

RAPPORT

Belastbaarheid van de kelders in het Utrechtse wervengebied

Samenvatting van het onderzoek

Klant: Stadsbedrijven Stadsingenieurs Gemeente Utrecht

Referentie: BH3201MIRP2109221645

Status: Definitief/1.0

Datum: 22 september 2021



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX ROTTERDAM
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**
+31 10 209 44 26 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Witteveen+Bos Raadgevend ingenieurs B.V.

Leeuwenbrug 8
7400 AE Deventer
Infrastructure and Mobility
KvK 38020751
+31 (0)570 69 79 11
info@witteveenbos.com
www.witteveenbos.com

T
E
W

anteagroup B.V.

Monitorweg 29
1301 AA Almere
Infra
KvK29021830
+31 (0)36 530 80 00
info@anteagroup.com
www.anteagroup.com

T
E
W

Titel document: Belastbaarheid van de kelders in het Utrechtse wervengebied

Ondertitel: Samenvatting onderzoek kelders wervengebied Utrecht

Referentie: BH3201MIRP2109221645

Status: 1.0/Definitief

Datum: 22 september 2021

Projectnaam: Beoordeling belastbaarheid kelders Utrecht

Projectnummer: BH3201

Auteur(s): RHDHV: [REDACTED]

RHDHV: [REDACTED]

Opgesteld door: W+B: [REDACTED],

Antea: [REDACTED]

RHDHV: [REDACTED]

Gecontroleerd door: W+B: [REDACTED]

Antea: [REDACTED]

Datum: 22 september 2021

Goedgekeurd door: (voor allen) [REDACTED]

Datum: 22 september 2021

Classificatie

Open

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Belastbaarheid van de kelders in het Utrechtse wervengebied

Samenvatting van het onderzoek

Doel van het onderzoek

In het Utrechtse wervengebied is voor een groot aantal grachten en straten* de toegestane aslast beperkt tot maximaal 2 ton. Voertuigen met een hogere aslast mogen dit gebied niet inrijden. Deze beperking is al geruime tijd van kracht. Dit met als doel om beschadiging van de kelders onder de straten door te zware belasting te voorkomen. In 2014 is, op grond van een bureaustudie op basis van toen beschikbare inspectierapporten, geconcludeerd dat deze beperking van de aslasten tot maximaal 2 ton voldoet. Voor het opstellen van het programmaplan Werk aan de Werf is nader onderzoek in gang gezet om de conclusie over de belastbaarheid van kelders uit 2014 te toetsen. Dit is gebeurd in 2 fasen:

Fase 1: Voorlopige expertbeoordeling belastbaarheid kelders (januari 2021).

Fase 2: Berekening belastbaarheid kelders en bepaling aslastbeperking (september 2021)

Conclusies

In de voorlopige expertbeoordeling van januari 2021 werd geconcludeerd: *‘het is aannemelijk, dat verkeer met aslasten tot 2 ton de kelders veilig kan blijven passeren. Het risico op schade is hierbij gering’*.

Volgens de daarna uitgevoerde onderzoeken en berekeningen van de belastbaarheid van enkele kelders** leiden belastingen van de onderzochte kelders met aslasten tot 3 ton niet tot schade en leidt hogere belasting met aslasten tot 5 ton niet tot onveiligheid. Deze uitkomsten gelden voor kelders met boogconstructies in een normale staat van onderhoud en zonder scheuren of andere schades, die de krachtsafdracht verstoren. De onderzoeken en berekeningen van de belastbaarheid zijn uitgevoerd bij de kelders op 6 adressen. Dit is een klein gedeelte van alle kelders binnen het gebied met de aslastbeperking tot maximaal 2 ton. In dit gebied komen ook kelders voor met achterstallig onderhoud en/of schades, die de krachtsafdracht verstoren. Het kan zo zijn, dat in deze groep kelders exemplaren met een lagere belastbaarheid voorkomen. Op basis van de onderzoeken en berekeningen kan daarom niet worden geconcludeerd, dat alle kelders binnen het gebied met een aslastbeperking tot maximaal 2 ton belast kunnen worden met aslasten tot 3 ton, zonder dat daarbij schade optreedt.

Op basis van toetsing van de bureaustudie uit 2014 als onderdeel van de voorlopige expertbeoordeling (Fase 1) en de uitgevoerde onderzoeken en berekeningen (Fase 2) wordt geadviseerd om de geldende aslastbeperking tot 2 ton voor een aantal grachten en straten* van kracht te laten blijven.

Aanpak

Fase 1: Voorlopige expertbeoordeling belastbaarheid kelders (januari 2021).

Op basis van een gedetailleerde bureaustudie van 16 geselecteerde kelders*** is een voorlopige beoordeling van de geldende aslastbeperking tot maximaal 2 ton langs de grachten en in een aantal straten* afgegeven. Deze beoordeling, weergegeven in het rapport Voorlopige Expertbeoordeling van januari 2021, bevestigt voorlopig de conclusie uit de bureaustudie van 2014, dat een aslastbeperking tot maximaal 2 ton voldoet. In het programmaplan Werk aan de Werf, dat in juli 2021 is vastgesteld door de raad, is deze voorlopige conclusie opgenomen. In het raadsvoorstel bij het programmaplan is voorgesteld om op basis van de voorlopige resultaten van lopend onderzoek voor de belastbaarheid door verkeer voortsnog uit te gaan van een maximale aslast van 2 ton. De berekening van de belastbaarheid van de kelders in fase 2 van het onderzoek is uitgevoerd om deze voorlopige conclusie diepgaander te toetsen.

* zie <https://live.andes.nl/utrecht/plan/truck/>

** enkele kelders onder de Oudegracht, Kromme Nieuwgracht en Choorstraat

*** enkele kelders onder de Oudegracht, Kromme Nieuwgracht, Plompstorengracht, Choorstraat en Zadelstraat

Fase 2: Berekening belastbaarheid kelders en bepaling aslastbeperking (september 2021)

Voor het toetsen van de belastbaarheid van de kelders is een zeer gedetailleerd onderzoek uitgevoerd in kelders op 6 adressen:

- 1 werfkelder aan de Oudegracht;
- 3 kluiskeiders aan de Kromme Nieuwegracht (waarvan 2 op 1 adres) en
- 3 straatkeiders in de Choorstraat.

Deze keiders hebben boogconstructies in een normale staat van onderhoud en hebben geen scheuren of andere schades, die de krachtsafdracht binnen de constructie verstoren.

Bij dit onderzoek zijn drie stappen doorlopen:

1. Inspectie en inmeting:
De keiders zijn grondig technisch geïnspecteerd en nauwkeurig ingemeten. De resultaten zijn in tekst, tekeningen en foto's weergegeven in 6 afzonderlijke rapporten.
2. Berekening belastbaarheid:
Op basis van de inspectie- en meetgegevens is de draagkracht van de keiders berekend. De resultaten zijn weergegeven in de 6 afzonderlijke rapporten. Voor deze berekeningen zijn gestandaardiseerde methoden gebruikt, die voldoen aan bijpassende NEN-normen en CROW/CUR aanbevelingen. Ook deze zijn benoemd in de 6 afzonderlijke rapporten
3. Beoordeling aslastbeperking:
Op basis van de berekeningsresultaten is beoordeeld of de ingestelde aslastbeperking voor de onderzochte keiders voldoende bescherming biedt tegen beschadiging door een te hoge belasting. Deze conclusies zijn ook opgenomen in de 6 afzonderlijke rapporten.

Methode berekening belastbaarheid en bepaling aslastbeperking

Maatstaven voor de berekeningen

Voor het berekenen van de belastbaarheid van de keiders zijn drie maatstaven bekeken:

1. De bruikbaarheidsgrenstoestand van de kelderconstructie (BGT)
Dit is de situatie waarin er nog net geen schade aan de kelder optreedt. Deze grens kan gezien worden als de maximale belasting die de keiders dag in dag uit moeten kunnen opnemen, zonder dat er schade optreedt. Bij de berekening van de BGT wordt de werkelijke belasting door het reguliere verkeer zo goed als mogelijk nagebootst, dus zonder toevoegen van veiligheidsmarges in de berekening.
De belastbaarheid van bestaande constructies wordt normaliter alleen bepaald door het veiligheidsaspect (UGT), waarbij dan al eerder schade opgetreden zou kunnen zijn. Door de grens te leggen bij het voorkomen van schade(BGT), is dus een zeer veilige maar ook zinvolle grenswaarde voor de belasting bepaald.
2. De uiterste grenstoestand van de kelderconstructie (UGT)
Dit is de situatie waarin de keiders nog net niet bezwijken. Deze situatie mag alleen in heel extreme gevallen incidenteel voorkomen. Hoewel er wel schade kan optreden, is de veiligheid niet in het geding. Bij de berekening van de UGT wordt ook zo goed als mogelijk de werkelijke belasting door het reguliere verkeer nagebootst, maar worden veiligheidsmarges in de berekening toegevoegd. Hiermee wordt voorkomen, dat de berekende UGT hoger wordt ingeschat, dan voor de veiligheid verantwoord is.
Door het berekenen van de grenzen aan de belasting in de BGT én in de UGT is duidelijk gemaakt, welke marge er zit tussen de maximale belasting zonder schade aan de keiders en de belasting die schade kan veroorzaken zonder dat de kelder bezwijkt.
3. Het draagvermogen van de ondergrond (GEO)
Er is een controle uitgevoerd van de draagkracht van de ondergrond van een aantal keiders. De metselwerk keiders zijn niet op palen gefundeerd maar 'op zand' en die ondergrond heeft ook een begrensde sterkte. Het kan zijn, dat dit draagvermogen lager is dan de BGT en/of UGT en daardoor kan de toelaatbare aslast lager uitpakken.

Meerekenen van dynamische belasting door rijdend verkeer

Het verkeer dat op de straat beweegt, geeft een dynamische belasting af op de bestrating en de kelders. Hierbij valt te denken aan de belasting die ontstaat, als een zwaar voertuig met veel snelheid ineens een noodstop maakt of opeens uit stilstand hard optrekt. Een andere belasting ontstaat bij het in- en uitparkeren waarbij de banden over de bestrating wrikken. De belangrijkste dynamische belasting ontstaat echter door de deining van verkeer over een niet vlakke weg. Hierdoor wordt de statische belasting vergroot door een dynamisch effect. Dit effect werd in de oude berekeningsmethode de "stootfactor" genoemd en is in de huidige berekeningsmethode, volgens de Eurocode, in het berekenen van de belasting meegenomen. Bij de berekening is alleen het dynamische effect van het deinende verkeer meegenomen, omdat dit effect het grootst en dus maatgevend is. De andere dynamische effecten zijn dus wel bekeken, maar deze voegen geen extra belasting op de kelders toe.

De berekende belastbaarheid vertalen naar een aslastbeperking

De Nederlandse normen vereisen een bepaalde berekeningsmethode voor het beperken van de maximale aslast met bebording in een straat, boven op een constructie. In deze berekeningsmethode komen alleen borden met een maximale aslast van 3 ton of hoger voor. Dit heeft als reden, dat er rekening wordt gehouden met het overbeladen van voertuigen. Daardoor kunnen ook lichtere voertuigen met lage toegestane aslasten uitkomen op aslasten hoger dan 2 ton. De onderzochte kelders zijn daarom getoetst aan de eisen die gelden voor een verkeersbord met een maximale aslast van 3 ton.

Als in een straat een maximale aslast geldt, dan blijft er altijd een risico op het overschrijden van de ingestelde belastinglimiet. Om dit risico af te dekken, moet met een veel zwaardere belasting worden gerekend dan je zou verwachten op basis van de verkeersborden. Voor het toekennen van een aslastbeperking tot maximaal 3 ton is het vereist, dat wordt gerekend met vier zware assen van maximaal 5 ton elk inclusief de dynamische effecten. Het verschil tussen de belasting waarmee is gerekend en de werkelijke last van een stilstaand voertuig op een weegbrug is dus aanzienlijk.

Het dynamische effect is bekeken voor het verkeer, dat hoort bij het 3 tons aslastbord (dus met aslasten tot 5 ton), zonder een snelheidsbeperking, over een niet vlakke weg en zonder beperkingen aan het aantal voertuigen dat over de kelders gaat. De berekende situatie is dus verregaand ongunstiger dan de dynamische belastingen die in de werkelijkheid op de kelders inwerken.

Indien een aslastbeperking met een verkeersbord is ingesteld, dan is tegelijkertijd een maximaal toelaatbare massa van het gehele voertuig ingesteld. Bij een bord van 3 ton hoort volgens de regels een maximaal toelaatbare totale massa van 10 ton.

Uitkomsten berekeningen belastbaarheid en bijbehorende aslastbeperkingen

Op basis van de hierboven beschreven onderzoeksmethoden en met de genoemde marges, is de draagkracht bepaald van de onderzochte kelders in de bruikbaarheidsgrenstoestand, de uiterste grenstoestand en rekening houdend met de ondergrond.

adres	BGT	UGT	GEO
Oudegracht ■■■	3 ton	6 ton	3 ton
Kromme Nieuwegracht ■■■	3 ton	7 ton	3 ton
Kromme Nieuwegracht ■■■	3 ton	7 ton	3 ton
Kromme Nieuwegracht ■■■	3 ton	7 ton	-
Choorstraat ■■■	5 ton	7 ton	3 ton
Choorstraat ■■■	6 ton	10 ton	3 ton
Choorstraat ■■■	5 ton	5 ton	-

Conclusies bij uitkomsten berekeningen BGT en GEO

Voor de onderzochte kelders aan de Oudegracht en Kromme Nieuwegracht is vastgesteld, dat bij een aslastbeperking van maximaal 3 ton (waarbij dus wordt gerekend met een dynamische aslast van 5 ton) geen schade aan de kelder zal optreden.

Voor de onderzochte kelders aan de Choorstraat ■■■ en ■■■ is vastgesteld, dat bij een aslastbeperking van maximaal 5 ton (waarbij dus wordt gerekend met een dynamische aslast van 9 ton) geen schade aan de kelder zal optreden. Wel is het draagvermogen van de ondergrond bij deze kelders beperkt tot maximaal 3 ton en wordt de berekende aslastbeperking eveneens 3 ton.

Voertuigen met een aslast lager dan 3 ton en een totale massa van maximaal 10 ton passen binnen de aslastbeperking, die voor alle onderzochte kelders is berekend. De huidige aslastbeperking tot maximaal 2 ton boven de onderzochte kelders ligt lager dan de volgens de berekening toelaatbare aslast tot 3 ton.

Conclusies bij uitkomsten berekeningen UGT

De kelders kunnen worden belast met aslasten, die per kelder variëren van 5 tot 10 ton zonder te bezwijken. Daarbij kan wel schade aan de kelders ontstaan. Deze berekening geldt voor het reguliere verkeer en bevat veiligheidsmarges om te voorkomen, dat de belastbaarheid door dit verkeer wordt overschat.

Conclusies bij uitkomsten berekening bijzonder voertuig

Bij calamiteiten is een ladderwagen van de brandweer het zwaarste voertuig, dat incidenteel in het gebied moet kunnen komen. Dit voertuig heeft een maximale aslast vóór van 8 ton en een maximale aslast achter van 11,5 ton. Dit voertuig is in de berekeningen getoetst op veiligheid bij incidenteel verkeer. Uit de berekeningen blijkt, dat deze ladderwagen veilig de kelders kan passeren. Indien stapvoets (< 5 kilometer per/uur) gereden wordt, is er een beperkt risico op scheuren. Als van ongehinderd gebruik wordt uitgegaan, wat betekent hard remmen/versnellen, dan is er wel een risico op het ontstaan van scheuren. Doordat de specificaties van het voertuig precies bekend zijn en doordat de toets op incidenteel verkeer wordt uitgevoerd, mogen in deze berekening lagere veiligheidsmarges aangehouden worden dan in de berekeningen van de UGT voor regulier verkeer. Dit verklaart waarom het incidenteel passeren van dit zware voertuig met aslasten tot 11,5 ton veilig kan, terwijl de UGT voor regulier verkeer lagere uitkomsten laat zien.