



Sikkels en Polonceaus

De immense groei van reizigersaantallen op de Nederlandse stations ging aan Leeuwarden een beetje voorbij. Daarmee kreeg het moderne staal ook geen kans om het ijzeren erfgoed te verdringen. De sikkelspanten in Leeuwarden zijn tamelijk uniek: de enige nog constructief werkende sikkelspanten op een Nederlands station. Nog steeds is niet duidelijk wat de volle omvang van de schade is; dat wordt pas duidelijk na het demonteren en stralen van de kap. Blik op een grondig voorbereid herstel.

ir. W. van 't Land en ir. L.I. Vákár

Wim van 't Land is senior-constructeur en László Vákár is raadgevend ingenieur, beiden bij Movares in Utrecht.

De tand des tijds liet deze ijzerconstructie niet ongeschonden. Dat werd voor het eerst ontdekt door een opmerkelijke schilder. Bij een reguliere onderhoudsbeurt voor ProRail constateerde hij veel roest en geplamuurde scheuren in het oude ijzer. Diverse onderzoeken volgden, soms bleek direct ingrijpen noodzakelijk. Zo lieten we het dak van de lage kappen verwijderen en later ook het glas uit de westgevel. Op die manier reduceerden we

de belasting op de constructie sterk en bleef de veiligheid voor reizigers gewaarborgd. Uit de constructieve onderzoeken bleek herstel goed mogelijk. In dit artikel laten we de belangrijkste schades zien, verklaren we de oorzaak en lichten we toe hoe het herstel vorm gaat krijgen.

Historie en ontwerp

Station Leeuwarden is sinds 1863 in gebruik en werd al in 1890 en 1891 flink uitgebreid tot de huidige grootte. Onder andere met nieuwe perronkappen: de huidige 75 m lange 'hoge kappen' boven het perronplein en de huidige 125 m lange 'lage kappen' op



Foto (1918): NS/Utrechts Stadsarchief

de perrons. Dit werk werd uitgevoerd door aannemer A. Michels uit Zwolle. Deze kappen bepalen sindsdien het beeld van het station aan spoorzijde. Bij diverse verbouwingen in de vorige eeuw is het aanzien maar beperkt gewijzigd. De lage kap op perron 1 werd ingekort naar 59 m. Aan de kap op perron 3 werd in 1929 nog eens 100 m kap toegevoegd, de huidige constructie met de stalen T-spanten.

Ontwerp hoge kap

De slanke sikkelspanten van de hoge kap met aan weerszijden de eveneens licht geconstrueerde Polonceauspanten maken indruk. Materiaal was aan het eind van de 19^e eeuw duur, arbeid daarentegen goedkoop. Bij deze kappen komt dat goed tot uitdrukking. De sikkelspanten in Leeuwarden zijn uniek in Nederland, de enige nog constructief werken-



Foto: ProRail luchtfoto

1. Kapverdeling station Leeuwarden.

de sikkelspanten op een station. Ook station Amsterdam Weesperpoort, station Maliebaan (Utrecht), station Arnhem en station Zwolle hadden ooit volgens dit principe geconstrueerde kappen, deze zijn echter verloren gegaan. Constructief is een sikkelspant efficiënt in het opnemen van neerwaartse belastingen. De bovenrand staat dan onder druk en de onderkant onder trek. In Leeuwarden zijn de bovenrand en de overige drukstaven uitgevoerd als samengestelde I-profielen. De slanke onderrand bestaat uit massieve trekstaven die met scharnieren zijn gekoppeld. Draait de belastingrichting om, dan ontstaat er druk in de onderrand. Deze is al bij een beperkte kracht instabiel. Maar daarover maakte men zich bij het ontwerp van deze kap geen zorgen. Dat de wind ook voor een hoge opwaartse belasting kan zorgen was destijds onbekend. Daarom moest de voorlaatste kap met sikkelspanten in Nederland – de stationskap van Station Zwolle – het veld ruimen^[1]. Ook Polonceauspanten kennen deze zwakte. Dit zijn spanten waarvan beide benen bestaan uit onderspannen liggers die op hun beurt weer gekoppeld zijn met een trekstaaf. De door scharnieren gekoppelde trekstaven kunnen nauwelijks druk opnemen. In Leeuwarden zijn ook deze spanten opgebouwd uit samengestelde I-profielen voor de drukstaven en ronde doorsnedes voor de trekelementen. Alle spanten zijn geplaatst op voetscharnieren die hun kracht afdragen naar raamwerken van kolommen en liggers. Deze kolommen en liggers stabiliseren de kap in lengterich-

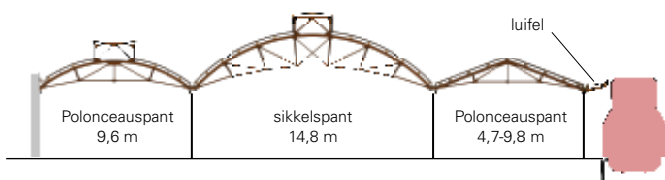
ting door portaalwerking. In dwarsrichting worden de kappen gestabiliseerd door de oplegging op de gevel van het stationsgebouw en inklemming van de kolommen in de funderingen.

Ontwerp lage kap

De constructie van de lage kappen op de perrons bestaat uit vakwerkspanten, die zijn opgebouwd uit twee buigstijve T-profielen als drukelementen en een ronde, buigslappe trekstaaf. Op het hoofdstramien zijn deze vakwerkspanten star verbonden met de kolommen door middel van gietijzeren consoles. In de lengterichting van de kap zijn I-liggers met consoles rotatiestijf verbonden aan de kolommen. De kolommen zijn ingeklemd in de fundering. In beide richtingen is de kap dus stabiel door portaalwerking. Tussen de hoofdstramienlijnen wordt het dak van de kap gedragen door vergelijkbare vakwerkspanten die opgelegd zijn op de I-ligger. Kenmerkend bij de lage kappen zijn de luifels. Oorspronkelijk kraagden deze nog verder uit, maar vanwege de elektrificatie zijn ze ingekort. Deze luifels worden gesteund door consoles.

Ontwerp T-kap

De T-spanten op perron 3 zijn van recenter datum. Het spant zelf is samengesteld uit aan elkaar geklonken staalplaten. Loodrecht op het spoor is het spant stabiel door inklemming in de fundering. In lengterichting nemen de vakwerkliggers door portaalwerking



2. Doorsnede Polonceauspanten en sikkelspant.

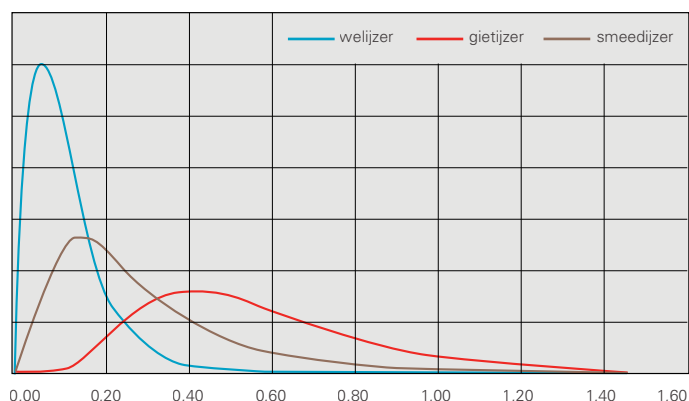


4. T-spanten.



Foto: Lut Gielen

3. Hoge kap.



5. Lognormale verdeling koolstofequivalent Leeuwarden (onderzoek Dekra).

de horizontaalkrachten op en vormen een gerberliggersysteem.

Dakhuid

Alle kappen hebben van aanleg af al een houten dakbeschot.

Ijzeren onderdelen

Het ijzer van de hoge en lage kappen werd in ruim een jaar tijd gemonteerd door een Belgische onderaannemer. De onderdelen bestaan uit verschillende ijzersoorten. Zo zijn alle kolommen, diverse consoles, voetscharnieren en gevelpanelen uitgevoerd in grijs gietijzer. Alle profielen zijn gemaakt uit welijzer, de massieve staven uit smeedijzer. Het is niet bekend waar de onderdelen geproduceerd zijn. Volgens het oorspronkelijke bestek mocht het 'gesmeed ijzer' alleen 'Engelsch of Duitsch ijzer' zijn. De profieldoorsnedes corresponderen niet met de toen al in Duitsland gebruikte

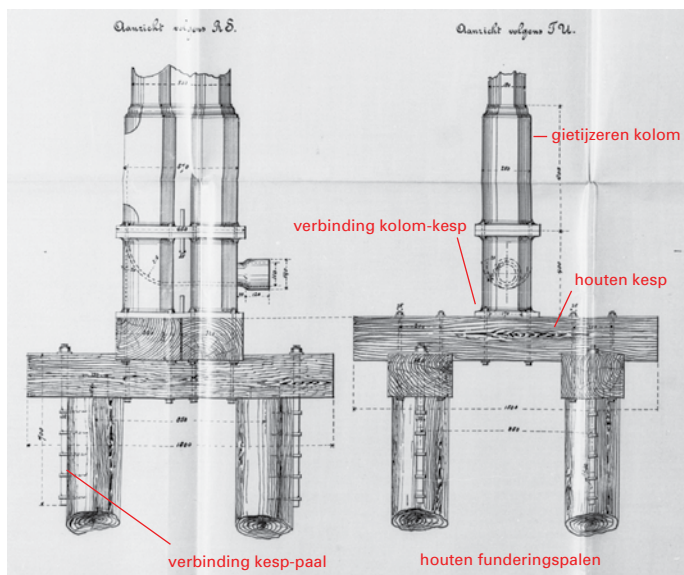
standaard, waarschijnlijk is destijds dus voor een Brits fabricaat gekozen.

Omdat het ijzer nog niet volgens breed geldende normen werd geproduceerd, is de kwaliteit van het materiaal onzeker. In samenwerking met Dekra zijn proefmonsters van de constructie onderzocht met chemische analyses en trekproeven. In de berekeningen zijn deze proefresultaten gebruikt. Het was daarbij nodig om aan de hand van de spreiding van de resultaten een veilige ondergrens van de materiaaleigenschappen te bepalen voor het gietijzer. Daarom zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd door bijvoorbeeld met zowel hoge als lage stijfheden te rekenen. De proefresultaten van het welijzer zijn consistent. Dit materiaal is wat sterkte betreft sterk vergelijkbaar met ons huidige staal. De E-modulus ligt iets lager en varieert tussen de 175 GPa en 200 GPa. Voor al deze materialen geldt dat ze moei-

lijk of niet lasbaar zijn. Onder andere het koolstofequivalent is daarvoor een indicator. Op basis van het Dekra-onderzoek blijkt deze vrij hoog te liggen en bovendien een hoge spreiding te kennen. Gietijzer is hoe dan ook niet lasbaar. Welijzer en smeedijzer kunnen alleen met specialistische laskennis gelast worden, na voorverwarmen van het ijzer. Op die manier worden slecht functionerende lassen en de vorming van het brosse Martensiet zoveel mogelijk voorkomen. Bij welijzer moet daarbovenop ook nog rekening worden gehouden met de kenmerkende gelaagdheid van het materiaal door vervuiling.

Houten funderingen

Alle kappen zijn gefundeerd op houten palen. Bij de T-kappen is daarbij gebruik gemaakt van modernere betonnen oplangers en een betonnen poer zodat het hout van de heipalen volledig in het grondwater staat.



6. Fundering kolommen hoge kap.



7. Vorstschade en een 'noodoverloop'.



8. Breuk in kolom.



9. Breuk in console (1).



10. Breuk in console (2).

De oudere lage en hoge kappen hebben echter een volledig houten fundering waarbij het grondwaterniveau tot net onder de kop van de palen reikt. Grenenhouten palen vormen samen met de daarop gelegde houten kespen een juk. Volgens het oorspronkelijke bestek is al het hout onder druk geïmpregneerd met een grote hoeveelheid creosootolie.

Geconstateerde schades

De perronkappen zijn onderhouden in de afgelopen 130 jaar. Op diverse punten was onderhoud slecht mogelijk. Veel gebreken aan de constructie zijn te vinden op slecht te onderhouden details. Een goede lezer van de schades ontdekt ook de gebreken die hieraan ten grondslag liggen. De schades zijn nog maar een steekproef, de volle omvang wordt pas duidelijk na het demonteren en stralen van de kap.

Lage en hoge kappen

Fundering

Een aantal funderingen is blootgelegd om de huidige staat op te nemen. Voor zover visueel waarneembaar, zijn de houten onderdelen van de fundering in goede staat. Bij de opname van de funderingen zijn echter geen verbindingsmiddelen aangetroffen. Uiteraard zijn deze er wel geweest, getuige ook de aanwezige sparingsen en roestige resten. Deze zijn dus verdwenen door corrosie. In feite staat de kap los op de fundering.

Gietijzeren kolommen en consoles

Veel gietijzeren kolommen en consoles zijn gebroken. De verticale breuken zijn in de meeste gevallen ontstaan omdat de kolommen als hemelwaterafvoer dienst hebben gedaan. Bij een verstopping van de afvoer zijn ze vermoedelijk stukgevroren. Op veel plaatsen zijn ook gaten aangetroffen in de gietijzeren kolommen. Waarschijnlijk als noodoverloop om het water bij een verstopping weg te laten lopen en zo een scheur in de kolom te voorkomen. Deze problemen zijn al eerder een halt toegeroepen door de hemelwaterafvoeren langs de kolommen te leiden. Deze oplossing wordt bij het huidige herstel overgenomen.

De horizontale breuken in de kolommen en consoles zijn ontstaan door overbelasting van de doorsnede. De lage kappen zijn gekoppeld aan de hoge kappen. Deze 200 m lange constructie zorgt door thermische werking voor grote vervorming van de kap in lengterichting. Dat er niet meer kolommen gebroken zijn, is vermoedelijk te danken aan de relatief slappe houten fundering.

De breuk in de gebogen rand van de gietijzeren consoles is ontstaan door windbelasting dwars op de kap. Bij dit schadegeval is de gebrekkige inklemming in de fundering juist funest. Alle portaalwerking moet dan geleverd worden door de starre verbinding tussen bovenrand en kolom: de gietijzeren console.



Een bijzonder geval van schade aan de gietijzeren kolommen is ontstaan in de Tweede Wereldoorlog. Op vrijdag 10 mei 1940, na de inval van de Duitsers in Nederland, liet de stationschef Blijham met een locomotief de overkapping van het station omvertrekken. Dit lukte niet, maar twee kolommen op het buitenste perron zijn daarbij wel gebroken. De schade in deze kolommen wordt blijvend zichtbaar gemaakt door ze inwendig te 'spalken'. Inwendig wordt een thermische verzinkte stalen buis opgenomen, aangegoten met mortel.

Na de mislukte sabotage in 1940 werd de brug over de Potmarge opengezet en liet men de stoomtrein erin rijden om het spoor alsnog te barricaderen.

De consoles zijn hier bij lange na niet tegen bestand.

Opvallend is dat bij sommige breuken geprobeerd is deze met een las te herstellen. Grijsgietijzer is echter bros door een hoog koolstofgehalte en de scherpe, lamellaire vorm van de koolstof. Het materiaal is bovendien



Foto's: Movares

11. Las in gietijzer scheurt door laskrimp.



15. Corrosie in een verbinding die een 'open bakje' vormt voor regenwater.



16. Gebroken kolom door verzetsdaad (zie p. 24).



12. Geknikte trekstaven.



13. Corrosie onderrand van de Westgevel.



14. Voorbeeld gecorrodeerde verbinding Westgevel.

slecht in staat om trekkrachten op te nemen. Een las kan in feite geen krachten overbrengen. Door krimp van de las en/of trekbelasting ontstaat er eigenlijk meteen weer een (soms dubbele) nieuwe scheur.

Welijzer en smeedijzer

Wat opvalt bij de lage kappen op perron 1 is dat de trekstaven zijn uitgebogen. Door opwaartse winddruk ontstaat er druk in de onderrand. Die drukkracht loopt nog eens extra op door de niet werkende inklemming van de kolommen op de houten fundering door de weggeroeste verbindingsmiddelen. De welijzeren profielen zijn met name aangetast door corrosie op slecht te conserveren plaatsen. De zwaarste schade is aangetroffen bij de onderrand van de westgevel van de hoge kap. Tussen de flenzen van dit H-profiel was een houten balk opgenomen, als onderdeel van de bouwkundige aansluiting van de lage en de hoge kap. Deze houten balk maakte de noodzakelijke schilderbeurten van het ijzer onmogelijk en heeft als een spons het

vocht vastgehouden waardoor het naastgelegen ijzer zwaar corrodeerde. Het ijzer bladdert in laagjes af, kenmerkend voor het gelaagd gesmede welijzer.

Veel andere corrosieschades zijn ontstaan op verbindingvlakken. Vaak omdat de verbindingen openstaan. Er is dan onvoldoende rekening gehouden met het op elkaar klemmen van ijzeren oppervlakken of er is sprake van een falende klinknagelverbinding. Daardoor trekt het vocht capillair tussen de twee verbindingvlakken. Ook zijn onderin bij de consoles die de luifels dragen nauwe bakken gevormd, waar vuil en vocht zich ophopen en onderhoud onmogelijk is.

T-kap

Specifieke schade is er ook geconstateerd bij de T-kap. Het horizontale deel van het T-spant is ingekort bij de elektrificatie van het spoor. Daarbij zijn de randliggers van het dak naar binnen geplaatst. Ze staan echter dicht bij de rand dan ooit de bedoeling was. Het U-profiel staat daarbij licht gekanteld om

water af te voeren. Gecombineerd met het feit dat diverse verbindingen met te weinig verbindingsmiddelen waren uitgerust, leidde dit tot corrosie van deze verbinding.

Daarnaast valt op dat de betonnen opstorten rondom de verticaal van het T-spant aan de uiteinden gescheurd zijn. Elk stramien van de kap is afwisselend voorzien van een vakwerkportaal of een gerberligger. Thermische vervormingen zouden dus opgenomen moeten worden door de schuifverbinding in de gerberligger. De scheuren in de betonnen opstorten tonen aan dat dit niet gebeurt. Omdat een schuifverbinding de conservering beschadigt en staal in de spooromgeving door koperslijpsel extreem snel corrodeert, is de verbinding vermoedelijk 'vastgeroest' en 'vastgeschilderd'.

Ontwerpverbeteringen

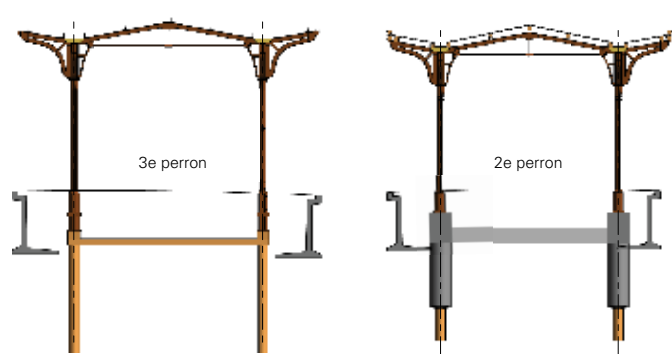
De beoogde technische levensduurverlenging is 100 jaar. Dat is alleen realistisch als de constructie ook op bepaalde principes wordt aangepast. Uitgangspunt is daarbij om de



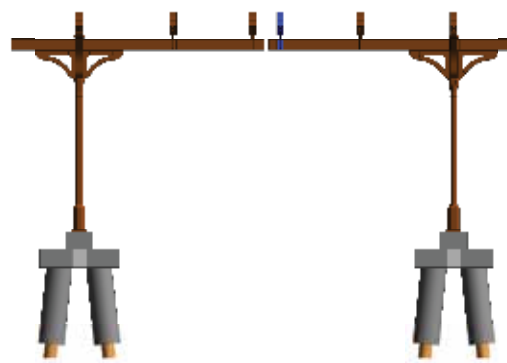
17. Links oude situatie zonder inklemming. Rechts situatie met nieuwe inklemming.



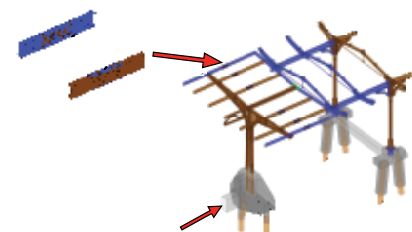
19. Voorbeeld gecorrodeerde verbinding door het ontbreken van bouten.



18. Oude en nieuwe fundering.



20. Dilatatatie in lage kap.



21. Nieuwe dilatatie tussen T-kap en lage kap. Fundering wordt extra verstevigd.



22. Mechanisme met een kleine las fixeren (rood, iets vergroot).

constructie minimaal aan te passen omdat het een monument betreft.

Maatregelen bij lage en hoge kap

Bescherming van de houten paalkop

De houten palen zijn bij lage en hoge kappen nog in goede staat. Dat blijkt uit de genomen steekproeven en het feit dat er geen extreme vervorming of zetting van de kap is geconstateerd. Peilbuisgegevens maken duidelijk dat de grondwaterstand over lange tijd sterk kan variëren. Bovendien speelt op dit moment de discussie in sommige steden om de grondwaterstand te verlagen.

Om zelfs dit ondergrondse deel van het monument te kunnen behouden is het daarom nodig de houten paalkop toekomstbestendig te beschermen. Daarvoor laten we een stalen buis aanbrengen rondom de houten paalkop tot in een conservatief laag aangehouden grondwaterpeil. De paalkop wordt opgenomen in de nieuwe betonfundering. Het hout wordt zo niet meer blootgesteld aan zuurstof en is daarmee in belangrijke mate beschermd tegen houtrot.

Maatregelen bij lage kap

Ingryp in het mechanicaschema

Om de ijzerconstructie met zo min mogelijk aanpassingen te kunnen behouden, is een aanpassing van het constructieve systeem bij de lage kappen nodig. Destijds dacht men de dwarsstabiliteit te ontleen aan een combinatie van een gedeeltelijke inklemming in de fundering en portaalwerking door de gegoten consoles. Door de beperkte capaciteit van de consoles is het nodig om de inklemming (bijna) geheel te ontleen aan een inklemming in de nieuwe betonfundering.

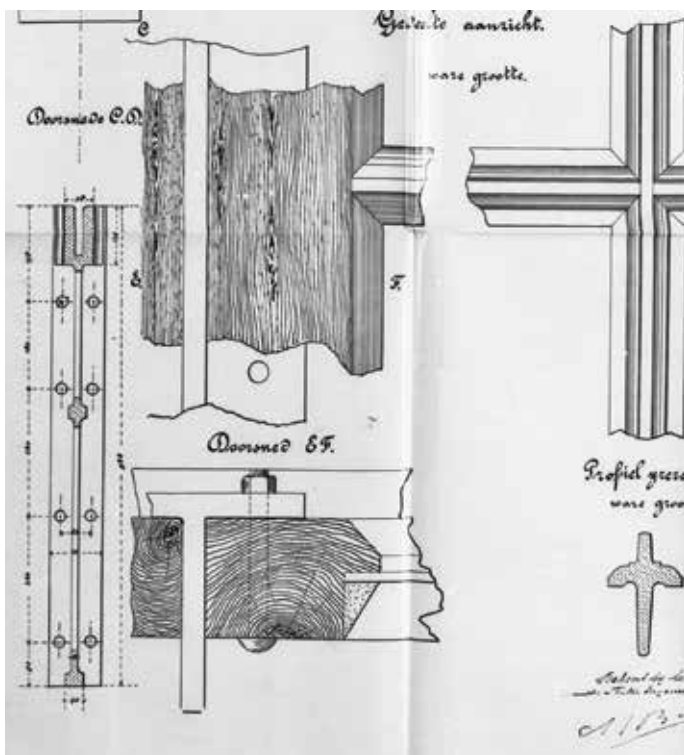
Dat is makkelijker gezegd dan gedaan. Door met de momentenlijn van dit portaal te gaan schuiven, krijgt de overbelaste console meer lucht. Tegelijk krijgt de kolom het zwaarder voor zijn kiezen. Ook de kolom is gemaakt van grijs gietijzer met een beperkte capaciteit om buigtrekspanningen op te nemen. Daarbij is ook nog eens een spreiding gevonden in de materiaalstijfheid van het grijze gietijzer. Door grip te krijgen op de wetmatigheid van deze communicerende vaten is een optimum

gevonden. De huidige consoles en kolommen kunnen opnieuw gebruikt worden voor zover deze onbeschadigd zijn. Beschadigde exemplaren worden nagegoten.

Dilataties

Diverse schades zijn ontstaan door thermische belasting. De kolommen krijgen een betere inklemming op de betonfundering, dit probleem wordt daarom groter. Om meer schade te voorkomen dilateren we de lage kappen. De dilataties leggen we in het tweede veld vanaf de hoge kap, zodat het eerste veld door portaalwerking de windbelasting op de gevel van de hoge kap kan stabiliseren. Er is daarnaast een tweede dilatatie nodig bij de lange kappen van perron 2 en 3. Die dilatatie wordt in het midden van het overblijvende ongedilateerde deel geplaatst.

De dilatatie realiseren we door een deling aan te brengen in de liggers halverwege de overspanning tussen twee kolommen. Het middelste vakwerkspan is gemonteerd op de plaats waar een dilatatie moet komen.



23a. Oude kozijndetaillering.

Daarom verschuiven we dit vakwerk en bevestigen we dit vlak naast de dilatatie. Aan de andere zijde van de dilatatie brengen we een nieuw vakwerk aan. Met deze ingreep blijft de constructie functioneren en wijzigt het huidige beeld minimaal.

Ook tussen de nieuwere T-kap en de oude vakwerkspanten komt een dilatatie. Daarvoor verwijderen we de oplegging van de T-kap op de lage kap. De lage kap breiden we uit met een nieuw te produceren uitkragend stramen. De T-kap daarentegen korten we in en die krijgt in dit veld ook een uitkraging. Door de koppeling ter plaatse van de schuifverbinding momentvast te maken met schetsplaten, is deze uitkraging realiseerbaar met gebruik van de huidige doorsneden.

Ontkoppeling van het stationsgebouw

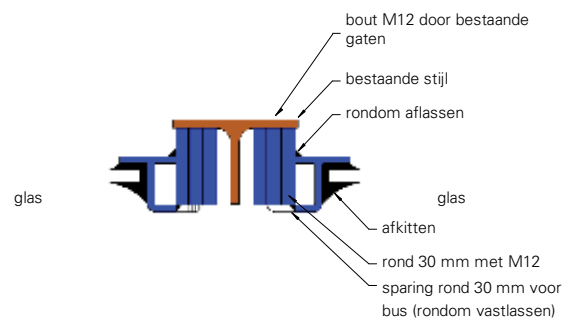
De overkapping van de lage kap op perron 1 is ingemetseld in het stationsgebouw en een naastgelegen voormalig tractiegebouw. Deze kap ontkoppelden we, omdat de krachten in de staven door deze verbinding hoog kunnen oplopen. Daarnaast zijn de ingemetselde ijzeren onderdelen niet te onderhouden. Langs

de gebouwwanden maken we een nieuwe rand om te voorkomen dat hemelwater langs de perronkap over de buitengevel van het stationsgebouw loopt, met als belangrijkste nadeel de vervuiling van de buitengevel. Bouwkundig blijft de werking daarmee gelijk aan de huidige situatie.

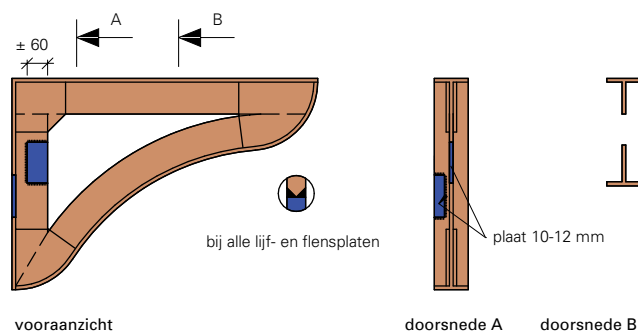
Maatregelen bij hoge kap

Stabiliteitsvoorziening

In het dakvlak van de hoge kap is in het oorspronkelijke ontwerp geen stabiliteitsvoorziening aangebracht. Het dakvlak bestaat uit kraaldelen die met een messing en groef verbonden zijn en vervolgens op de houten gordingen genageld. Dit werkt in beperkte mate als schijf. Om de schijfwerking sterk te verbeteren, brengen we over de kraaldelen houten platen aan. Horizontale belastingen op de kap zijn zo beter opneembaar en worden alsnog over de hele kap verdeeld. Bij het aanbrengen van een stabiliteitssysteem tussen twee stramienassen zouden de krachten op de huidige verbindingen in de gevel te veel oplopen. Ook het aanbrengen van stabiliteitskruisen is overwogen omdat daarmee heel



23b. Nieuwe kozijndetaillering.



24. Nieuw detail console (blauw = nieuw).

duidelijk aan de constructie afleesbaar is dat het toevoegen van een stabiliteitssysteem een latere ingreep is. Maar de vele verbindingen in de spanten en met name de gerend en scheluw verlopende Polonceauspanten aan spoorzijde, maken het aanbrengen van stabiliteitskruisen ongewenst.

Fixeren mechanisme

De onderrand van de hoofdspanten bij de hoge kap is met een schamelverbinding aan de opleggingen gemonteerd. Deze verbinding werkt als een mechanisme zodat er geen drukkracht opgebouwd kan worden in de onderrand. Bij opwaartse belastingen kan er door deze verbindingen geen kracht worden opgenomen in de onderrand. Door de schamel met een las vast te zetten, wordt het mechanisme opgeheven. De optredende drukkracht is maar beperkt, dus een kleine las is al voldoende om de onderrand stabiel te houden.

Herstel gevelbeeld

Het is niet duidelijk wanneer het oorspronkelijke gevelbeeld van de hoge kap is verdwenen.

De gevel was destijds opgedeeld met stijlen en regels met daarin houten kozijnen met een kleine ijzeren roedeverdeling en glas. Het is gissen, maar mogelijk heeft de bevestiging van de houten kozijnen op het ijzer tot zware corrosie geleid. Deze corrosie kan aanleiding zijn geweest om de oude roedes te verwijderen. De situatie is daarmee maar beperkt beter geworden. Ook de grote glazen panelen waren strak tegen de stijlen en regels van de gevel gemonteerd. In diverse details kon water ophopen wat vervolgens weer tot corrosie leidde. Door de roedes en houten kozijnen na te maken uit staal, herstellen we het oorspronkelijke gevelbeeld zonder deze kwetsbaarheden te herintroduceren. Bij het ontwerp van de gevel is rekening gehouden met conserveren van het staal en het droogventileren van details. Zo brengen we het oude gevelbeeld terug en verbeteren we tegelijk ook de toekomstbestendigheid en onderhoudbaarheid van de gevel sterk.

Maatregelen T-kap

Opheffen schuifverbindingen

De schuifverbindingen van de gerberliggers blijken niet te werken en zijn bovendien kwetsbaar voor corrosie. De bouten in de slobgaten vervangen we daarom door voorspaninjectionbouten. De huidige constructie nam de thermische uitzetting altijd al op, maar is daar nu ook op getoetst. De staalspanningen blijken beperkt maar de rotatie van de fundering is wel groot. De betonnen opzetters op de houten palen kunnen geen trekkracht opnemen. De betonnen poeren op de eindstramien worden gekoppeld zodat deze vervormingen beperkt blijven. Richting de lage kap kan de T-kap ook vervormen dankzij de eerder toegelichte nieuwe dilatatie.

Verbinding randgordingen T-kap

De problemen met de verbinding van het U-profiel aan de rand van de kap lossen we op door het U-profiel om te draaien en 200 mm naar binnen te plaatsen. Conform de huidige detailleringsregels brengen we ook extra verbindingsmiddelen aan. Deze maatregelen zijn in lijn met de oorspronkelijke bedoeling bij het ontwerp van de kap en beschermen de verbinding veel beter tegen corrosie.

Demontage en herstel

Voor het uiteindelijk doelgericht herstellen van schades aan het ijzer is een gefaseerde aanpak van inspectie, beoordeling en uiteindelijk herstel nodig. Het demonteren en stralen van de constructie maakt daar onderdeel van uit. De T-kap herstellen we zonder demontage ter plaatse.

Stralen

Alleen door te stralen is de volledige omvang van de schades echt vast te stellen. Dat is ook nodig om een nieuwe conservering aan te brengen die de monumentale ijzerconstructie de komende decennia voldoende beschermt. Omdat bij het stralen de kleurhistorie van de kap 'verloren' gaat, laten we voor het stralen uitvoerig onderzoek doen naar de kleuren die op de constructie hebben gezeten. Het resultaat gebruiken we voor een kleurhistorisch advies in samenhang met de kleurstelling (door de jaren heen) van het stationsgebouw. Dit zijn onderdelen voor de monumentenvergunning.

Schadeherstel

Na het stralen laten we de materiaalaantasting en andere schades door de aannemer zorgvuldig vastleggen. Vervolgens bepaalt de constructeur of de schade nog acceptabel is. Vervanging van oorspronkelijk materiaal beperken we tot de delen waar het constructief onvermijdelijk is. Te sterk aangetaste onderdelen laten we uitslijpen en vervangen. Het nieuwe staal wordt door middel van lassen verbonden aan het oude welijzer. Het lassen aan welijzer is onder bepaalde condities wel mogelijk, mits rekening wordt gehouden met de gelaagde opbouw van het welijzer. De aansluiting van oud op nieuw materiaal moet daarbij volledig worden doorgelast. Aansluitende delen worden voorbereid voor een strakke lasuitvoering. Daarna wordt de las niet meer vlak geslepen, het mag zichtbaar blijven dat de constructie op onderdelen is hersteld.

Corrosieschade

Corrosieschade is veelal het gevolg van een ongelukkige detaillering, waar het aanbrengen van een goede conservering onmogelijk is. Deze onderdelen vervangen we door de hoofdvorm na te laten maken uit plaatwerk.

Als hierbij klinknagels verdwijnen, accepteren we dit. Voor een deskundige is zo altijd zichtbaar dat de constructie op dat onderdeel hersteld is. De geschiedenis blijft hierdoor afleesbaar.

Gietijzer

Gebroken gietijzeren onderdelen kunnen niet zodanig worden gerepareerd dat ze hun constructieve rol kunnen vervullen. Deze vervangen we daarom door nagegoten exemplaren. De nieuwe onderdelen worden gegoten in een mal, waarvoor één van de gave onderdelen als contramal zal dienen. Voor de nieuwe onderdelen kiezen we voor het gebruik van modern nodulair gietijzer. Om de nieuwe kolommen te kunnen onderscheiden van de originele kolommen krijgen de replica's een herkenningsteken in de vorm van het jaartal van productie.

Conclusie

Met de aanpassingen aan het ontwerp in combinatie met het herstelwerk is het goed mogelijk om de monumentale kappen van station Leeuwarden te behouden. Door gebruik te maken van huidige technieken voor het herberekenen, herstellen en conserveren van de monumentale constructie bereiden we de kap voor op een technische levensduurverlenging van 100 jaar. Eind juni 2020 is ProRail al begonnen met het demonteren en stralen van de kap en het inventariseren van schades en Movares met de controleberekeningen. Eind 2022 is dit herstelproject afgerond en delen we de resultaten uit de praktijk in een volgend artikel. •

Literatuur

1 L.I. Vákár, 'Stationskap Zwolle', *Bouwen met Staal* 122 (1995), p. 11-15.