 - Z - materiaalafname

Rijvloer

De materiaalafname van de langs- en dwarsdragers aan de onderzijde van het dek kent een grote spreiding. Voor het grootste deel van de liggers blijkt de materiaalafname minder dan 10% te zijn. Voor de langsdragers is meer materiaalafname geconstateerd aan de liggers aan de randen van de rijvloer. Bij de dwarsdragers is vooral materiaalafname geconstateerd aan de einddwarsdragers ter plaatse van de steunpunten.

In tabel 5.4 is een overzicht gegeven van de materiaalafname waarmee getoetst is. Voor het berekenen van de vermoeiingsschade is de lokaal gemeten corrosieschade in rekening gebracht. Voor het grootste deel van de liggers is de gemeten materiaalafname lager dan 35%.

Tabel 5.4: Materiaalafname liggers rijvloer

	Afname 2004	Afname 2013	Afname 2020
Dwarsdrager	10%	35%	60%*
Langsdrager	10%	35%	46%*

*Materiaalafname slechts lokaal gemeten

6 CONCLUSIE

Van de Oude IJsselbrug te Zutphen zijn een bureaustudie en constructieve beschouwing uitgevoerd. Op basis van de onderzoeksresultaten is de constructieve veiligheid beschouwd en is per overspanning (brugtype) de risicoklasse bepaald. Het resultaat van dit onderzoek is opgenomen in tabel 6.1.

Tabel 6.1: Overzicht risicoclassificatie brugtypes Oude IJsselbrug

Risicoclassificatie	
Brugtype	*Risicoklasse*
Westelijke aanbruggen	Verhoogd
Boogbrug	Laag
Oostelijke aanbrug	Laag

De resultaten van de bureaustudie en risico-inventarisatie laten zien dat de grootste constructieve risico's zich voordoen bij de westelijke aanbruggen. Met name de resultaten van de in het verleden uitgevoerde vermoeiingsberekeningen duiden op een verhoogd risico op vermoeiingsschade aan diverse constructieonderdelen van de aanbruggen. In de archiefberekeningen zijn deze constructieonderdelen als kritisch aangeduid. Om meer inzicht te krijgen in de vermoeiingslevensduur van de kritische constructieonderdelen, en dus de restlevensduur van de westelijke aanbruggen, is de vermoeiingsberekening uit 2013 (opgesteld door Nebest [9]) geactualiseerd.

In tabel 6.2 en tabel 6.3 zijn de resultaten van de vermoeiingsberekening weergegeven. Per constructieonderdeel is de restlevensduur weergegeven. Hieruit blijkt dat de toegepaste lastbeperking (vanaf 2004) van het verkeer (maximaal toelaatbaar voertuiggewicht 20 ton) op de Oude IJsselbrug een zeer gunstig effect heeft op de restlevensduur. Daarnaast zijn de slechtste onderdelen uit 2004 vervangen/gerepareerd. Hierdoor zijn deze onderdelen niet meer maatgevend.

De gevonden restlevensduur is 26 jaar gerekend vanaf 2020, zie bijlage 3 voor de volledige analyse. De vermoeiingsanalyse is uitgevoerd met een spanningsspectrum dat is bepaald volgens de oude normen (VOSB 1963). Daarnaast heeft de gemeten extra materiaalafname van de constructieonderdelen een negatieve invloed op de restlevensduur.

Tabel 6.2: Restlevensduur diagonalen, vanaf 2020

	Locatie	Afname 2004	Afname 2013	Afname 2020	Restlevensduur
U-profiel	DE - veld 6 - N	25% (gat in lijf)	9% (gat opgevuld)	25%	85 jaar
	FG - veld 5 - Z	8% *	19%	10%	> 100 jaar
Plaat	EF- veld 6 - Z	0% *	27%	9%	>100 jaar
	FG - veld 6 - N	6% *	26%	8%	>100 jaar

*Voor de schadeberekening is een minimale materiaalafname in 2004 van 10% aangehouden

Tabel 6.3: Restlevensduur liggers onderzijde dek, vanaf 2020

	Afname 2004	Afname 2013	Afname 2020	Restlevensduur
Dwarsdrager	10%	35 %	60 %	60 jaar
Langsdrager	10%	35 %	46 %	26 jaar

Voor het in stand houden van de Oude IJsselbrug voor de komende 20 jaar met betrekking tot constructieve veiligheid wordt per brugtype het volgende geadviseerd:

- Westelijke aanbruggen
  - Uitvoeren periodieke inspectie (1 x per 7 jaar) van kritieke constructieonderdelen (diagonalen vakken 5 en 6, langs- en dwarsdragers rijvloer).
  - Tijdens periodieke inspectie staaldiktemetingen uitvoeren aan de diagonalen in vakken 5 en 6 van de vakwerkliggers en aan de langs- en dwarsdragers.
  - Na het uitvoeren van de periodieke inspectie de vermoeiingsberekening actualiseren met meetresultaten staaldiktemetingen.
  - Uitvoeren van preventief onderhoud aan de conservering. Hierbij dient extra aandacht te worden geschonken aan de kritieke constructieonderdelen.
  - Direct repareren van constructieve schades.
  - Opheffen lastbeperking van 20 ton is niet mogelijk.

- Boogbrug
  - Uitvoeren van periodieke inspectie (1 x per 7 jaar).
  - Direct repareren van constructieve schades.
  - Opheffen lastbeperking van 20 ton alleen mogelijk na uitvoeren verificatieberekening conform NEN 8700.

- Oostelijke aanbrug
  - Uitvoeren van periodieke inspectie (1 x per 7 jaar).
  - Direct repareren van constructieve schades.
  - Opheffen lastbeperking van 20 ton alleen mogelijk na uitvoeren verificatieberekening conform NEN 8700.

Titel : Oude IJsselbrug Zutphen

Rapportnummer : 38744-RAP-02

Bijlage 1 Constructieve documenten

Deze bijlage omvat de onderstaande 11 documenten genoemd in tabel B1. Vanwege de omvang worden deze separaat verstuurd.

Tabel B1: Constructieve rapportages

Nr.	Doc.nr.	Omschrijving	Door	Datum
1	/	Bepaling restlevensduur Oude IJsselbrug te Zutphen	Rijkswaterstaat	1990
2	*ZU106-10 koea2/003*	Bepaling restlevensduur staal-constructie aanbruggen Oude IJsselbrug	Witteveen+Bos	2004
3	*ZU106-12/dijk/001*	Nader onderzoek schade Oude IJsselbrug te Zutphen	Witteveen+Bos	2005
4	*ZU106-13/duif/003*	Controleberekening einddwarsdragers (Renovatie Oude IJsselbrug)	Witteveen+Bos	2005
5	*ZU106-16/beet2/005*	Visuele inspectie Westelijke aanbrug van de IJsselbrug te Zutphen	Witteveen+Bos	2007
6	/	Inspectie IJsselbrug Zutphen	Reef Bouw B.V.	2011
7	*22776*	Oude IJsselbrug – Schaderegistratie gemeente Zutphen	Nebest	2013
8	*23383-1*	Hoofdoverspanning en oostelijke aanbrug Oude IJsselbrug	Nebest	2013
9	*23383*	Westelijke aanbrug Oude IJsselbrug	Nebest	2013
10	/	Oude IJsselbrug Zutphen: Belastingproef	OSMOS Benelux	2014
11	*AD16-0744-BER-002*	Brugverbreding en Groot Onderhoud Oude IJsselbrug te Zutphen – Constructieve raakvlakken met bestaande boogbrug BIJZ/HIJZ	Bouwcombinatie Damsteegt – CT deBoer DIJZ	2017

Titel : Oude IJsselbrug Zutphen

Rapportnummer : 38744-RAP-02

Bijlage 2 Staaldiktemetingen

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning CD Zuidzijde

Veld		5		
		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9	10%
Strip 2		10	8,9	11%
U1	Flens 1	9,6	9,2	4%
	Flens 2	9,6	9,1	5%
	Lijf	8	6,8	15%
U2	Flens 1	9,6	9,2	4%
	Flens 2	9,6	9,1	5%
	Lijf	8	7,3	9%

Veld		6		
		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	8,9	11%
Strip 2		10	8,8	12%
U1	Flens 1	9,6	8,1	16%
	Flens 2	9,6	8,3	14%
	Lijf	8	5	38%
U2	Flens 1	9,6	8,8	8%
	Flens 2	9,6	9	6%
	Lijf	8	7	13%

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	11%
Afname U profiel:	7%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	12%
Afname U profiel:	16%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning CD Noordzijde

Veld 5

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9	10%
Strip 2		10	9,3	7%
U1	Flens 1	9,6	8,3	14%
	Flens 2	9,6	8,8	8%
	Lijf	8	7,5	6%
U2	Flens 1	9,6	9	6%
	Flens 2	9,6	8,6	10%
	Lijf	8	7,7	4%

Veld 6

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	8,9	11%
Strip 2		10	8,8	12%
U1	Flens 1	9,6	8,1	16%
	Flens 2	9,6	8,3	14%
	Lijf	8	5	38%
U2	Flens 1	9,6	8,8	8%
	Flens 2	9,6	9	6%
	Lijf	8	7	13%

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	9%
Afname U profiel:	8%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	12%
Afname U profiel:	16%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning DE Zuidzijde

Veld 5

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9,3	7%
Strip 2		10	9,4	6%
U1	Flens 1	9,6	8,3	14%
	Flens 2	9,6	8,7	9%
	Lijf	8	7,5	6%
U2	Flens 1	9,6	9,6	0%
	Flens 2	9,6	9,3	3%
	Lijf	8	7,7	4%

Veld 6

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9	10%
Strip 2		10	8,8	12%
U1	Flens 1	9,6	8,8	8%
	Flens 2	9,6	8,7	9%
	Lijf	8	7,5	6%
U2	Flens 1	9,6	8,6	10%
	Flens 2	9,6	8,5	11%
	Lijf	8	7,5	6%

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	6%
Afname U profiel:	6%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	11%
Afname U profiel:	9%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning ED Noordzijde

Veld 5

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]	
Strip 1		10	9	10%	
Strip 2		10	9	10%	
U1	Flens 1	9,6	6	38%	
	Flens 2	9,6	6	38%	
	Lijf	8	0	100%	(versterkingsplaat aangebracht)
U2	Flens 1	9,6	8,7	9%	
	Flens 2	9,6	8,4	13%	
	Lijf	8	7	13%	

Veld 6

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]	
Strip 1		10	7,5	25%	
Strip 2		10	7,8	22%	
U1	Flens 1	9,6	8,8	8%	
	Flens 2	9,6	8,6	10%	
	Lijf	8	6	25%	
U2	Flens 1	9,6	9,5	1%	
	Flens 2	9,6	9,1	5%	
	Lijf	8	0	100%	(klein lokaal gat in het lijf)

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	10%
Afname U profiel:	35%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	24%
Afname U profiel:	25%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning EF Zuidzijde

Veld		5		
		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9,2	8%
Strip 2		10	9,3	7%
U1	Flens 1	9,6	9,4	2%
	Flens 2	9,6	8,8	8%
	Lijf	8	7,8	3%
U2	Flens 1	9,6	9,2	4%
	Flens 2	9,6	9,2	4%
	Lijf	8	6,7	16%

Veld		6		
		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9,5	5%
Strip 2		10	8,7	13%
U1	Flens 1	9,6	9,5	1%
	Flens 2	9,6	9,1	5%
	Lijf	8	7,4	8%
U2	Flens 1	9,6	8,8	8%
	Flens 2	9,6	8,9	7%
	Lijf	8	7,6	5%

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	8%
Afname U profiel:	6%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	9%
Afname U profiel:	6%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning EF Noordzijde

Veld 5

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]	
Strip 1		10	9	10%	
Strip 2		10	8,8	12%	
U1	Flens 1	9,6	9	6%	
	Flens 2	9,6	7	27%	
	Lijf	8	0	100%	(versterkingsplaat aangebracht)
U2	Flens 1	9,6	8,6	10%	
	Flens 2	9,6	8,9	7%	
	Lijf	8	7,7	4%	

Veld 6

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]	
Strip 1		10	9	10%	
Strip 2		10	9	10%	
U1	Flens 1	9,6	8	17%	
	Flens 2	9,6	8	17%	
	Lijf	8	0	100%	(versterkingsplaat aangebracht)
U2	Flens 1	9,6	8	17%	
	Flens 2	9,6	8,7	9%	
	Lijf	8	7,6	5%	

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	11%
Afname U profiel:	26%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	10%
Afname U profiel:	27%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning FG Zuidzijde

Veld		5		
		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9,3	7%
Strip 2		10	9,3	7%
U1	Flens 1	9,6	8	17%
	Flens 2	9,6	8,8	8%
	Lijf	8	7,5	6%
U2	Flens 1	9,6	9,5	1%
	Flens 2	9,6	7,7	20%
	Lijf	8	7,6	5%

Veld		6		
		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9	10%
Strip 2		10	9,5	5%
U1	Flens 1	9,6	8,1	16%
	Flens 2	9,6	7,4	23%
	Lijf	8	7,2	10%
U2	Flens 1	9,6	9,2	4%
	Flens 2	9,6	8,5	11%
	Lijf	8	7,6	5%

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	7%
Afname U profiel:	10%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	8%
Afname U profiel:	12%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning FG Noordzijde

Veld 5

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9,2	8%
Strip 2		10	9,5	5%
U1	Flens 1	9,6	8,4	13%
	Flens 2	9,6	8,2	15%
	Lijf	8	7,7	4%
U2	Flens 1	9,6	8,8	8%
	Flens 2	9,6	8,7	9%
	Lijf	8	7,7	4%

Veld 6

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	8,7	13%
Strip 2		10	8,8	12%
U1	Flens 1	9,6	9,1	5%
	Flens 2	9,6	8,9	7%
	Lijf	8	7	13%
U2	Flens 1	9,6	9,1	5%
	Flens 2	9,6	9,2	4%
	Lijf	8	7,7	4%

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	7%
Afname U profiel:	9%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	13%
Afname U profiel:	6%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning GH Zuidzijde

Veld		5		
		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	8,8	12%
Strip 2		10	9,2	8%
U1	Flens 1	9,6	8,4	13%
	Flens 2	9,6	8,5	11%
	Lijf	8	7,7	4%
U2	Flens 1	9,6	9	6%
	Flens 2	9,6	8,3	14%
	Lijf	8	7,6	5%

Veld		6		
		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9	10%
Strip 2		10	9,4	6%
U1	Flens 1	9,6	8,5	11%
	Flens 2	9,6	9	6%
	Lijf	8	7,5	6%
U2	Flens 1	9,6	8,8	8%
	Flens 2	9,6	8,7	9%
	Lijf	8	7,4	8%

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	10%
Afname U profiel:	9%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	8%
Afname U profiel:	8%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning GH Noordzijde

Veld		5		
		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9	10%
Strip 2		10	9,2	8%
U1	Flens 1	9,6	8,3	14%
	Flens 2	9,6	8,5	11%
	Lijf	8	5	38%
U2	Flens 1	9,6	8,6	10%
	Flens 2	9,6	8,4	13%
	Lijf	8	4	50%

Veld		6		
		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	8,5	15%
Strip 2		10	9	10%
U1	Flens 1	9,6	8,5	11%
	Flens 2	9,6	8,4	13%
	Lijf	8	6,2	23%
U2	Flens 1	9,6	9	6%
	Flens 2	9,6	8,3	14%
	Lijf	8	6,4	20%

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	9%
Afname U profiel:	23%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	13%
Afname U profiel:	14%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning HJ Zuidzijde

Veld 5

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9,5	5%
Strip 2		10	9,5	5%
U1	Flens 1	9,6	9,8	-2%
	Flens 2	9,6	9,5	1%
	Lijf	8	7,3	9%
U2	Flens 1	9,6	8,6	10%
	Flens 2	9,6	8,3	14%
	Lijf	8	7,7	4%

Veld 6

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9,2	8%
Strip 2		10	9,1	9%
U1	Flens 1	9,6	8,7	9%
	Flens 2	9,6	8,6	10%
	Lijf	8	7,7	4%
U2	Flens 1	9,6	8,4	13%
	Flens 2	9,6	8,3	14%
	Lijf	8	7,5	6%

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	5%
Afname U profiel:	6%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	9%
Afname U profiel:	9%

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overspanning HJ Noordzijde

Veld 5

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9,1	9%
Strip 2		10	9,2	8%
U1	Flens 1	9,6	9,5	1%
	Flens 2	9,6	9	6%
	Lijf	8	7,6	5%
U2	Flens 1	9,6	8,8	8%
	Flens 2	9,6	8,4	13%
	Lijf	8	7,7	4%

Veld 6

		Origineel [mm]	Dikte [mm]	Afname [%]
Strip 1		10	9,4	6%
Strip 2		10	9,3	7%
U1	Flens 1	9,6	9,7	-1%
	Flens 2	9,6	8,6	10%
	Lijf	8	7,7	4%
U2	Flens 1	9,6	8,6	10%
	Flens 2	9,6	8,8	8%
	Lijf	8	7,8	3%

Overzicht Veld 5

Afname rechthoekige plaat:	9%
Afname U profiel:	6%

Overzicht Veld 6

Afname rechthoekige plaat:	6%
Afname U profiel:	6%

NEBEST

Project	20 jarenplan Oude IJsselbrug
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Staaldiktemetingen - diagonalen

Overzicht materiaalafnames diagonalen

Overspanning		Veld	Type	Afname 2013 [%]	Afname 2020[%]	Verschil '20-'13	Type	Afname 2013 [%]	Afname 2020[%]	Verschil '20-'13
Brug CD	Noord	Veld 5	Plaat	14%	9%	-6%	U	9%	8%	-1%
		Veld 6	Plaat	8%	12%	3%	U	11%	16%	5%
Brug CD	Zuid	Veld 5	Plaat	10%	11%	0%	U	10%	7%	-3%
		Veld 6	Plaat	12%	12%	-1%	U	10%	16%	6%
Brug DE	Noord	Veld 5	Plaat	3%	10%	7%	U	8%	35%	27%
		Veld 6	Plaat	7%	24%	17%	U	9%	25%	16%
Brug DE	Zuid	Veld 5	Plaat	6%	6%	0%	U	11%	6%	-5%
		Veld 6	Plaat	7%	11%	4%	U	10%	9%	-1%
Brug EF	Noord	Veld 5	Plaat	3%	10%	7%	U	8%	35%	27%
		Veld 6	Plaat	7%	24%	17%	U	9%	25%	16%
Brug EF	Zuid	Veld 5	Plaat	19%	11%	-8%	U	8%	26%	18%
		Veld 6	Plaat	27%	9%	-18%	U	9%	6%	-3%
Brug FG	Noord	Veld 5	Plaat	8%	7%	-1%	U	10%	9%	-1%
		Veld 6	Plaat	26%	13%	-14%	U	8%	6%	-2%
Brug FG	Zuid	Veld 5	Plaat	7%	7%	0%	U	19%	10%	-9%
		Veld 6	Plaat	25%	8%	-18%	U	12%	12%	0%
Brug GH	Noord	Veld 5	Plaat	8%	9%	1%	U	9%	23%	14%
		Veld 6	Plaat	9%	13%	4%	U	9%	13%	4%
Brug GH	Zuid	Veld 5	Plaat	12%	10%	-2%	U	11%	9%	-2%
		Veld 6	Plaat	13%	8%	-5%	U	12%	8%	-4%
Brug HJ	Noord	Veld 5	Plaat	9%	9%	0%	U	8%	6%	-2%
		Veld 6	Plaat	10%	6%	-4%	U	9%	6%	-3%
Brug HJ	Zuid	Veld 5	Plaat	5%	5%	0%	U	8%	6%	-2%
		Veld 6	Plaat	11%	9%	-2%	U	10%	9%	-1%
	Gemiddeld					**-1%**				**4%**
	Maximaal U-profiel				35%					
	Maximaal Plaat				24%					

Overspanning JH

Langsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]
F1	9	7,2	20%
A3	9	7,9	12%
A2	9	7,3	19%
B4	9	7,1	21%
E6	9	7,2	20%
A8	9	7,2	20%

Dwarsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]
3-4	13	11,8	9%
4-5	13	12	8%
9-10	13	10,2	22%
Steunpunt J	13	8,2	37%

Overspanning HG

Langsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]
G10	9	6,2	31%
F10	9	6,6	27%
E10	9	7,5	17%
A9	9	7	22%
A7	9	7,7	14%
A4	9	7,7	15%
H2	9	7,4	18%
B2	9	8,6	4%

Dwarsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]	
Steunpunt H	13	8,8	32%	één zijde van de flens.
3-4	13	11,8	9%	
4-5	13	12	8%	
9-10	13	10,2	22%	
Steunpunt G	13	5,2	60%	Lokaal, verder 12,6 mm

Overspanning FG

Langsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]
A10	9	7,6	16%
A7	9	7,3	19%
A5	9	7	22%
A3	9	7,4	18%

Dwarsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]	
Oplegging	13	11,6	11%	
8-9	13	8,1	38%	, binnnenzijde, aan de buitenzijde 9,2
1-2	13	13,1	-1%	
Oplegging	13	14	-8%	
Oplegging, buitenzijde	13	9,5	27%	

Overspanning EF

Langsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]
A9	9	7,6	16%
F9	9	7,7	14%
A8	9	7,9	12%
A4	9	7,6	16%
H2	9	7,2	20%
A1	9	8,4	7%

Dwarsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]	
Oplegging	13	9,3	28%	Lokaal binnenzijde
Oplegging buitenzijde	13	10	23%	

Overspanning DE

Langsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]	
A10	8	8,6	-8%	
H10	8	7,9	1%	
H9	8	6,9	14%	Gaten
H8	8	7,2	10%	
B7	8	7,8	3%	
H7	8	7	13%	
A6	8	4,3	46%	Lokaal gemeten, ook gaten aanwezig.
H3	8	7,6	5%	
A1	8	7,6	5%	
A2	8	7,8	3%	

Dwarsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]	
Oplegging E	13,4	8,4	37%	Lokaal binnenzijde
Oplegging D	13,4	12,9	4%	

Overspanning CD

Langsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]	
A10	8	7,4	8%	
D10	8	16	-100%	, ligger vernieuwd
A8	8	6,8	15%	
A7	8	6,1	24%	
A3	8	7,4	8%	
A4	8	7,4	8%	Schades aanwezig, rond schades 4,2 mm.
H1	8	6,8	15%	Lokaal versterkt

Dwarsligger	Origineel [mm]	Gemeten [mm]	Afname [%]	
Oplegging D	13,4	13	3%	
2-3	13,4	13	3%	
Oplegging C	13,4	10,1	25%	

Titel : Oude IJsselbrug Zutphen

Rapportnummer : 38744-RAP-02

Bijlage 3 Vermoeiingsanalyse

Project	Oude IJsselbrug - Constructieve beschouwing
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Vermoeiing - aantal voertuigen

Bepaling voertuigen

Totaal aantal voertuigen/dag op de brug, vanaf 2001 volgens tellingen:

locatie	2012	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
Oude IJsselbrug	17.344	16.884	16.452	16.818	15.192	15.534	15.570	16.450	16.306	15.129	14.500

Totaal aantal voertuigen/jaar op de brug, vanaf 2001 volgens tellingen:

2012	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
6330560	6162660	6004980	6138570	5545080	5669910	5683050	6004250	5951690	5522085	5292500

Tijdens de berekening is aangehouden dat 90 % van de voertuigen <3,5 ton is.

Resterend aantal voertuigen/jaar, >3,5 ton:

2012	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
633056	616266	600498	613857	554508	566991	568305	600425	595169	552208,5	529250

Voglens tellingen van de gemeente zijn er dagelijks 24 voertuigen met een gewicht van 10 - 20 ton,
Dit zijn er 24 / dag = 24*365 = 8760 voertuigen boven 10 ton / jaar

Voertuigen tussen 3,5 en 10 ton/jaar is dan:

2012	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
624296	607506	591738	605097	545748	558231	559545	591665	586409	543449	520490

Verdeling voertuigen (tussen 3,5 - 10 ton)		Verdeling voertuigen (10 en 20 ton)	
5,25 ton	78,70%	12,5 ton	75,00%
8,5 ton	21,30%	17,5 ton	25,00%

	2013*	2012	2011*	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	Totaal
5,25 ton	491321	491321	491321	478107	465698	476211	429504	439328	440362	465640	4668813
8,5 ton	132975	132975	132975	129399	126040	128886	116244	118903	119183	126025	1263605

* Aantal voertuigen in 2011 en 2013 is gelijk gehouden aan 2012.

	2013*	6330560	2011*	6162660	6004980	6138570	5545080	5669910	5683050	6004250	Totaal
12,5 ton	6570	6570	6570	6570	6570	6570	6570	6570	6570	6570	65700
17,5 ton	2190	2190	2190	2190	2190	2190	2190	2190	2190	2190	21900

Totaal voertuigen tussen 2004-2013:

Locatie	ton	aantal
2	17,5	4763
R	17,5	10950
L	17,5	10950
2	12,5	1429
R	12,5	32850
L	12,5	32850
2	8,25	27483
R	8,25	631803
L	8,25	631803
2	5,25	101547
R	5,25	2334406
L	5,25	2334406

Vanaf 2014 (2013+20%)				
	ton	n		20%
2	17,5	47,6		57
1L	17,5	1095		1314
1R	17,5	1095		1314
2	12,5	167		201
1L	12,5	3850		4620
1R	12,5	3850		4620
2	8,25	2892		3471
R	8,25	66488		79785
L	8,25	66488		79785
2	5,25	10686		12823
R	5,25	245660		294793
L	5,25	245660		294793

Project	Oude IJsselbrug - Constructieve beschouwing
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Diagonaal DE - veld 6 - N (U- profiel)

U - profiel

	tot 1990	tot 2004
Materiaal afname	25%	25%
	Tussen 2004 - 2013	Vanaf 2020
Materiaal afname	9%	25%

sp2 = V*sf*sp1

V	1,2	belastingfactor
sf	1,15	spanningsconcentratiefactor volgens [1]

Optredende vermoeiingschade tot 1990

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	25	80,69	111,36	590623	13808	0,023379
1L	25	56,48	77,97	1802110	425138	0,235911
1R	25	24,21	33,41	25568402	425138	0,016627
2	17	54,87	75,72	1975347	29808	0,015090
1L	17	38,41	53,00	6033775	917759	0,152104
1R	17	16,47	22,72	85509529	917759	0,010733
2	10	32,28	44,55	10393958	46465	0,004470
1L	10	22,60	31,19	31728514	1430624	0,045090
1R	10	9,68	13,36	450607444	1430624	0,003175
2	5,5	17,59	21,61	99975479	129095	0,001291
1L	5,5	12,32	16,99	212487810	3974704	0,018706
1R	5,5	5,28	7,28	3013709304	3974704	0,001319
						0,527894

Optredende vermoeiingschade tot 2004

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	25	80,69	111,36	590623	18619	0,031524
1L	25	56,48	77,97	1802110	642681	0,356627
1R	25	24,21	33,41	25568402	642681	0,025136
2	17	54,87	75,72	1975347	40194	0,020348
1L	17	38,41	53,00	6033775	1387375	0,229935
1R	17	16,47	22,72	85509529	1387375	0,016225
2	10	32,28	44,55	10393958	62656	0,006028
1L	10	22,60	31,19	31728514	2152673	0,067847
1R	10	9,68	13,36	450607444	2162873	0,004800
2	5,5	17,59	21,61	99975479	174077	0,001741
1L	5,5	12,32	16,99	212487810	6006560	0,028268
1R	5,5	5,28	7,28	3013709304	6006560	0,001993
						0,790471

Optredende tussen 2004-2013

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	17,5	46,55	64,25	3303779	477	0,000144
1L	17,5	32,58	44,98	10080503	10950	0,001086
1R	17,5	13,97	19,28	143022554	10950	0,000077
2	12,5	33,25	45,89	9472791	1430	0,000151
1L	12,5	23,28	32,12	28935014	32850	0,001135
1R	12,5	9,98	13,77	410061597	32850	0,000080
2	8,5	22,61	31,21	31663399	27483	0,000868
1L	8,5	15,83	21,85	96655440	631803	0,006537
1R	8,5	6,78	9,36	1372697770	631803	0,000460
2	5,25	13,84	17,00	211830210	101547	0,000479
1L	5,25	9,69	13,36	450223773	2334406	0,005185
1R	5,25	4,15	5,73	6385512521	2334406	0,000366
						0,016568

Totaal tot 2013 0,807039

Project	Oude IJsselbrug - Constructieve beschouwing
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Diagonaal DE - veld 6 - N (U- profiel)

Vanaf 2014 per jaar

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	17,5	56,49	77,95	1803654	57	0,000032
1L	17,5	32,58	44,98	10080503	1314	0,000130
1R	17,5	13,97	19,28	143022554	1314	0,000009
2	12,5	33,25	45,89	9472791	201	0,000021
1L	12,5	23,28	32,12	28935014	4620	0,000160
1R	12,5	9,98	13,77	410061597	4620	0,000011
2	8,5	22,61	31,21	31663399	3471	0,000110
1L	8,5	15,83	21,85	96655440	79785	0,000825
1R	8,5	6,78	9,36	1372697770	79785	0,000058
2	5,25	13,84	17,00	211830210	12823	0,000061
1L	5,25	9,69	13,36	450223773	294793	0,000655
1R	5,25	4,15	5,73	6385512521	294793	0,000046
						0,002118

Restlevensduur vanaf 2020 85 jaar

NEBEST

Project	Oude IJsselbrug - Constructieve beschouwing
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Diagonaal FG - veld 5 - Z (U- profiel)

U - profiel

	tot 1990	tot 2004
Materiaal afname	10%	10%
	Tussen 2004 - 2013	Vanaf 2020
Materiaal afname	19%	10%

sp2 = V*sf*sp1

V	1,2	belastingfactor
sf	1,15	spanningsconcentratiefactor volgens [1]

Optredende vermoeiingschade tot 1990

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	25	67,24	92,80	1045075	13808	0,013212
1L	25	47,07	64,98	3188736	425138	0,133325
1R	25	20,18	27,84	45241906	425138	0,009397
2	17	45,72	63,10	3495270	29808	0,008528
1L	17	32,01	44,17	10676439	917759	0,085961
1R	17	13,72	18,93	151304489	917759	0,006066
2	10	26,90	37,12	18391547	46465	0,002526
1L	10	18,83	25,99	56141891	1430624	0,025482
1R	10	8,07	11,13	797325515	1430624	0,001794
2	5,5	14,66	18,01	176901206	129095	0,000730
1L	5,5	10,27	14,16	375985694	3974704	0,010571
1R	5,5	4,40	6,07	5332595710	3974704	0,000745
						0,298339

Optredende vermoeiingschade tot 2004

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	25	67,24	92,80	1045075	18619	0,017816
1L	25	47,07	64,98	3188736	642681	0,201547
1R	25	20,18	27,84	45241906	642681	0,014205
2	17	45,72	63,10	3495270	40194	0,011500
1L	17	32,01	44,17	10676439	1387375	0,129947
1R	17	13,72	18,93	151304489	1387375	0,009169
2	10	26,90	37,12	18391547	62656	0,003407
1L	10	18,83	25,99	56141891	2152673	0,038343
1R	10	8,07	11,13	797325515	2162873	0,002713
2	5,5	14,66	18,01	176901206	174077	0,000984
1L	5,5	10,27	14,16	375985694	6006560	0,015976
1R	5,5	4,40	6,07	5332595710	6006560	0,001126
						0,446734

Optredende tussen 2004-2013

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	17,5	52,30	72,18	2294931	477	0,000208
1L	17,5	36,61	50,54	7002301	10950	0,001564
1R	17,5	15,69	21,66	99348904	10950	0,000110
2	12,5	37,35	51,55	6580161	1430	0,000217
1L	12,5	26,15	36,08	20099361	32850	0,001634
1R	12,5	11,21	15,47	284844377	32850	0,000115
2	8,5	25,41	35,06	21994601	27483	0,001250
1L	8,5	17,79	24,55	67140544	631803	0,009410
1R	8,5	7,62	10,51	953528063	631803	0,000663
2	5,25	15,54	19,10	147145318	101547	0,000690
1L	5,25	10,89	15,01	312742551	2334406	0,007464
1R	5,25	4,67	6,43	4435619785	2334406	0,000526
						0,023852

Totaal tot 2013 0,470585

Project	Oude IJsselbrug - Constructieve beschouwing
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Diagonaal FG - veld 5 - Z (U- profiel)

Vanaf 2014 per jaar

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	17,5	47,07	64,96	3191468	57	0,000018
1L	17,5	36,61	50,54	7002301	1314	0,000188
1R	17,5	15,69	21,66	99348904	1314	0,000013
2	12,5	37,35	51,55	6580161	201	0,000031
1L	12,5	26,15	36,08	20099361	4620	0,000230
1R	12,5	11,21	15,47	284844377	4620	0,000016
2	8,5	25,41	35,06	21994601	3471	0,000158
1L	8,5	17,79	24,55	67140544	79785	0,001188
1R	8,5	7,62	10,51	953528063	79785	0,000084
2	5,25	15,54	19,10	147145318	12823	0,000087
1L	5,25	10,89	15,01	312742551	294793	0,000943
1R	5,25	4,67	6,43	4435619785	294793	0,000066
						0,003021

Restlevensduur vanaf 2020 169 jaar

NEBEST

Project Oude IJsselbrug - Constructieve beschouwing
Project nr. 38744
Datum 15-6-2020
Onderdeel Diagonaal EF- veld 6 - Z (plaat)

U - profiel

	tot 1990	tot 2004
Materiaal afname	10%	10%
	Tussen 2004 - 2013	Vanaf 2020
Materiaal afname	27%	9%

sp2 = V*sf*sp1

V	1,2	belastingfactor
sf	1,15	spanningsconcentratiefactor volgens [1]

Optredende vermoeiingschade tot 1990

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	25	67,24	92,80	1045075	13808	0,013212
1L	25	47,07	64,98	3188736	425138	0,133325
1R	25	20,18	27,84	45241906	425138	0,009397
2	17	45,72	63,10	3495270	29808	0,008528
1L	17	32,01	44,17	10676439	917759	0,085961
1R	17	13,72	18,93	151304489	917759	0,006066
2	10	26,90	37,12	18391547	46465	0,002526
1L	10	18,83	25,99	56141891	1430624	0,025482
1R	10	8,07	11,13	797325515	1430624	0,001794
2	5,5	14,66	18,01	176901206	129095	0,000730
1L	5,5	10,27	14,16	375985694	3974704	0,010571
1R	5,5	4,40	6,07	5332595710	3974704	0,000745
						0,298339

Optredende vermoeiingschade tot 2004

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	25	67,24	92,80	1045075	18619	0,017816
1L	25	47,07	64,98	3188736	642681	0,201547
1R	25	20,18	27,84	45241906	642681	0,014205
2	17	45,72	63,10	3495270	40194	0,011500
1L	17	32,01	44,17	10676439	1387375	0,129947
1R	17	13,72	18,93	151304489	1387375	0,009169
2	10	26,90	37,12	18391547	62656	0,003407
1L	10	18,83	25,99	56141891	2152673	0,038343
1R	10	8,07	11,13	797325515	2162873	0,002713
2	5,5	14,66	18,01	176901206	174077	0,000984
1L	5,5	10,27	14,16	375985694	6006560	0,015976
1R	5,5	4,40	6,07	5332595710	6006560	0,001126
						0,446734

Optredende tussen 2004-2013

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	17,5	58,03	80,09	1657342	477	0,000288
1L	17,5	40,62	56,08	5056887	10950	0,002165
1R	17,5	17,41	24,03	71747294	10950	0,000153
2	12,5	41,45	57,20	4752028	1430	0,000301
1L	12,5	29,02	40,04	14515256	32850	0,002263
1R	12,5	12,44	17,16	205707484	32850	0,000160
2	8,5	28,19	38,90	15883950	27483	0,001730
1L	8,5	19,74	27,23	48487221	631803	0,013030
1R	8,5	8,45	11,67	688614118	631803	0,000917
2	5,25	17,25	21,20	106264668	101547	0,000956
1L	5,25	12,08	16,66	225854848	2334406	0,010336
1R	5,25	5,18	7,14	3203293666	2334406	0,000729
						0,033027

Totaal tot 2013 0,479761

Vanaf 2014 per jaar

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	17,5	46,55	64,25	3303779	57	0,000017
1L	17,5	40,62	56,08	5056887	1314	0,000260
1R	17,5	17,41	24,03	71747294	1314	0,000018
2	12,5	41,45	57,20	4752028	201	0,000042
1L	12,5	29,02	40,04	14515256	4620	0,000318
1R	12,5	12,44	17,16	205707484	4620	0,000022
2	8,5	28,19	38,90	15883950	3471	0,000219
1L	8,5	19,74	27,23	48487221	79785	0,001645
1R	8,5	8,45	11,67	688614118	79785	0,000116
2	5,25	17,25	21,20	106264668	12823	0,000121
1L	5,25	12,08	16,66	225854848	294793	0,001305
1R	5,25	5,18	7,14	3203293666	294793	0,000092
						0,004176

Restlevensduur vanaf 2020 119 jaar

0,8 Reductie voor direct bereden delen

	tot 1990	tot 2004
Materiaal afname	10%	10%
	Tussen 2004 - 2013	Vanaf 2020
Materiaal afname	35%	60%

Optredende vermoeiingschade tot 1990

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	25	135,19	108,15	647225	4377	0,006763
1L	25	74,36	59,48	4204263	425138	0,101121
1R	25	60,83	48,67	7880208	425138	0,053950
2	17	91,92	73,54	2164685	9449	0,004365
1L	17	50,56	40,44	14063852	917759	0,065257
1R	17	41,37	33,09	26350252	917759	0,034829
2	10	54,08	43,26	11390740	14730	0,001293
1L	10	29,74	23,80	73984470	1430624	0,019337
1R	10	24,33	19,47	138704289	1430624	0,010314
2	5,5	29,47	23,57	76189453	40923	0,000537
1L	5,5	16,21	12,97	494523470	3974704	0,008037
1R	5,5	13,27	10,61	926096896	3974704	0,004292
						0,310095

Optredende vermoeiingschade tot 2004

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	25	135,19	108,15	647225	5902	0,009119
1L	25	74,36	59,48	4204263	642681	0,152864
1R	25	60,83	48,67	7880208	642681	0,081556
2	17	91,92	73,54	2164685	12742	0,005886
1L	17	50,56	40,44	14063852	1387375	0,098648
1R	17	41,37	33,09	26350252	1387375	0,052651
2	10	54,08	43,26	11390740	19862	0,001744
1L	10	29,74	23,80	73984470	2152673	0,029096
1R	10	24,33	19,47	138704289	2162873	0,015593
2	5,5	29,47	23,57	76189453	55182	0,000724
1L	5,5	16,21	12,97	494523470	6006560	0,012146
1R	5,5	13,27	10,61	926096896	6006560	0,006486
						0,466515

Optredende tussen 2004-2013

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	17,5	131,03	104,82	713737	477	0,000668
1L	17,5	72,07	57,65	4636313	10950	0,002362
1R	17,5	58,96	47,17	8690016	10950	0,001260
2	12,5	93,59	74,87	2046498	1430	0,000699
1L	12,5	51,47	41,18	13295995	32850	0,002471
1R	12,5	42,12	33,69	24911582	32850	0,001319
2	8,5	63,65	50,92	6840856	27483	0,004018
1L	8,5	35,01	28,01	44432330	631803	0,014219
1R	8,5	28,64	22,91	83300653	631803	0,007585
2	5,25	38,95	31,16	31825205	101547	0,003191
1L	5,25	21,43	17,14	206568101	2334406	0,011301
1R	5,25	17,53	14,03	386841251	2334406	0,006035
						0,055125

Totaal tot 2013 0,521640

Project	Oude IJsselbrug - Constructieve beschouwing
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Vermoeiing dwarsdrager

Vanaf 2014 per jaar

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2	17,5	212,92	170,34	156159	57	0,000366
1L	17,5	72,07	57,65	4636313	1314	0,000283
1R	17,5	58,96	47,17	8690016	1314	0,000151
2	12,5	93,59	74,87	2046498	201	0,000098
1L	12,5	51,47	41,18	13295995	4620	0,000347
1R	12,5	42,12	33,69	24911582	4620	0,000185
2	8,5	63,65	50,92	6840856	3471	0,000507
1L	8,5	35,01	28,01	44432330	79785	0,001796
1R	8,5	28,64	22,91	83300653	79785	0,000958
2	5,25	38,95	31,16	31825205	12823	0,000403
1L	5,25	21,43	17,14	206568101	294793	0,001427
1R	5,25	17,53	14,03	386841251	294793	0,000762
						0,007285

Restlevensduur vanaf 2020 60 jaar

k3	0,8	Conform figuur 20 VOSB
	0,8	Reductie direct bereden delen

	tot 1990	tot 2004
Materiaal afname	10%	10%
	Tussen 2004 - 2013	Vanaf 2020
Materiaal afname	35%	46%

Optredende vermoeiingschade tot 1990

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2 assen	25	102,78	65,78	3068914	432042	0,140780
1 as	25	75,00	48,00	8227872	432042	0,052510
2 assen	17	69,89	44,73	10261995	932663	0,090885
1 as	17	51,00	32,64	27512788	932663	0,033899
2 assen	10	41,11	26,31	54017803	1453856	0,026914
1 as	10	24,44	15,64	274932019	1453856	0,005288
2 assen	5,5	22,41	14,34	360810237	4039252	0,011195
1 as	5,5	16,36	10,47	967067675	4039252	0,004177
						0,365648

Optredende vermoeiingschade tot 2004

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2 assen	25	102,78	65,78	3068914	651991	0,212450
1 as	25	75,00	48,00	8227872	651991	0,079242
2 assen	17	69,89	44,73	10261995	1407473	0,137154
1 as	17	51,00	32,64	27512788	1407473	0,051157
2 assen	10	41,11	26,31	54017803	2194001	0,040616
1 as	10	24,44	15,64	274932019	2194001	0,007980
2 assen	5,5	22,41	14,34	360810237	6095598	0,016894
1 as	5,5	16,36	10,47	967067675	6095598	0,006303
						0,551797

Optredende tussen 2004-2013

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2 assen	17,5	99,62	63,75	3384290	10950	0,003236
1 as	17,5	72,69	46,52	9073406,9	10950	0,001207
2 assen	12,5	71,15	45,54	9701710,8	32850	0,003386
1 as	12,5	51,92	33,23	26010646	32850	0,001263
2 assen	8,5	48,38	30,97	32441089	631803	0,019475
1 as	8,5	28,77	18,41	165113976	631803	0,003826
2 assen	5,25	29,62	18,96	150714557	2334406	0,015489
1 as	5,25	21,62	13,83	403955213	2334406	0,005779
						0,053661

Totaal tot 2013 0,605458

Project	Oude IJsselbrug - Constructieve beschouwing
Project nr.	38744
Datum	15-6-2020
Onderdeel	Vermoeiing langsdrager

Vanaf 2014 per jaar

Wagen	ton	sp1	sp2	N	n	D
2 assen	17,5	119,91	76,74	1894267	1314	0,000694
1 as	17,5	87,50	56,00	5078601	1314	0,000259
2 assen	12,5	85,65	54,81	5430277	4620	0,000851
1 as	12,5	62,50	40,00	14558774	4620	0,000317
2 assen	8,5	58,24	37,27	18158045	79785	0,004394
1 as	8,5	34,63	22,16	92418198	79785	0,000863
2 assen	5,25	35,65	22,82	84358503	294793	0,003495
1 as	5,25	26,02	16,65	226103289	294793	0,001304
						0,012176

Restlevensduur vanaf 2020 26 jaar