Gemeente Amsterdam

Bezoekadres
Weesperstraat 430
1018 DN Amsterdam

Postbus 12693
1100x AR Amsterdam
Telefoon 251 1111
ingenieursbureau.amsterdam.nl

# Notitie

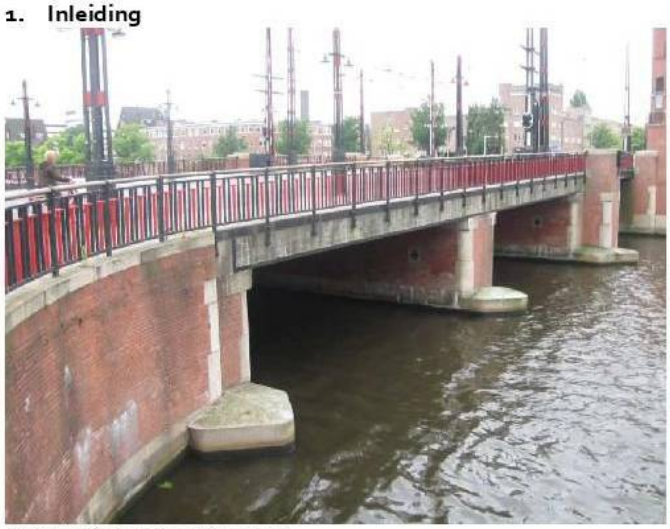
Aan
Van
Kopie aan
Datum 8 juli 2015
Ons kenmerk 191162
Bijlage(n)

1. Inspectiegegevens van locatiebezoek medewerkers IB/S&T;
2. BLVC scan
3. Kostenraming
4. Risicoscan
5. Herberekening stalen val (IB, doc.nr. 189716)–**separaat geleverd**
6. Herberekening aanbruggen en onderbouw (IB, doc. nr. 189172)–**separaat geleverd**
7. Tekst rijksmonument brug 423 aangeleverd door Monumenten en Archeologie gemeente Amsterdam.
8. Notitie Kabels en leidingen Berlagebrug

Onderwerp Adviesnotitie Berlagebrug (BR423) - CONCEPT

| Opsteller | Goedgekeurd en vrijgegeven | Paraaf | Datum |
|---|---|---|---|
| | | | 8-7-15 |

## 1. Inleiding



Figuur 1: Berlagebrug (Brug 423)

De Berlagebrug is een elektromechanisch aangedreven basculebrug. Het bouwjaar van de brug is ca. 1931. De brug is een rijksmonument. De brug veroorzaakt al geruime tijd klachten vanuit omgeving, gebruikers en bedienaars. Klachten gaan o.a. over geluidsoverlast, verminderde beschikbaarheid tijdens warme periodes, slijtage van de mechanische uitrusting, torderen van het val en scheurvorming in het brugwachtershuisje.
V&OR (Voormalig DIVV) heeft afgelopen jaren diverse onderzoeken naar het functioneren van de brug laten uitvoeren. De klachten/risico's zijn nu dusdanig urgent dat V&OR de aanpak voor korte en lange termijn wil bepalen.
V&OR heeft het Ingenieursbureau (IB) gevraagd om advies over de aanpak van de brug op lange termijn, en over het beheersen van korte termijn risico's. In deze notitie wordt de aanpak en het resultaat van ons onderzoek beschreven en samengevat in een advies.

## 2. Uitgangspunten

Informatie en producten
Deze adviesnotitie is gebaseerd op onderstaande, door het IB opgestelde producten:

- Inspectiegegevens van locatiebezoek medewerkers IB/S&T (bijlage 1);
- BLVC scan (bijlage 2);
- Kostenraming (varianten) (bijlage 3);
- Risicoscan (bijlage 4);
- Herberekening stalen val (bijlage 5)–separaat geleverd;
- Herberekening aanbruggen, pijlers, landhoofden en basculekelder (bijlage 6)–separaat geleverd;
- Tekst rijksmonument brug 423 aangeleverd door Monumenten en Archeologie (M&A) gemeente Amsterdam (bijlage 7).
- Notitie Kabels en leidingen Berlagebrug (bijlage 8).
- Meetgegevens standaard deformatiemetingen V&OR.

Daarnaast zijn voor deze adviesnotitie de onderstaande informatie en producten als uitgangspunt gebruikt:

- Inspectierapport "GTI-100024261-BRU423-3 Berlagebrug v3.0, 07-01-2015" van [redacted] - separaat geleverd door [redacted]
- Inspectierapport "Rapportage funderingsonderzoek en inspectie brug 423, [redacted], dd. 05-12-2014"- separaat geleverd door Nebest.
- Archieftekeningen van V&OR en stadsarchief.
- Frequentie openingen brug conform opgave Waternet (bron: [redacted]).
- Rapport 'Diverse werktuigbouwkundige metingen aan de Berlagebrug'; [redacted], 2006. Dit rapport gaat over de aandrijving.
- Rapport 'Restlevensduur bepaling van de Berlage Brug'; [redacted] 2008. Dit rapport gaat over de staalconstructie (brugval).
- De brug staat op de lijst voor het COB.
- De brug is een rijksmonument. (zie bijlage 7).

Vraagstelling vanuit V&OR

In diverse overleggen en risicosessies zijn onderstaande problemen vanuit V&OR genoemd. De genoemde problemen zijn in dit onderzoek behandeld:

- Brugkoeling is noodzakelijk in de zomer. Brug gaat bij hoge temperaturen niet of beperkt open (in 2014 ook voorgekomen).
- Brugval is meerdere malen zijdelings verschoven (circa 2 cm), dit heeft gevolgen voor uitlijning tramsporen en veroorzaakt lawaai.
- Brugval tordeert bij openen en sluiten van de brug. Gevolg: versnelde slijtage aan hoofdlagers en tandwielkasten.
- Slijtage en olielekkage hoekkasten.
- Mechanische uitrusting einde levensduur.
- Herstelde scheur in hoofdligger 6 van het val moet worden gecontroleerd. 12 Jaar geleden civieltechnisch voor 10 jaar hersteld (blessuretijd).
- Scheurvorming in het brugwachtershuisje.
- Klachten brugwachter over vallende stukken plafond in berging boven bedieningsruimte.

Herberekening bestaande constructie

Voor herberekening van de brug gelden de volgende uitgangspunten:

- Het document: "Leidraad beoordeling constructieve veiligheid bruggen DIVV", opgesteld in overleg met DIVV (nu V&OR) en gebaseerd op het Bouwbesluit. In de Leidraad staat toegelicht wanneer een brug volgens de wet moet worden herbeschouwd.
- NEN-EN 1991-2 (Eurocode 1, deel 2: Verkeersbelasting op bruggen) in combinatie met de norm voor beoordeling bestaande kunstwerken: NEN 8700 en NEN 8701.
- De gehele brug is getoetst op 'afkeurniveau'.
  Bij herberekening op afkeurniveau wordt een restlevensduur van 1 jaar gehanteerd, waarbij wordt uitgegaan van het minimaal wettelijk toegestane veiligheidsniveau, conform NEN 8700. Als een constructie voldoet op afkeurniveau, betekent dit dat de constructie een restlevensduur heeft van in ieder geval 1 jaar. Indien de beheerder de constructie langer wil gebruiken dan 1 jaar, dan dient de beheerder elk jaar te beschouwen of er wijzigingen zijn aan de omstandigheden en de constructie.
- Geotechnische draagkracht funderingspaal: 100 kN. Zie toelichting hoofdstuk 3.
- De brug dient vanaf start opdracht (voor renovatie of vervanging) nog 5 jaar te kunnen functioneren (i.v.m. kredietaanvraag en voorbereiding contract voor renovatie of vervanging).

## 3. Aanpak onderzoek

Keuze restlevensduur voor herberekening

De Berlagebrug is gebouwd omstreeks 1931. De levensduur van 80 jaar is verstreken. Uit diverse inspecties en onderzoeksrapporten is bekend dat in ieder geval het brugval en de mechanische uitrusting aanzienlijke gebreken vertonen (zie verslagen V&OR en meest recent Jansen Venneboer). Op basis daarvan ligt vernieuwing van in ieder geval deze onderdelen in de lijn der verwachting en is er voor gekozen de herberekening van het val uit te voeren op afkeurniveau. Uit inspectie van [redacted] blijkt dat de aanbruggen zichtbare gebreken vertonen en de onderbouw kleine schades en gebreken vertoont. Op basis hiervan is er voor gekozen de herberekening van de aanbruggen en de onderbouw uit te voeren op afkeurniveau.

Door een gebrek aan gegevens over een aantal parameters (zoals exacte diameter paalpunt, exacte lengte paal, paalpuntniveau, aantasting in de punt en bepalen negatieve kleef) is het niet mogelijk om de exacte waarde voor het paaldraagvermogen te bepalen. Uit oude constructieberekeningen en –tekeningen uit het archief van Amsterdam blijkt dat voor houten palen, gefundeerd op de 1e zandlaag, werd uitgegaan van een paaldraagvermogen met een waarde van 100 kN.

Stappenplan onderzoek

Onderstaande stappen zijn doorlopen. In hoofdstuk 4 worden deze stappen nader toegelicht en worden de resultaten beschreven.

- Inspecties en materiaalonderzoek.
- Herberekening aanbrug.
- Herberekening pijler.
- Herberekening landhoofd.
- Herberekening basculekelder.
- Herberekening val.
- Bepalen maatregelen.
- Opstellen BLVC scan.
- Opstellen kostenraming.
- Afwegen varianten.
- Risicoscan.
- Bepalen advies.

## 4. Resultaten onderzoek en herberekening

### 4.1. Inspecties en materiaalonderzoek

De resultaten van de uitgevoerde inspecties en onderzoeken zijn hieronder beschreven:

Locatiebezoek IB/S&T:

De resultaten en bevindingen staan beschreven in het verslag van dit bezoek.

Inspectie [redacted] (aanbruggen en onderbouw):

Door [redacted] is van 29 tot en met 31 oktober 2014 een constructieve- en funderingsinspectie uitgevoerd aan brug 423 waarbij de volgende werkzaamheden zijn uitgevoerd:

- Een onderwaterinspectie van de constructie.
- Alle schades zijn ingetekend op een inspectietekening, waarbij de locatie, aard, oorzaak, omvang en (noodzaak tot) herstel zijn benoemd.
- Op de houten palen zijn indringingsmetingen verricht (niet op de overgang paal/betonvloer).
- Op een aantal locaties zijn houtmonsters genomen;
- Het analyseren van de houtmonsters op houtsoort, druksterkte en soort en mate van aantasting.
- Een controle van de aangeleverde tekeningen.

*Resultaten visuele inspectie:*

- In het betonwerk tussen de liggers zijn (watervoerende) scheuren geconstateerd.

- De stalen liggers zijn in goede staat. Lokaal is beginnende corrosie aangetroffen. Wel is zichtbaar dat op meerdere plaatsen uitbloedingsproduct als gevolg van lekkages zichtbaar is.
- De betonnen vloeren (landhoofden, pijlers en kelder) verkeren in goede staat. Aan het beton zijn geen tekenen van overbelasting waargenomen, zoals scheuren of afgedrukte schollen.
- De gemetselde borstweringen op de brug verkeren in goede staat. Voegen zijn enigszins uitgesleten.
- Langs de landhoofden zijn gemetselde vleugelmuren aanwezig die doorlopen als borstwering. Hierin zijn meerdere verticale scheuren aanwezig. De scheuren lopen door de steen heen en de voegen zijn gedeeltelijk uitgesleten.
- Onder water zijn aan de fundering geen schades of bijzonderheden aangetroffen. De natuurstenen voorzetwand verkeert in goede staat.
- De overgang van metselwerk op de vloer verkeert in goede staat.
- De palen zijn in goede staat. Aantasting van de buitenste schil van de houten palen is niet aangetroffen;
- De bodem bestaat uit zand en klei en bevindt zich 250 cm onder de waterlijn.

Inspectie [redacted] (staal en mechanisch):

Op 27-11-14 heeft [redacted] nader onderzoek gedaan naar volgende zaken:

- Val: controle op zichtbare scheuren, beschadigingen, roestvorming en conservering van dek en liggers, opleggingen, slijtlaag, randijzers, voegovergangen. In het bijzonder is de gerepareerde scheur in hoofdligger 6 gecontroleerd;
- Controleren balancering / meten oplegdrukken;
- Torderen val tijdens bewegingscyclus (zie 3.2.1): mogelijke oorzaken, anders dan de versleten draaipuntslagers;
- Oorzaak niet ontspannen aandrijving na opzetten brug (zie 3.2.1);
- Oorzaak verschuiven val over de draaipuntsassen (met daarmee het verlopen van de bonkelaar, het slijtagepatroon van bonkelaar en pennenbaan en het loskomen van de verankeringen van de hoofddraaipunten val) (zie 3.2.1);
- Oorzaak tikkend geluid tijdens bewegingscyclus (zie 3.2.1).

De elektrische installatie vertoont geen problemen en is niet nader geïnspecteerd.
De opdracht en resultaten zijn weergegeven in het rapport: "BRU423 Berlagebrug, v.3, 7-1-2015".

*Toestand staalconstructie:*

De voornaamste conclusies uit het rapport zijn:

- Conserveringsschade onderzijde val > Binnen 1 jaar herstellen;
- Slijtageschade slijtlaag > i.v.m. de veiligheid van verkeer, zo spoedig mogelijk herstellen;
- Speling aanvaarnok afstellen, zodat het val minder zijdelings kan verschuiven bij een aanvaring;
- Hoogte verschil en onvoldoende oplegging aan de voorhar door verouderde oplegblokken en speling tussen oplegstoelen, oplegbalk en onderbouw > binnen 1 jaar herstellen.

*Toestand mechanische uitrusting en elektrische installatie:*

De voornaamste conclusies uit het rapport zijn:

- Torderen val tijdens bewegingscyclus > Binnen 2 jaar gehele aandrijflijn uitlijnen; reviseren hoekkasten; eventueel kan worden overwogen om te kiezen voor een ander type aandrijving;

- De oplegdruk is niet te meten, vermoedelijk door een grote weerstand in de aandrijflijn. Hierdoor is de balancering en het overgewicht van het val niet vast te stellen > Binnen 1 jaar vervolgonderzoek uitvoeren waarbij, om de oplegdruk door overgewicht te kunnen meten, de aandrijflijn wordt ontkoppeld van het val.

*Prioritering:*
In overleg (IB/V&OR) zijn de aanbevelingen uit het rapport besproken en zijn de prioriteiten vastgesteld. Er is afgesproken deze acties door V&OR/S&T worden uitgevoerd:
- Herstellen slijtlaag (KVO).
- Uitlijnen aanvaarnokken (KVO).
- Herstellen vooroplegging val (KVO).
- Uitlijnen, reviseren aandrijflijn, onderzoek vooroplegdruk > V&OR voert nader overleg met S&T of dit in eigen beheer kan worden uitgevoerd.
- Herstellen van de conservering aan onderzijde brugdek.

Het is bij het ingenieursbureau niet bekend wat de stand van zaken van deze acties is.

### 4.2. Resultaten uit deformatiemetingen opgesteld door V&OR.

Sinds de uitvoering van deformatiemetingen binnen de gemeente Amsterdam is gebleken dat de objecten in sommige gevallen stabieler zijn dan de omliggende panden waar de deformatiepunten zijn gepositioneerd. De metingen van Brug 423 zijn in de loop van de tijd dusdanig aangepast en/of opnieuw ingemeten, waardoor de metingen onderling bijna niet te vergelijken zijn. Oorzaken hiervoor zijn:
- Het toepassen van een ander (verouderd) type meetspiegel.
- Het verdwijnen van oude meetpunten.
- Het herzien van het 'Oud NAP' naar 'Herzien NAP'
- Het moeten herplaatsen van verdwenen deformatiepunten.
- Ontbreken van ruwe meet data.

Geadviseerd wordt om alle metingen terug te brengen naar de 1e fase vereffening. Hierdoor komt de vervorming uit de 2e fase vereffening te vervallen en zijn de verplaatsingen realistischer en beter met elkaar te vergelijken (zie toelichting in kader hieronder). In de aangeleverde deformatiemetingen lijken geen alarmerende verplaatsingen te zitten. Na deze aanpassingen is het pas mogelijk om de conclusies van de metingen te koppelen aan de herberekening.

*Toelichting 1e en 2e fase vereffening:*
*Wanneer na het uitvoeren van een vrij netwerk vereffening de waarnemingsfouten zijn verwijderd (1e fase vereffening), wordt het netwerk aangesloten aan de omliggende referentiepunten (omliggende panden). Omdat deze referentiepunten meer deformeren, wordt het netwerk uit de 1e fase vereffening dusdanig vervormd dat deze niet meer voldoet aan de gestelde toleranties. Hierdoor kan zich de situatie voordoen dat een meting de toets doorstaat in de 1e fase vereffening, terwijl deze bij de pseudo kleinste kwadraten methode (2e fase vereffening) wordt verworpen.*

*Een ander bijkomende fenomeen bij de 2e fase vereffening is dat de deformaties die worden geconstateerd niet meer te herleiden zijn omdat deze uit twee componenten bestaat, namelijk de*

*daadwerkelijke deformatie én de geïntroduceerde vervorming in de 2e fase vereffening. Om deze geïntroduceerde vervorming te elimineren is ervoor gekozen om deformaties uit de 1e fase vereffening met elkaar te gaan vergelijken.*

### 4.3. Herberekening aanbruggen en onderbouw Berlagebrug

Voor herberekening van de aanbruggen en de onderbouw van de Berlagebrug is gebruik gemaakt van de leidraad en de normen genoemd in de uitgangspunten. Hierbij is getoetst op afkeurniveau. Voor de rapportage van de herberekening wordt verwezen naar rapport 'Constructieve beoordeling van de brug 423 (Berlagebrug)' (bijlage 6 – separaat aangeleverd).

*Aanbruggen*

De aanbruggen bestaan uit stalen liggers met een betonnen druklaag. De stalen liggers van de aanbruggen voldoen op afkeurniveau. De betonnen druklaag is zeer dun en voldoet niet. Er is niet voldoende wapening aanwezig om de momenten op te nemen. Hierdoor scheurt het brugdek en heeft het geen dwarswerking meer. De extra belasting die lokaal ontstaat op de liggers (door mindere spreiding in dwarsrichting) kan worden opgenomen door de stalen liggers waardoor er voor de gestelde referentieperiode geen bezwijken van de constructie verwacht wordt. Deze scheuren in het brugdek zijn gesignaleerd tijdens de visuele inspectie van Nebest. De scheuren zijn watervoerend en hebben invloed op de duurzaamheid van de constructie. Dit is voor afkeurniveau niet verder beschouwd. De aanbruggen moeten periodiek wel gemonitord worden. Ook moeten de aanbruggen jaarlijks geïnspecteerd worden.

*Onderbouw*

De onderbouw van de pijlers en de landhoofden bestaat uit een betonnen vloer met daarop een metselwerk wand. Het metselwerk wordt niet gecontroleerd omdat deze wordt beschouwd als gewichtsconstructie en geen scheuren heeft. Uit de toetsingen volgt dat het betonwerk van de basculekelder, pijlers, landhoofden van de brug voldoen op afkeurniveau. Het betonwerk van de onderbouw is zeer robuust uitgevoerd. Voor de periode tot de nieuwbouw van de brug wordt geadviseerd om de brug te monitoren en om de onderdelen jaarlijks te inspecteren.

*Fundering onderbouw:*

De palen onder de pijlers, landhoofden en basculekelder voldoen niet, in alle gevallen is er een aanzienlijke overschrijding van het geotechnisch paaldraagvermogen (U.C. = 2,07 (landhoofd) en U.C. = 1,70 (basculekelder en pijler)). De overschrijdingen treden niet op in een enkele paal, maar in een relatief grote paalgroep; uitgaan van herverdeling van belastingen zal dus niet zondermeer uitkomst bieden.

Er is tevens een beschouwing gemaakt van de paalbelastingen onder alleen de rustende belastingen. De resultaten zijn U.C. = 1,73 voor het landhoofd en U.C. = 1,33 voor de pijler en 1,48 voor de basculekelder. Het is duidelijk te zien dat de rustende belastingen verantwoordelijk zijn voor de grote overschrijding van het paaldraagvermogen. De veranderlijke belastingen zijn verantwoordelijk voor een toename van ongeveer 10 á 20%.

De materiaalsterkte van het hout is voldoende om de genoemde paalkrachten op te nemen.

Kanttekening: *De resultaten liggen in lijn der verwachting. Bij veel oude Amsterdamse bruggen met gelijkwaardige opbouw worden soortgelijke resultaten gevonden. Rekentechnisch voldoet de fundering niet aan de aangenomen geotechnische draagkracht van 100 kN.*
*Bij overbelasting van de palen/geotechnische draagkracht zullen er zettingen optreden en gaan de belastingen zich herverdelen over de palen doordat de onderbouw van de brug gaat vervormen of scheuren. (Dit is niet waargenomen bij de visuele inspectie van [redacted].*
*Het ingenieursbureau onderzoekt momenteel het uitgangspunt voor het paaldraagvermogen van 100 kN. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met experts op het gebied van geotechniek en houten funderingen. In dit onderzoek wordt gekeken of de parameters van de fundering voor het bepalen van de maximale waarde van 100 kN kunnen worden vastgesteld. Door de parameters van de fundering van de Berlagebrug te vergelijken met de straks vastgestelde parameters kan mogelijk geconcludeerd worden dat de draagkracht wat groter is dan 100 kN.*

*Conclusie herberekening aanbruggen en onderbouw Berlagebrug*

De fundering van de onderbouw voldoet rekentechnisch niet op afkeurniveau. Daarmee is aangetoond dat de veiligheid van de brug zich bevindt onder het wettelijk gestelde niveau. De brug moet op korte termijn ook vervangen worden. Mogelijk kan deze termijn door de resultaten van het lopende onderzoek (zie kanttekening hierboven) worden verlengd maar onze stellige verwachting is dat de palen en het betonwerk niet zullen voldoen wanneer deze worden gecontroleerd op verbouwniveau met een restlevensduur van 30 jaar.

Op basis van de bewezen sterkte van de constructie (er zijn geen duidelijke verplaatsingen waargenomen en er zijn tot op heden geen constructieve scheuren of schades waargenomen in de constructie) kan worden gesteld dat de kans op acuut bezwijken van de constructie klein is.
Tot aan de start van de bouw van de nieuwe brug moet elk jaar bekeken worden of de situatie is veranderd ten opzichte van de laatste herberekening. Ook moet jaarlijks de brug geïnspecteerd worden op tekenen van overbelasting en bezwijken van de fundering.

### 4.4. Herberekening val

Voor herberekening van het stalen val is gebruik gemaakt van de leidraad en de normen genoemd in de uitgangspunten. Hierbij is het afkeurniveau gehanteerd.
Voor de rapportage van de herberekening wordt verwezen naar het rapport 'Herijking bestaande bruggen, brug 423 Berlagebrug' (bijlage 5).
De herberekening betreft een globale toets van de hoofddraagconstructie van het val (dek, langsliggers, dwarsdragers, hoofdliggers). Hierbij wordt getoetst op sterkte en stabiliteit.

*Conclusie herberekening stalen val:*
Uit de berekening volgt dat het val onvoldoende sterk is om te voldoen aan de gestelde eisen voor afkeurniveau.

Opmerkingen:

- Het stalen rijdek voldoet niet aan de sterkte eisen; dus om te voldoen aan de norm dient dit te worden versterkt of vervangen. (De op het rijdek opgebouwde dekconstructie van het fiets-voetpad is daarom niet nader getoetst);

- De hoofdliggers voldoen niet aan de sterkte eisen. Om deze te versterken zal de constructie ingrijpend moeten worden gewijzigd.

## 5. Bepalen varianten

Op basis van de resultaten van het onderzoek is beschouwd welke varianten er mogelijk zijn in de aanpak (bijvoorbeeld hergebruik, versterken, vervangen). Voor de Berlagebrug lijkt alleen integraal vervangen een maatschappelijk acceptabele variant. In deze paragraaf wordt dit toegelicht.

Uit de herberekening van het stalen val volgt dat het stalen dek en de hoofdliggers niet voldoen aan de verkeersbelastingen volgens de geldende normen en dat hiervoor maatregelen noodzakelijk zijn.
Uit de inspectie van [redacted] volgt onder meer dat de mechanische uitrusting gereviseerd moet worden en dat, noodzakelijk en op korte termijn, nader onderzoek naar de weerstand in de aandrijflijn nodig is omdat het val niet zelfsluitend blijkt te zijn en daarom de vooroplegdruk niet met zekerheid is vast te stellen. Volgens [redacted] is het van groot belang om de vooroplegdruk vast te stellen, omdat de gevolgen van een onjuiste onbalans in het slechtste geval bij het afbreken van de aandrijflijn tijdens een draaiing, ernstige schades en kosten met zich mee brengt. Het is al bekend dat de draaipuntslagers versleten zijn. Kortom, het bewegingswerk en het val moeten worden vervangen.
Bij vervanging zal een modern bewegingswerk worden toegepast. De bewegingswerken die tegenwoordig worden toegepast zijn compacter dat het huidige bewegingswerk met tal van componenten en overbrengingen. Door het nieuwe bewegingswerk en het nieuwe val veranderen de belastingen en de locatie van de belastingen in de basculekelder en op de oplegpijler. Uit eerdere ervaringen met het vervangen van een bewegingswerk is gebleken dat een nieuw bewegingswerk in een bestaande kelder (hybride constructie) problemen oplevert voor de gehele constructie.
Het vernieuwen van het bewegingswerk en het val kan niet los worden gezien van de basculekelder, de oplegpijler en de bijbehorende paalfundering. Ook al zouden deze constructies rekentechnisch voldoen aan de huidige belastingen, dan nog zijn aanpassingen noodzakelijk.
In het geval van de Berlagebrug voldoen de funderingen van de brugkelder en de oplegpijler nu al niet op afkeurniveau. Ook de overige pijlers en de landhoofden voldoen niet op afkeurniveau. Uit de resultaten van de berekeningen blijkt dat de hele onderbouw op korte termijn vervangen moet worden.
Mogelijk blijkt uit een lopend onderzoek dat de draagkracht van de palen wat hoger is dan de aangenomen 100 kN. In het meest gunstige geval zou de onderbouw dan voldoen op afkeurniveau en wordt daarmee de termijn tot aanpak verlengd naar maximaal 15 jaar. Onze stellige verwachting is dat de palen en het betonwerk niet zullen voldoen wanneer deze worden gecontroleerd op verbouwniveau met een restlevensduur van 30 jaar.

Met gunstige resultaten uit het lopende onderzoek, ontstaat er een variant waarbij het val, bewegingswerk, brugkelder en oplegpijler worden vervangen, en de aanbruggen, pijlers en de landhoofden voor 15 jaar hergebruikt worden.
Wanneer het val, het bewegingswerk, de basculekelder en de oplegpijler alleen vervangen worden dan is, net als bij integraal vernieuwen, ook een hulpbrug nodig conform de BLVC-scan in hoofdstuk 6. Het vervangen van deze onderdelen zorgt hiermee voor de maximale overlast van de omgeving. Nadat deze onderdelen zijn vervangen dan moet binnen 15 jaar deze overlast nogmaals

worden toegestaan om de overige delen van de brug te vervangen. Dit zorgt dan voor dubbele BLVC-kosten voor dubbele overlast voor de omgeving in een beperkt tijdsbestek.

Op basis hiervan, in combinatie met de staat van de aanbruggen en onderbouw, is het advies om de beweegbare brug geheel te vervangen en daarom geen onderzoek naar renovatiemogelijkheden uit te voeren.
Als kostenbesparing kan nog worden onderzocht of de landhoofden en kademuren aan beide zijden visueel kunnen worden behouden en ontlast. Hierbij wordt een nieuw steunpunt gerealiseerd achter het bestaande landhoofd. (Conform de methode die is uitgevoerd bij de Piet Kramerbrug – brug 400).

## 6. BLVC scan

Per verkeerssoort zijn de omleidingsmogelijkheden beschouwd. Hieruit blijkt dat het niet acceptabel is om de brug te stremmen. Het aanleggen van een tijdelijke brug voor de tram, nood- en hulpdiensten en het langzame verkeer is noodzakelijk.

Met de noodzaak van een tijdelijke brug heeft R&D een schets gemaakt waar de burg mogelijk kan komen. De brug kan het beste aan de zuidzijde worden geplaatst, zie figuur 4.




Figuur 2: Hulpbrug

Uitgangspunten hierbij zijn:

- Een tijdelijke burg met val, met een doorvaartbreedte zoals de huidige situatie.
- Tram, bus, fiets en nood – en hulpdiensten over de tijdelijke brug van ca. 14 meter breed.
- Het meerijden van het autoverkeer op de trambaan is een optie om te bespreken.
- Handhaven ruimte / kelders roeivereniging(en) noordelijk van de brug.

- De tijdelijke brug ligt lager dan de huidige brug, hoogte punt nu is 4,00 NAP en dat wordt ca. 2,50 NAP. Dit heeft een hoogte beperking in het vaarwater tot gevolg.
- Verplaatsen van enkele woonboten, minimaal twee.
- Tramsporen realiseren op kade-hoogte van ca. 2,50 meter. Eventueel grondwerk op voornamelijk de westelijke kruising in verband met spoorligging. Locatie/alignement van de tramsporen bepaald het werkgebied. Dit dient in een volgende fase nader te worden onderzocht.
- Geen rekening houden met een eventuele verbreding van de huidige brug.
- Nog geen rekening gehouden met de aanwezige peperbus (transformator) en VRI kast. In het huidige schetsontwerp moeten deze worden verplaatst.

## 7. Kostenraming varianten

Er is een kostenraming gemaakt op onderzoek niveau (bandbreedte 40%). De raming is opgezet volgens de SSK systematiek (bijlage 3).

Uitgangspunten kostenraming:

- Ontwerp: enkele basculebrug in staal met gelijke afmetingen. Incl. slagbomen. Brug is Rijksmonument, uiterlijk conform bestaand.
- Aandrijving: elektromechanische aandrijving
- Besturing: voorbereid op afstandsbediening (voorzieningen t.b.v. afstandsbediening zijn niet opgenomen, uitgangspunt: kosten zijn opgenomen in project COB).
- Beweegbare hulpbrug is noodzakelijk (referentie hulpbrug t.b.v. Brug Hogesluis).
- Uitvoering: we gaan er vanuit dat de werkzaamheden in aparte bouwkuipen plaatsvinden. Aanvoer brugvallen vindt plaats over het water.
- Baggeren: we gaan er vanuit dat baggeren t.b.v. verleggen vaarweg niet nodig is.
- Fundering: we gaan er vanuit dat een deel van de houten palen getrokken moeten worden om de nieuwe fundering te kunnen aanbrengen; gaten worden gevuld met bentoniet. De nieuwe fundering bestaat uit geschroefde stalen buispalen.
- K&L: zie notitie bijlage 8.
- BLVC: geen inkomstenderving voor het GVB. Er is een inschatting gemaakt van kosten t.b.v. bovenleiding en beveiliging.
- Historische kosten V&OR: kosten onderzoek [redacted] en [redacted]
- Engineeringskosten: op basis van een percentage.

| Variant | Investeringskosten (excl. BTW) |
|---|---|
| Variant 1; vernieuwen brug | [redacted] |

Tabel 1: Geraamde investeringskosten varianten.

## 8. Risicoscan

We hebben een risicoscan uitgevoerd met als doel inzicht te verkrijgen in de noodzaak van beheersing van risico's, en vorm van de beheersmaatregelen. De uitkomsten van de herberekening, de resultaten van de inspecties en het advies van het geheel vernieuwen van de brug zijn in de risicoscan meegenomen. We hebben daarmee de risico's beschouwd voor de

termijn tot vervanging van de brug (5 jaar). We hebben als ongewenste topgebeurtenis (OTG) gehanteerd:
*De constructieve veiligheid van de brug is onvoldoende in de periode tot aan de nieuwbouw van de brug.*

De risicoscan is uitgevoerd en gekwantificeerd op basis van de vereenvoudigde matrix uit de 'Leidraad beoordeling constructieve veiligheid bruggen DIVV'. De risico's zijn gebundeld tot negen hoofdrisico's. Per risico zijn de noodzakelijke beheersmaatregelen bepaald. De kleur van het betreffende risico geeft de urgentie van beheersing aan (oplopende urgentie van groen, oranje naar rood).

De beheersmaatregelen bestaan globaal uit:
- Herstellen van de conservering aan de stalen liggers.
- Regelmatig monitoren van alle onderdelen van de bestaande brug.
- Regelmatig Inspecteren van alle onderdelen van de bestaande brug.
- Uitvoeren van korte-termijnacties zoals beschreven in hoofdstuk 4.
- Regelmatig onderhoud van de bestaande brug.
- Koelen van de brug

## 9. Advies

De Berlagebrug voldoet niet meer aan het wettelijk gestelde veiligheidsniveau. We adviseren om binnen 5 jaar zowel de bovenbouw als de onderbouw van brug geheel te vernieuwen, en te starten met de voorbereiding ten behoeve van het ontwerpen en realiseren van een nieuwe brug.
In de periode tot de nieuwbouw van de brug, wordt geadviseerd om de brug te monitoren, jaarlijks te inspecteren en de voorgestelde korte-termijnacties uit te voeren (zie hieronder).
Verder wordt geadviseerd om de deformatiemetingen aan te passen naar 1e fase vereffening om te kunnen controleren of de deformaties hetzelfde beeld geven als de herberekening.

Acties door V&OR/S&T uit te voeren (status acties bij het IB niet bekend):
- Herstellen slijtlaag.
- Uitlijnen aanvaarnokken.
- Herstellen vooroplegging val.
- Uitlijnen, reviseren aandrijflijn > V&OR voert nader overleg met S&T of dit in eigen beheer kan worden uitgevoerd.
- Herstellen van de conservering aan onderzijde brugdek.
- Onderzoek vooroplegdruk.