

BIJLAGEN

Partieel funderingsherstel van woningblokken

Het opstellen van een richtlijn voor partieel funderingsherstel



Technische Universiteit Delft

Suzanne de Lange

Augustus 2011

Bijlage A

Gesprekken

- Gesprek 1 Ir. D. de Jong
Procesbegeleidingsbureau De Groene Werf, Nieuwegein
- Gesprek 2 Dr. T. Nijland
TNO Bouw
- Gesprek 3 Dhr. A. Van Wensen
Stichting Platform Fundering
- Gesprek 4 Martin Mees
Wareco Amstelveen
- Gesprek 5 H. ten Zijthoff
Tegenwoordig: Projectmanager IJmere,
Hiervoor: Projectleider Funderingsonderzoek gemeente Haarlem
- Gesprek 6 Prof. Ir. C. van Weeren
Hoogleraar draagconstructies Bouwkunde
C. van Weeren heeft een eigen adviesbureau voor restauraties en gebouwschade als gevolg van funderingsproblemen.

Gesprek 1

Contactpersoon

Ir. D. de Jong
Procesbegeleidingsbureau De Groene Werf, Nieuwegein

Datum

14 januari 2011

Doel

Informatie verkrijgen over maatschappelijke kant van de funderingsproblematiek in Nederland, meer informatie over de rol van begeleidingsbureaus en meer informatie over de kosten.

Ontvangen documenten

Plan van aanpak: Funderingsherstel Willem Buytewechstraat 200 t/m 240 te Rotterdam

Door: De Groene Werf

In dit document is een plan van aanpak opgesteld voor het funderingsherstel van de Willem Buytewechstraat 200-240. De verschillende stappen in het herstelproces worden beschreven.

Samenvatting gesprek

Vanaf welk moment wordt de procesbegeleider betrokken in het funderingsherstelproces?

De rol van de procesbegeleider begint, in een ideale situatie, na de ontdekking van de funderingsschade. Het voordeel van vroeg betrokken zijn bij de problematiek, is dat het gemakkelijker is om een goed plan op te stellen met alle bewoners. Het komt ook vaak voor dat de procesbegeleider pas wordt ingeschakeld op het moment dat verschillende woningeigenaren al hun eigen plan getrokken hebben. Verschillende mensen hebben al een eigen aannemer geregeld. Bezorgde bureaus nemen dan contact op met de Groene Werf, om professioneel advies te krijgen. Het komt ook voor dat de begeleiding pas wordt ingezet als bureaus onderling ruzie hebben en samen geen oplossing kunnen vinden.

Wat is de rol van een procesbegeleider?

Na constatering van funderingsschade worden bewoners in een proces meegetrokken, waar ze niet voor kiezen, maar ook niet onderuit kunnen. De fundering moet hersteld worden en dat kost geld. Na de ontdekking van de schade ontstaat er agressie en woede bij de woningeigenaren en bewoners. Zij proberen de schuld aan anderen te geven en zoeken redenen waarom hun woning toch niet hersteld hoeft te worden. Als procesbegeleiding wordt ingezet, wordt er een bewonersavond georganiseerd. Het doel van deze avond is het overtuigen van de bewoners dat er wat moet gebeuren en dat er een plan opgesteld moet worden. Het doel is om zo vroeg mogelijk te beginnen. De bijeenkomsten worden kleinschalig georganiseerd, om op deze manier op menselijk schaal te werken.

Als alle bewoners ervan overtuigd zijn dat er een herstelplan opgesteld moet worden, begint de planfase. Dit is de fase waarin een herstelplan wordt gemaakt, waarin de wensen van de verschillende bewoners wordt meegenomen. Allereerst wordt alle basisinformatie van de woningen verzameld (technische tekeningen, documenten etc.), vervolgens worden de casco's opgenomen, in verband met de risico's van het herstel. Ook worden er gewichtsberekeningen gemaakt.

Elke bewoner krijgt een formulier dat ingevuld moet worden, waarin zij kunnen aangeven wat de bewoners aan extra wensen hebben. Bijvoorbeeld tijdens het herstel een kelder onder de woning plaatsen.

Het kost ongeveer een jaar voordat alle bewoners van een woningblok op één lijn zitten en er een herstelplan is opgesteld. Maar deze tijd is afhankelijk van de houding van de bewoners, de omvang van het project, de financiële situatie van de bewoners enz.

Ook bij de uitvoering is de procesbegeleider betrokken. Afhankelijk van de aannemer wordt de taak van de directievoering opgenomen door de procesbegeleider. Er worden plannings gemaakt, bouwvergaderingen georganiseerd en er wordt geregeld hoe de communicatie verloopt. Daarnaast wordt de kwaliteit van het werk in de gaten gehouden en gecontroleerd. Na de uitvoeringswerkzaamheden wordt de oplevering gedaan.

Enkele maanden na oplevering van het werk wordt het cascoherstel uitgevoerd. Hiervoor moet gerekend worden op extra kosten.

Bijlage A

Een indicatie van de totale herstelkosten

Uitgaande van totale funderingsherstelkosten van 70.000 euro, dan is de kostenverdeling als volgt:

De kosten (incl. BTW) die gemaakt worden zitten in:

Het funderingsonderzoek	2000,- tot 3000,- euro
De procesbegeleiding	2500,- tot 3500,- euro
Kosten aannemer	50000,- tot 60000,- euro
Legeskosten (bouwvergunningen)	50,- tot 1000,- verschil per gemeente
Financieringskosten	1000,- euro
Bouwdirectie	2000,- tot 2500,- euro

Kostenindicatie op grond van [de Jong, 2011].

De aannemerskosten bestaan uit een aantal onderdelen:

- bouw- en materiaalkosten
- sloop- en afvoerkosten
- engineeringkosten
- evt. sondering
- evt. bodemonderzoek

Daarnaast zijn er nog de kosten voor cascoherstel, dit zijn extra kosten naast de funderingsherstelkosten. De cascoherstelkosten verschillen sterk per woning.

Om funderingsherstel te bevorderen stellen gemeenten geld beschikbaar voor subsidies en laagrentende leningen. De regelingen verschillen per gemeente.

Afhankelijk van de gemeente, zijn er subsidies voor:

- onderzoek
- procesbegeleiding
- herstel (funderings- en cascoherstel).

Ir. D. de Jong vindt het van belang dat de procesbegeleiding door de gemeente wordt gefinancierd. Zo wordt gestimuleerd dat het funderingsprobleem binnen woningblokken integraal wordt aangepakt. Er wordt voorkomen dat elke woningeigenaar zelfstandig een aannemer belt en regelt dat zijn fundering wordt hersteld.

Gesprek 2

Contactpersoon

Dr. T. Nijland
TNO Bouw

Datum

24 januari 2011

Doel

Informatie verkrijgen over hoe een onderzoek naar het vervormingsgedrag van metselwerk (19^e en 20^e eeuw) kan worden opgezet. En of het haalbaar is een onderzoek op te stellen.

Ontvangen documenten

Samenvatting gesprek

Is het mogelijk om in beperkte tijd proeven te doen om te onderzoeken wat de invloed van de samenstelling van de mortel is op het vervormingsgedrag van metselwerk?

Het is lastig om aan de hand van boorkernen/monsters te bepalen wat de samenstelling is van de toegepaste mortel in het metselwerk uit de periode na 1850-1970. De oorzaak hiervan is dat het bindmiddel niet uit één component bestaat, maar uit meerdere ingrediënten. Vaak was het een combinatie van kalk, cement en tras. Het achterhalen van *de hoeveelheid bindmiddel* in de mortel is wel goed mogelijk met behulp van microscopisch onderzoek. Maar het bepalen van *de samenstelling van het bindmiddel* wordt al complexer. Hiervoor zou aanvullend chemisch onderzoek uitgevoerd moeten worden.

Geadviseerd wordt om, voor dit onderzoek, niet uit te gaan van boorkernen. Het werken vanuit recepten die fabrikanten voorschreven in de betreffende periode zou een representatiever beeld geven. Op grond van deze recepten zouden proefstukken samengesteld worden.

Het werken vanuit recepten is representatiever dan een onderzoek op grond van enkele boorkernen. Nadeel van het werken met aanbevolen recepten per periode, is dat het nooit zeker is of de toegepaste mortel ook precies volgens dit recept is samengesteld.

Als er wordt gekozen om met boorkernen te werken, moet er gebruik worden gemaakt van een groot aantal boorkernen of er moet aangetoond worden dat de gekozen boorkern representatief is voor de betreffende periode. Lastig hierbij is om te bepalen wat representatieve boorkernen zijn.

Voor het maken van proefstukken, op basis van de recepten van de verschillende fabrikanten uit de betreffende periode, moet enkele maanden uitgetrokken worden. Rekening moet worden gehouden dat het enige tijd kost voordat de materialen zijn besteld, er een proefstuk is gemaakt en voordat het proefstuk de voorgeschreven verhardingstijd heeft doorstaan. Dit betekent voordat de proeven gedaan kunnen worden, om het spannings-rekdiagram te bepalen, er enkele maanden zijn verstreken.

Dr. T. Nijland geeft aan dat er bij TNO geen onderzoek wordt gedaan naar de constructieve eigenschappen van metselwerk. TNO richt zich juist op de materiaalkundige kant van metselwerk. Dat wil zeggen dat zij onderzoek doen naar samenstellingen van mortels en advies geven in geval van restauratiewerkzaamheden aan monumenten. Voor het constructieve gedrag wordt verwezen naar Dhr. J. Rots van de TU Delft.

Gesprek 3

Contactpersoon

Dhr. A. Van Wensen
Stichting Platform Fundering

Datum

24 september 2010

Doel

Een beeld krijgen van de funderingsproblematiek in Nederland

Ontvangen documenten

Een serie foto's naar aanleiding van een wandeling door Dordrecht, langs panden met funderingsproblemen.

Samenvatting gesprek

Dhr. Van Wensen is oprichter van Platform Fundering en komt op voor de belangen van mensen met funderingsproblemen. Hij woont in Dordrecht, waar veel funderingsproblemen voorkomen. Maar vanuit heel Nederland wordt hij gebeld voor advies.

Bewoners zijn zich vaak niet bewust van de kosten van funderingsherstel. De kosten kunnen wel oplopen tot 70.000 euro. Gelukkig zijn er gemeentelijke subsidies te verkrijgen en laagrentende leningen. Deze verschillen per gemeente.

Stichting Platform Fundering komt op voor woningeigenaren met funderingsproblemen. Woningeigenaren kunnen naar de stichting bellen en krijgen advies over het zetten van de eerste stappen. Daarnaast worden ze gewezen op hun rechten en op mogelijke subsidies. Dhr. Van Wensen geeft aan dat hij ook wel eens technisch advies geeft, maar dat dit niet zijn rol is. Hij geeft dan aan woningeigenaren met funderingsproblemen aan wat de mogelijke oplossingen zijn en wat de consequenties ervan zijn. Maar voor het opstellen van een funderingsherstelplan is de stichting niet opgericht.

Na het gesprek maken we een wandeling in Dordrecht door verschillende straten waar duidelijk funderingsproblemen zijn. Verschillende voorbeelden van scharnierpanden en zakkende en scheefstaande woningen bekijken we.

Foto's naar aanleiding van wandeling door Dordrecht 24-09-2010



*Scheefstand op grens van twee
bouweenheden
Ontstaan scharnierpand*

Figuur 1



*Zakkingen van woningen gefundeerd op
staal*

Figuur 2



Scheurvorming in gevels ten gevolge van funderingsproblemen

Figuur 3



Scheurvorming in gevels ten gevolge van funderingsproblemen

Figuur 4

Gesprek 4

Contactpersoon

Martin Mees
Wareco Amstelveen

Datum

02 februari 2011

Doel

Een antwoord krijgen op de vragen:

Hoe wordt er binnen Wareco besloten welke woningen hersteld moeten worden in geval van funderingsschade van woningblokken? Dus hoe wordt bepaald wat de hersteleenheid is? Welke uitgangspunten worden gehanteerd?

Ontvangen documenten

n.v.t.

Samenvatting gesprek

Wareco adviseert funderingsherstel zoveel mogelijk per bouweenheid aan te pakken. Bij grotere bouweenheden (>10/15 woningen) wordt dat lastig en wordt er ook partieel herstel uitgevoerd. Technisch gezien zijn de grote woningblokken niet veel lastiger dan de kleine woningblokken. Maar bij grote woningblokken gaan de maatschappelijke problemen meer een rol spelen. Meer weigerende mensen, lastig beslissingen nemen, complexiteit door vele betrokkenen.

Wareco hamert op een helder beleid vanuit de gemeente. Er moeten financiële regelingen zijn voor de mensen die niet mee *kunnen* doen aan het herstel. Er moet een duidelijke lijn uitgezet worden voor de mensen die niet mee *willen* doen aan het herstel.

Op deze manier wordt voorkomen dat elke individuele woningeigenaar zelf zijn fundering gaat laten herstellen. Volgens het bouwbesluit mag elke woningeigenaar de fundering onder zijn woning herstellen, in geval van schade. Dit wel op de voorwaarde dat de eigenaren van de naastgelegen panden geïnformeerd worden. Indien zij kiezen niet mee te doen aan het herstelplan, kan de eigenaar die wil herstellen naar de gemeente gaan om een vergunning aan te vragen voor funderingsherstel. De gemeente heeft dan de plicht de vergunning te verlenen. De kans dat er, door herstel van de ene woning, in de toekomst schade ontstaat aan de naastgelegen panden, is aanwezig.

De situatie waarin bewoners individueel kiezen voor herstel, moet voorkomen worden en kan voorkomen worden door een actief beleid vanuit de gemeente.

Dhr. Mees geeft aan dat de technische kant van het probleem van het bepalen van de te herstellen eenheid niet zo lastig is, mits er een goed beleid vanuit de gemeente is. De maatschappelijke aspecten (geld en overlast) spelen een veel grotere rol.

Acceptatie van het probleem door de bewoners is een bepalende parameter in het herstelproces. Een heldere rapportage waarin duidelijk wordt wat de oorzaak en gevolgen van het probleem zijn, helpen daarbij. Daarnaast de gemeentelijke regelingen, die de bewoners tegemoet komen in onder andere de kosten. Deze factoren bevorderen de acceptatie.

In plaats van herstellen van de fundering kan er ook gekozen worden voor sloop en nieuwbouw. Dit gebeurt meestal niet aangezien de eisen vanuit het Bouwbesluit strenger zijn voor nieuwbouw. Nieuwbouwwoningen hebben een minimale breedte, vaak breder dan de oorspronkelijke woningen. Nieuwbouw betekent dus herverkaveling. Na sloop komen er minder woningen terug.

Gesprek 5

Contactpersoon

H. ten Zijthoff
Tegenwoordig: Projectmanager IJmere,
Hiervoor: Projectleider Funderingsonderzoek gemeente Haarlem

Datum

09 februari 2011-02-10

Doel

Problematiek en aanpak funderingsonderzoek in Gemeente Haarlem leren kennen.

Ontvangen documenten

Kaart woningbezit van corporatie en funderingsproblemen in Haarlem
Powerpoint-presentatie t.b.v. bewonersavond

Samenvatting gesprek

Ik krijg een rondleiding door Gemeente Haarlem, langs de projecten waar mw. Ten Zijthoff bij betrokken is geweest tijdens haar werk bij de Gemeente Haarlem. Daarnaast vertelt ze over de plannen die IJmere heeft met het woningbezit dat zij in Haarlem hebben.

Haarlem is gebouwd op een zandrug, deze is gelegen op ongeveer 6 meter diepte. Het type fundering dat in Haarlem veel voorkomt is de Rotterdamse fundering, bestaande uit grenen houten palen. Deze palen hebben een lengte van ongeveer 6 meter. Daar waar de zandrug minder diep in het aardpakket is gelegen zijn ook woningen op staal gebouwd. Daarnaast zijn er nog combinaties van deze twee funderingstypen te vinden.

De funderingsproblemen worden voornamelijk veroorzaakt door de bacteriële aantasting van de grenen houten palen. Situaties zoals in Zaanstad, waar woningen plotseling tientallen centimeters verzakken, ten gevolge van het bezwijken van funderingsonderdelen, zijn in Haarlem nog niet voorgekomen.

De problematiek in Haarlem verschilt van de problematiek in Rotterdam en Amsterdam. In Haarlem speelt vooral de bacteriële aantasting van de funderingspalen een rol. Deze grenen palen zijn bij bijna alle woningen in bepaalde wijken aan te treffen. Partieel herstel wordt hier daarom niet geadviseerd.

Gemeente Haarlem is afgelopen jaren actief bezig geweest met het aanpakken van de funderingsproblematiek. Van de overheid kregen zij een vast bedrag per jaar, dat geïnvesteerd moest worden in particuliere woningverbetering. Woningblokken werden onderzocht en hersteld. De regeling om subsidie van de gemeente te krijgen, was gebaseerd op het principe: wie het eerst komt, wie het eerst maalt. De woningeigenaren die als eerste een aanvraag deden, kwamen het eerst in aanmerking voor de subsidies. Zo ging het door tot het geld op was. Als het budget op was en er nog steeds woningeigenaren hun fundering wilden herstellen, kwamen zij op de lijst voor het volgende jaar.

Een voorwaarde die de gemeente stelde was wel dat het funderingsherstel per bouweenheid werd aangepakt. Een meerderheid van de woningeigenaren moest achter het herstel staan. Was dat niet het geval, dan kwamen de eigenaren van dat woningblok niet in aanmerking voor de bijdrage van de gemeente.

Het wordt lastig als de panden als bedrijf waren ingericht. De eigenaren van een bedrijf zijn vaak niet mee te krijgen in het herstelplan. Zij lopen veel inkomsten mis, door dat zij een periode hun werkzaamheden niet in het pand kunnen uitvoeren.

Mw. Ten Zijthoff geeft aan dat het aanpakken van funderingsherstel toen nog in kinderschoenen stond. De gemeente had er nog weinig ervaring mee, ze deden maar wat, wat in hun ogen goed leek. Er zijn ook fouten gemaakt, in het aanpakken van de funderingsproblematiek. Deze fouten komen in de loop der tijd tot uiting. Dit is een leerproces geweest voor de gemeente.

Een voorbeeld van een fout die de gemeente gemaakt heeft:

Een woningblok met funderingsschade aanpakken door alleen de hoekpanden te voorzien van een nieuwe fundering. Dit idee was gebaseerd op boeksteunen, door de zijdelingse kracht op de tussenliggende woningen,

Bijlage A

zouden deze woningen wel op niveau moeten blijven staan. Dit was de gedachte. Loop je nu langs deze blokken, dan is te zien dat de hoekpanden recht staan, maar dat de tussengelegen woningen zijn verzakt.

In Haarlem staan veel woningen met twee bouwlagen. Veel bewoners hebben gekozen voor het plaatsen van een opbouw, ook wel: een derde verdieping op de woning. Zij kregen hier van de Gemeente alleen een vergunning voor als zij hun fundering herstelden. Werd dat niet gedaan, dan was het niet mogelijk om een opbouw te plaatsen. In de wijk, is aan de opbouwen, duidelijk te zien waar funderingsherstel heeft plaatsgevonden.

Woningcorporatie IJmere heeft een groot aantal woningen in Haarlem. Deze woningen hebben allemaal funderingsproblemen omdat ze op grenen houten palen zijn gebouwd. IJmere wil al deze woningen aanpakken. In sommige gevallen betekent dat sloop en nieuwbouw.

Mw. Ten Zijthoff geeft een voorbeeld van het verschil in kosten tussen restauratie en sloop en nieuwbouw:

Restauratie (fundering en aanpakken bovengrondse situatie, wensen bewoners):

Investeringskosten: 180.000 euro

Handhavingstermijn: 25 jaar

Sloop en nieuwbouw:

Investeringskosten: 210.000 euro

Handhavingstermijn: 75 jaar

In dit geval blijkt sloop en nieuwbouw op de lange termijn een gunstige investering te zijn, door de langere handhavingstermijn.

Gesprek 6

Contactpersoon

Prof. Ir. C. van Weeren

Hoogleraar draagconstructies Bouwkunde

C. van Weeren heeft een eigen adviesbureau voor restauraties en gebouwschade als gevolg van funderingsproblemen.

Datum

04 april 2011

Doel

Meer informatie over de omgang en ernst van scheurvorming in bestaand metselwerk

Ontvangen documenten

Weeren, prof. Ir. C. Van, (2011), *Beoordeling van monumentale constructies*, studiedag scheuren, scheefstanden, verzakkingen.

Samenvatting gesprek

Prof. Van Weeren geeft aan dat scheurvorming in gebouwen niet zo ernstig is, als men vaak denkt. Scheurvorming in metselwerk is pas ernstig als het de stabiliteit van een constructie in gevaar brengt. De criteria die funderingsonderzoekers vaak hanteren, vindt hij erg streng. Deze criteria voor maximale hoekverdraaiing zijn criteria die geschikt zijn om te gebruiken, als de eigenaar van een woning aangeeft dat hij of zij geen onderhoud wil plegen.

Het gesprek gaat over scheurvorming als gevolg van funderingsproblemen. Prof. van Weeren geeft aan dat indien de ernst van een funderingsprobleem niet toeneemt in de tijd (d.w.z. het probleem stabiliseert zich in de tijd) andere oplossingen economisch aantrekkelijker worden dan funderingsherstel. Ook al zijn de criteria (maximale hoekverdraaiing in het metselwerk en scheefstand) al overschreden.

Funderingsherstel is een dure oplossing, maar geeft garantie dat de constructie weer 25-50 jaar mee kan. Er kan ook gekozen worden (als zeker is dat het probleem zich stabiliseert) om regelmatig (bijv. elke 5 jaar) onderhoud te plegen aan de woning, om de gevolgen van het funderingsprobleem te beperken. Daarbij gaat het om onderhoud in de zin van: het uitkrabben en dichtvoegen van de scheuren in het metselwerk. Wordt dit opgenomen in de onderhoudsplanning, dan is dit een economisch aantrekkelijker oplossing, dan herstel van de fundering.

Hij maakt onderscheid tussen primaire en secundaire schade. Primaire schade is schade die een direct gevolg is van funderingsproblemen. Bijvoorbeeld scheefstand en scheurvorming. Secundaire schade ontstaat als gevolg van primaire schade. Dat kan bijvoorbeeld zijn, water lekkage als gevolg van scheurvorming in het metselwerk. Door gebrekkig onderhoud, leiden primaire problemen vaak tot secundaire problemen, waardoor de situatie verergerd wordt.

Prof. van Weeren geeft aan dat stabiliteitsproblemen ten gevolge van scheurvorming en hoekverdraaiingen in metselwerk voorkomen kunnen worden, door regelmatig scheuren opnieuw te voegen. Ook moeten de verbindingen tussen metselwerk en andere constructieve onderdelen worden onderhouden. De kwaliteit van verbindingen is essentieel voor stabiliteit.

In de praktijk wordt vaak het advies gegeven om een fundering te herstellen. De oplossing die prof. van Weeren aandraagt, om de problemen met regelmatig onderhoud op te lossen, worden in de praktijk maar weinig uitgevoerd. Een reden hiervoor is dat funderingsherstel is af te dwingen door gemeentes, terwijl onderhoudswerkzaamheden dat niet zijn.

Bijlage B

Bouwstromen in de 19^e en 20^e eeuw

De ontwikkeling van woningbouw in de 19^e en 20^e eeuw in Nederland

Funderingsproblemen leiden bovengronds tot schade. Om te begrijpen waar de schade ontstaat, wat de gevolgen van de schade zijn en hoe deze schade voorkomen kan worden, is het van belang de opbouw van de bovengrondse constructie te kennen. Hiervoor heb ik een onderzoek gedaan naar de bouwstromen in de 19^e en 20^e eeuw in Nederland.

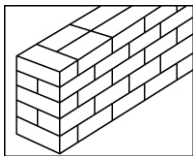
Er wordt allereerst ingegaan op de ontwikkeling van de bouwmaterialen in de woningbouw. In de paragraaf daarna wordt er dieper ingegaan op de eigenschappen van metselwerk. Daarna wordt er een overzicht gegeven van woningbouw in Nederland in de 19^e en 20^e eeuw. Er wordt alleen ingegaan op woningen waarbij er kans is op het ontstaan van scharnierpanden. Vrijstaande woningen en hoogbouw komen niet aan bod. Vervolgens een paragraaf over de bovengrondse problemen die er kunnen optreden bij woningen met funderingsschade. En ten slotte een conclusie.

Ontwikkeling bouwmethoden en -materialen

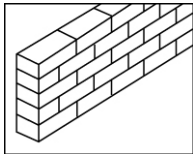
De Nederlandse bouwmethoden en –materialen zijn afgelopen eeuwen ontwikkeld en verbeterd. In deze paragraaf worden een aantal bouwconstructieve aspecten behandeld die van invloed zijn op de bovengrondse schade ten gevolge van de funderingsproblematiek.

Bouwmuren

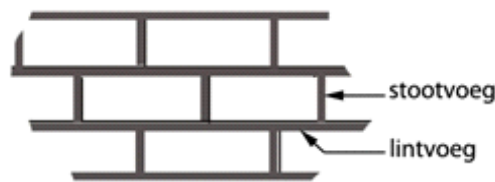
Al eeuwen wordt metselwerk in Nederland gebruikt als bouw materiaal. Door de jaren heen zijn er een aantal veranderingen opgetreden in het gebruik ervan. Tot 1920 werden woningen opgetrokken uit massieve bouwmuren van metselwerk. Deze bouwmuren waren meestal steens. Dat wil zeggen dat de dikte van een bouwmuur één steenlengte dik is. Zie figuur 1. Na 1920 werd deze muur steeds minder toegepast, deze werd vervangen door de spouwmuur.



Figuur 1 Steens

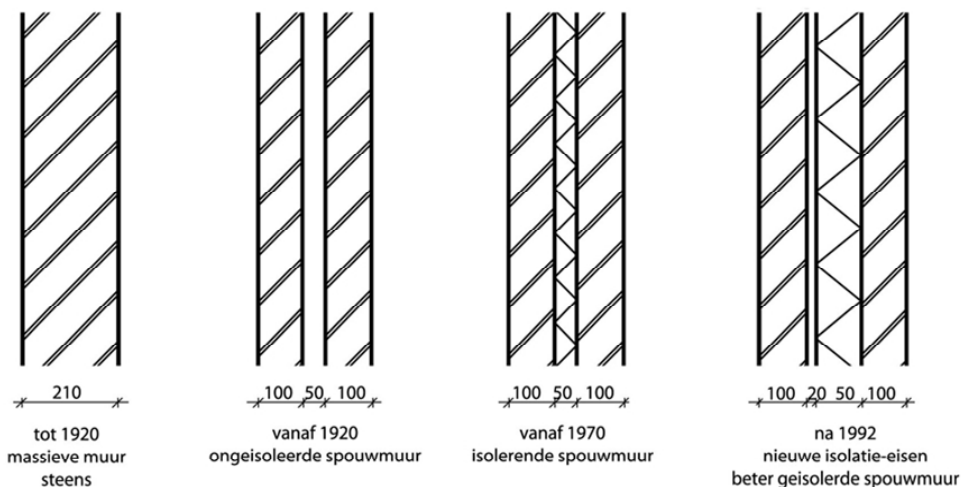


Figuur 2 Half steens



Figuur 3 Stootvoeg en Lintvoeg

Doordat de stootvoegen van deze constructies een zwak punt vormden, trad er vochtinslag door de muur op. Om dit vochtprobleem op te lossen, bouwde men vanaf 1920 in Nederland spouwmuuren in plaats van enkele muren. Dit zijn muren bestaande uit een binnen- en een buitenblad. Tussen deze bladen is een open ruimte waar evt. isolatiemateriaal kan worden toegepast. De binnenmuur had een constructieve functie, dragende houten vloerbalken waren hier in opgelegd. De buitenmuur had een regenwerende en een architectonische functie. Het binnen- en buitenblad hoeven niet per sé van het zelfde materiaal te zijn. Door de jaren heen zijn hier veranderingen in opgetreden. In de beginjaren waren beide muren uit halfsteens metselwerk opgebouwd. Later is het binnenblad vervangen door beton. Waardoor het metselwerk zijn constructieve functie verloor. Na de energiecrisis in 1970 is de spouwmuur breder geworden om zo een betere isolerende waarde te halen. Vanaf 1992 werden er strengere eisen gesteld aan de isolerende werking.



Figuur 3 Opbouw dragende muur

Vloeren

Vloeren bestonden tot halverwege de 20^e eeuw uit hout. Pas vanaf ongeveer 1950 is men overgegaan op steenachtig materiaal.

Dilatatievoegen

Door temperatuurswisselingen treden er vervormingen op in constructiematerialen. Gevels staan voortdurend bloot aan klimaat- en temperatuurswisselingen. Dat betekent dat hier in het ontwerp rekening mee moet worden gehouden om schade te voorkomen. Bij veel vroege metselwerkconstructies treedt er scheurvorming in de gevels op doordat vervormingen worden tegen gehouden door het ontbreken van dilatatievoegen. Pas vanaf de jaren 80 is men hier rekening mee gaan houden en werden gebouwen gedilateerd.

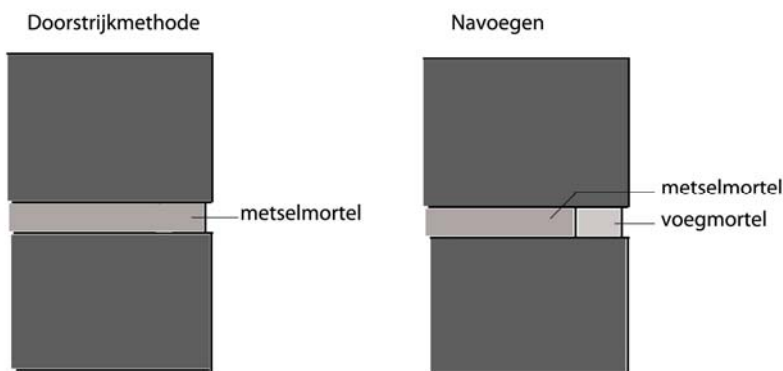
Eigenschappen metselwerk

Funderingsproblemen leiden bovengronds tot schade. Deze schade uit zich in het scheuren en verzakken van gevels. Hier worden de eigenschappen van metselwerkconstructies behandeld, die verband houden met de ondergrondse funderingsproblematiek.

- **Opbouw metselwerk**

In Nederland is het gebruikelijk om het metselwerk, te voegen na het metselen. Dit houdt in dat na het strijken de voegen worden uitgekrabd. Later worden deze voegen gevuld met een voegmortel, die zich hecht aan de metselmortel. Het voordeel van het navoegen is dat er schoon metselwerk kan worden verkregen. Ook architectonische aspecten spelen een rol. Door de voegmortel op een bepaalde manier samen te stellen, kan de vormgeving (kleur en plasticiteit) van de gevel worden beïnvloed. De voegmortel heeft constructief gezien geen functie, maar vormt wel een beschermlaag voor de achterliggende metselmortel.

Voor 1900 werd metselwerk doorgestreken. Dit betekent dat er over de gehele doorsnede van het metselwerk dezelfde mortel wordt gebruikt. Constructief gezien is doorstrijken beter, omdat zo de volledige muurdikte dezelfde eigenschappen heeft en een monoliete constructie vormt.



Figuur 4 Doorstrijken vs. Navoegen

- **Constructieve eigenschappen metselwerk**

Metselwerk is inhomogeen. De sterkte verschilt van plek tot plek. Daar waar zwakke plekken zijn, is het gevoelig voor scheurvorming. Daarnaast is metselwerk anisotroop, dit betekent dat de sterkte-eigenschappen verschillen per richting. In de richting van de lintvoeg heeft het metselwerk een hogere treksterkte dan in de richting van de stootvoeg.

Voor constructief gebruik van metselwerk is het van belang de sterkte-eigenschappen en het vervormingsgedrag te kennen. De sterkte-eigenschappen zijn: druksterkte, treksterkte en schuifsterkte. Het vervormingsgedrag is afhankelijk van de elasticiteitsmodulus.

Metselwerk is een composiet materiaal. Het bestaat uit stenen en mortel, met elk hun eigen constructieve eigenschappen. De samenwerking tussen beiden resulteert in de eigenschappen van het metselwerk.

De eigenschappen van het metselwerk worden bepaald door:

- De eigenschappen van de mortel
- De eigenschappen van de steen
- De hechting tussen steen en mortel
- Het metselverband
- Belastingsnelheid of zakkingsnelheid.

▪ Eigenschappen van de mortel

Periode en toepassing

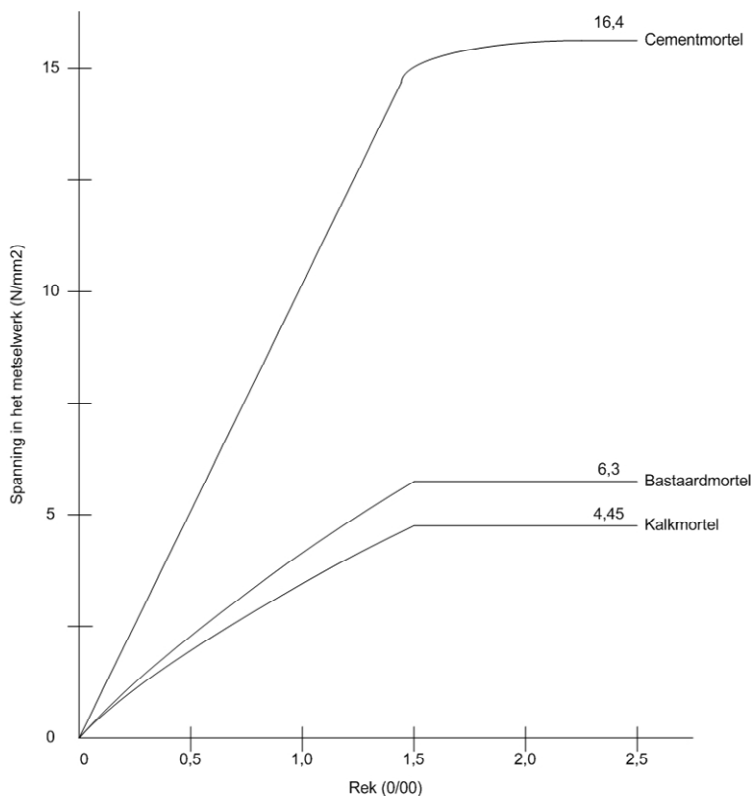
De mortelsoorten die de 19^e eeuw en 20^e eeuw werden toegepast, waren: cementmortel, bastaardmortel, kalkmortel. Tot ongeveer 1850 werd voornamelijk kalkmortel gebruikt. Later werd er steeds meer cement in de mortel verwerkt. Tegenwoordig wordt veel gebruik gemaakt van cementmortels.

Samenstelling

Mortels bestaan uit een mengsel van zand, water en een bindmiddel. Eventueel worden er nog extra stoffen toegevoegd om de verwerkbaarheid te verbeteren. Bindmiddelen kunnen zijn Portland cement, hoogovencement, kalk en gips.

Eigenschappen

De hoeveelheid kalk en cement in de mortel bepaalt de sterkte- en vervormbaarheidseigenschappen van het metselwerk. Hoe meer kalk er in het mengsel zit, des te beter de verwerkbaarheid en de vervormingseigenschappen. Kalkmortel bevat relatief veel kalk en relatief weinig cement. Bij cementmortel is dat andersom en bastaardmortel zit qua samenstelling tussen beide in. Hoe meer cement er in het mengsel zit, des te groter de sterkte. Maar de mortel wordt ook brosser. Dit is weergegeven in figuur 5.



Figuur 5 Spanning-Rek-diagram metselwerk, afhankelijk van samenstelling

Kalkmortel kan langzame vervormingen volgen, zonder daarbij te scheuren. Bij langzame vervormingen moet gedacht worden aan vervormingen ten gevolge van zetting bij een fundering op staal. En bij een fundering op palen vervorming als gevolg van negatieve kleeft.

Bovengrondse vervormingen ten gevolge van aantastingen van het funderingshout zullen leiden tot scheurvorming, onafhankelijk van de mortel.

Om spanningen in het metselwerk te voorkomen, wordt bij de samenstelling van een bepaalde steen en mortel rekening gehouden dat deze ongeveer dezelfde elasticiteitsmodulus hebben en dus ook hetzelfde vervormingsgedrag.

▪ Eigenschappen van de stenen

Er zijn tegenwoordig stenen in alle kleuren, soorten en maten verkrijgbaar. Het zijn in Nederland voornamelijk de vooroorlogse woningen die te maken hebben met funderingsproblemen. De stenen die toen veel gebruikt werden, zijn de kalkzandsteen en de baksteen.

Kalkzandsteen

Periode en toepassing

Periode dat deze steen voor buitenmuren werd gebruikt: 1900-1925

Tegenwoordig nog wel voor binnenmuren. [Wikipedia, 2010]

Samenstelling

Kalkzandsteen bestaat uit water, zand en ongebluste kalk (calciumoxide).

Eigenschappen

Kalkzandsteen is zachter dan baksteen en dus gevoeliger voor slijtage. Het is minder bros dan baksteen.

Daarnaast is kalkzandsteen gevoeliger voor thermische en hygrische uitzetting. Doordat het materiaal kwetsbaar is, wordt het niet veel meer gebruikt.

Baksteen

Periode en toepassing

Baksteen wordt al vanaf het begin van de beschaving gebruikt als bouwproduct. Rond 1900, periode van de industrialisatie in Europa, werd het productieproces gemechaniseerd. Baksteen werd toen steeds grootschaliger toegepast.

Samenstelling

Baksteen bestaat uit gebakken klei. De samenstelling van de klei, de baktemperatuur en -tijd en de hoeveelheid aanwezige zuurstof tijdens het bakken, bepalen de eigenschappen van de baksteen.

Eigenschappen

Hoe hoger de baktemperatuur, des te harder is de steen. Baksteen is brosser en vormvaster dan kalkzandsteen.

▪ Hechting tussen steen en mortel

De hechtingseigenschappen tussen steen en mortel worden onder andere bepaald door het zuigvermogen van de steen. Als een steen een groot zuigvermogen heeft, zal dit tijdens het metselen een grote hoeveelheid water aan de mortel onttrekken. Dit leidt tot een slechte hechting tussen beide. Bevochtigen tijdens het metselen kan voorkomen dat de hechting onvoldoende is.

▪ Metselverband

Er zijn door de jaren heen veel verschillende metselwerkverbanden toegepast. De keuze voor een bepaald verband vloeit voornamelijk voort uit architectonische overwegingen. Het verband heeft invloed op de constructieve eigenschappen van een muur. Hoe meer het metselwerk met elkaar verweven is, des te groter de samenhang en des te kleiner de kans op scheuren.

▪ Belastingnelheid

De snelheid van de belasting op het metselwerk is van invloed op het scheurgedrag van het metselwerk. Indien er een langzame zetting optreedt, kan het metselwerk deze verzakking volgen, zonder daarbij scheuren te laten

zien. Dit zijn bijvoorbeeld zakkings van woningen ten gevolge van overbelasting van de houten paalfundering door het optreden van negatieve kleef.

De kans op scheurvorming is groter als er plotselinge verzakkingen optreden. Bijvoorbeeld als een paal bezwijkt ten gevolge van bacteriele aantasting.

Metselwerk vertoont elasto-plastisch gedrag. Bij een toenemende druk, ontstaat er een grotere spanning in het metselwerk. Bij een 2 keer zo grote spanning, ontstaat een 2 keer zo grote vervorming. Dit is het elastische gedrag. Na het bereiken van de maximale druk, kan de spanning in het metselwerk niet verder toenemen. Bij een toenemende drukkracht, zal de constructie vervormen totdat deze de stuikwaarde bereikt en bezwijkt. Voor trek wordt er vanuit gegaan dat het metselwerk zich lineair elastisch gedraagt. De vervormingscapaciteit is gering, het materiaal is bros. In figuur 5 is het spanning-rek-diagram weergegeven van metselwerk, deze is afhankelijk van de samenstelling van de mortel. Het elasto-plastische gedrag is te zien aan het lineaire verloop van het eerste gedeelte van de grafieken.

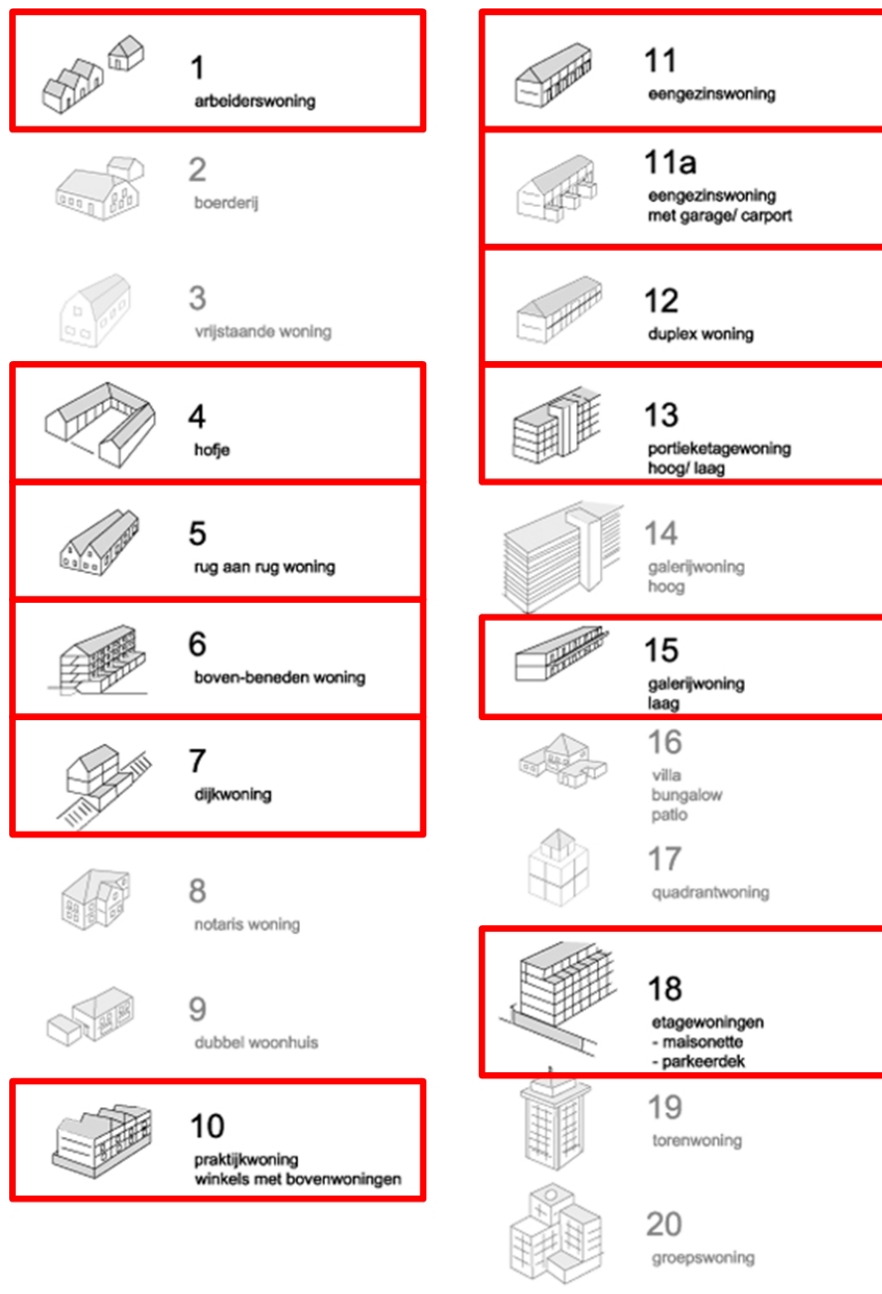
Gevels die verzakken ten gevolge van zettingen van grond, het bezwijken van funderingspalen en overbelasting, worden belast op buiging. Er treedt een verticale uitbuiging op van de gevels. Dit resulteert in schuifspanningen in het metselwerk. Indien deze spanningen te groot worden, treedt er scheurvorming op. Uit de praktijk is gebleken dat deze scheurvorming voornamelijk plaatsvindt op het hechtvlak tussen de steen en de mortel. Dat wil zeggen dat de steen en de mortel in dit geval niet scheuren.

De hechtsterkte tussen steen en mortel is een belangrijke eigenschap die de gevoeligheid voor scheurvorming van het metselwerk beïnvloedt. De hechtsterkte is niet alleen afhankelijk van de eigenschappen van de steen en van de mortel, maar ook van de uitvoeringsomstandigheden.

Bouwstromen woningblokken in de 19^e en 20^e eeuw

Deze paragraaf zal een overzicht geven van de ontwikkeling van de woningbouw in Nederland in de 19^e en 20^e eeuw. Dit overzicht behandelt de technische aspecten van de woningbouw die van invloed zijn op de funderingsschade en het herstelplan. De fundering, de constructieve opbouw en materialen en de woningplattegrond zullen aan bod komen.

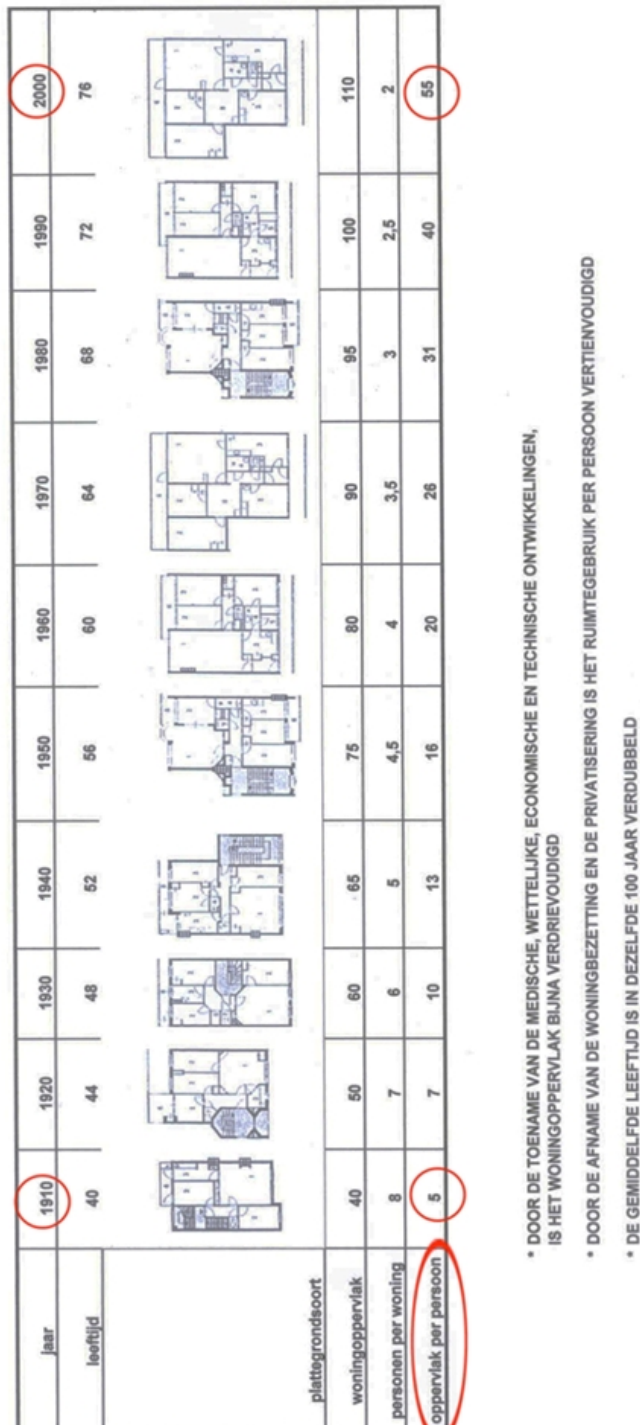
Verschillende woningtypes zijn er in Nederland gebouwd. Hieronder zijn een aantal woningtypen weergegeven [Bremen van den, Jong de, Peters – van der Gouw, van Wijngaarden, 2009]. De rood-omrande types zijn woningen die te maken kunnen hebben met scharnierpanden, indien er funderingsproblemen optreden.



Figuur 6 Woningtypes in Nederland

Bijlage B

Er is onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van de woningplattegrond door de jaren heen [Groenendijk, Tjihuis, Wijngaarden van, Hooykaas, 2010]. Het resultaat van deze studie is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 7 Typische plattegronden woningbouw in Nederland

De woningen zijn door de jaren heen ruimer opgezet, ze zijn groter. Daarnaast is er een toename in het aantal vierkante meters per persoon. Er is een afname in het aantal personen per woning. Hierna zal per periode worden ingegaan op de bouwmethode en de woningtypologie. Het overzicht zal niet een compleet geheel worden van de woningbouw door de jaren heen. Van elke periode worden slechts een aantal voorbeelden gegeven van typerende woningen. Voor funderingsonderzoek en –herstelplannen is het van belang de constructieve opbouw en de waarde van de woning te kunnen inschatten, zodat het herstelplan hierop afgestemd kan worden.

Periode: voor 1850

Inleiding

Armoede op het platteland dreef de bevolking naar de stad. Daar waren veel nieuwe woningen nodig. In korte tijd werden er veel woningen van slechte kwaliteit neergezet. Dit was de revolutiebouw. Arbeidersgezinnen woonden met veel mensen in kleine eenkamerwoningen. Er waren slechte woonomstandigheden.

Constructieve opbouw – Fundering

Fundering-soort

-Fundering op staal

-Fundering op houten palen, met daarboven houten funderingsbalken en het funderingsmetselwerk. Dit metselwerk was soms in togen uitgevoerd.

Voornameijk grenen en vuren houten palen, af en toe eiken en elzenhout.

Fundering-ontwerp

Ontwerp fundering op grond van ervaring en gevoel. Er werden nog geen berekeningen gemaakt. Er werd ook geen rekening gehouden met negatieve kleeft

Constructieve opbouw – Bovenbouw

Draagconstructie

Gevels bestaande uit steens metselwerk hebben een dragende functie. Een houten skelet aan de binnenzijde zorgt voor de inwendige constructie. De houten balken van de vloeren zijn ingekast in het metselwerk.

Vloer

De eerste vloeren in gebouwen bestonden uit aangestampt leem. Later werden er steenachtige vloeren toegepast, deze werden direct op de ondergrond (maaiveld) geplaatst.

Gevels

Metselwerk

Het metselwerk is opgebouwd uit bakstenen en kalkmortel.

Kalkmortel heeft een grote vervormingscapaciteit. Scheuren ten gevolge van zettingsverschillen kunnen opgenomen worden door het metselwerk, zonder te scheuren.

Gevelopbouw

De gevels bestaan uit steens metselwerk

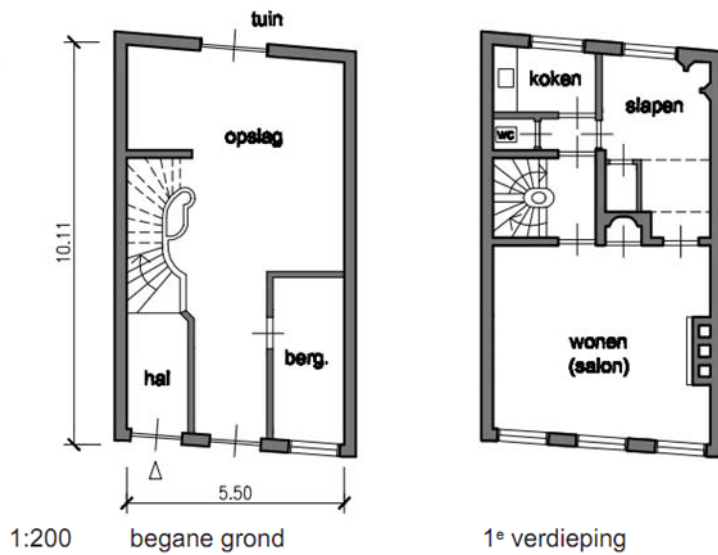
Dilatatievoegen

Dilataties werden nog niet toegepast. Dilateren was bij metselwerk met deze samenstelling ook niet nodig, metselwerk had grote vervormingscapaciteit

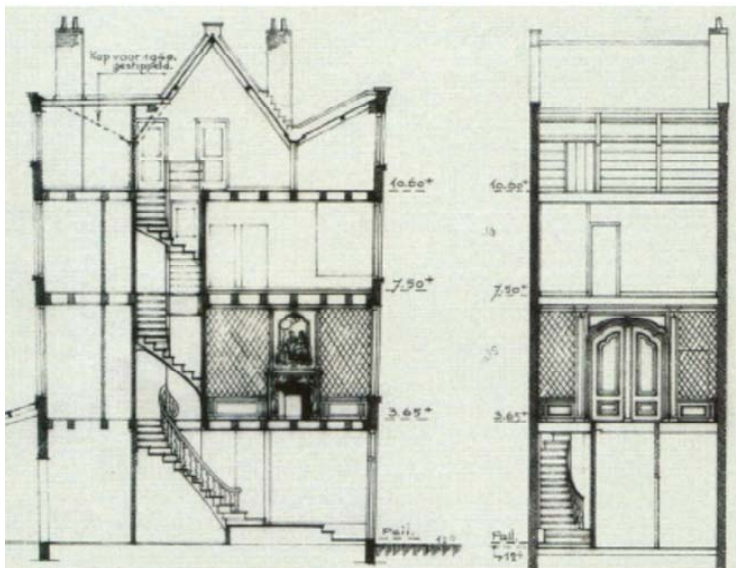
Bijlage B

Woningtype en -plattegrond

Een voorbeeld van een woning uit 1700 in Rotterdam wordt hier gegeven. Het is een eensgezinswoning bestaande uit een opslag en een woongedeelte. De constructie bestaat uit een houten skelet en dragende gevels van metselwerk [Rotterdam-woont, 2010].



Figuur 8 Plattegrond eensgezinswoning



Figuur 9 Doorsnede eensgezinswoning

Periode: 1850-1900

Inleiding

Dit was een periode van grote stedelijke uitbreidingen. Er was veel vraag naar nieuwe woningen. Deze werden in korte tijd opgebouwd, maar hadden een zeer slechte (bouwtechnische) kwaliteit.

Constructieve opbouw – Fundering

Fundering-soort

-Fundering op staal

-Houten paalfundering

Voornamelijk grenen en vuren houten palen, veel voorkomende fundering Amsterdamse en Rotterdamse fundering. Boven de palen het kesp- en langshout en het funderingsmetselwerk.

Fundering-ontwerp

Ontwerp op grond van ervaring met andere panden. Er werden geen berekeningen gemaakt. En er werd geen rekening gehouden met negatieve kleeft.

Constructieve opbouw – Bovenbouw

Draagconstructie

Gevels bestaande uit steens metselwerk hebben een dragende functie. Een houten skelet aan de binnenzijde zorgt voor de inwendige constructie. De houten balken van de vloeren zijn ingekast in het metselwerk.

Vloer

Houten balken opgelegd in metselwerk dragen houten planken (ongeveer 25 mm dikte).

Gevels

Metselwerk

Het metselwerk is opgebouwd uit bakstenen en bastaardmortel.

De bastaardmortel bevat minder kalk dan de oorspronkelijk gebruikte kalkmortel. Aan de bastaardmortel is cement toegevoegd. Hoe meer cement in de mortel, des te sterker het metselwerk. Maar het metselwerk wordt ook brosser en gevoeliger voor scheuren.

Gevelopbouw

De gevels bestaan uit steens metselwerk

Dilatatievoegen

Dilataties werden nog niet toegepast.

Woningtype en –plattegrond

De rugaanrug woning werd tot 1900 gebouwd in Nederland. Per woning is er één gevel met gevelopeningen. De andere drie zijden van de woning zijn woningscheidende wanden.

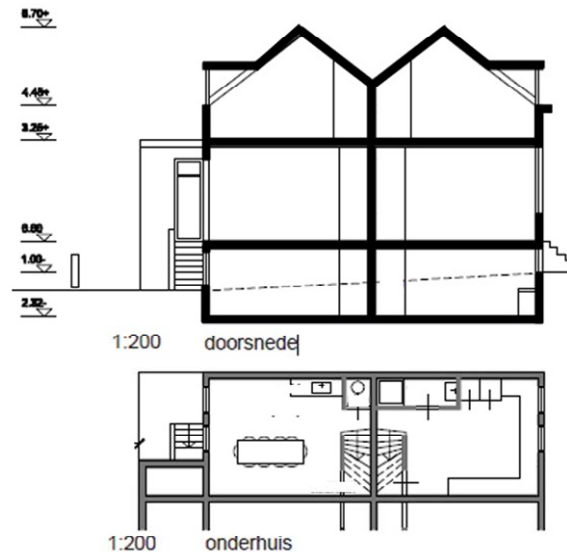
Met de komst van de woningwet is dit type woning niet meer gebouwd, in verband met de strengere eisen aan licht, lucht en ruimte.

Veel van dit type woningen uit het laatste deel van de 19^e eeuw zijn afgebroken in de jaren 1960-1970.

In figuur 10 en 11 een voorbeeld van rugaanrugwoningen uit 1894 in Rotterdam [Rotterdam-woont, 2010].

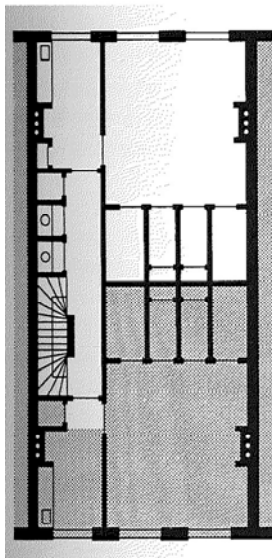


Figuur 10 Rugaanrugwoning Rotterdam



Figuur 11 Doorsnede en Plattegrond rugaanrugwoning Rotterdam

Een typische plattegrond van rugaanrugwoningen is hier gegeven:



Figuur 12 Plattegrond rugaanrugwoning Rotterdam

Arbeiderswoningen

Vanaf de tweede helft van de 19^e eeuw werden er arbeiderswoningen gebouwd. Dit zijn meestal kleine woningen die in een rijtje geschakeld staan. Het zijn woningen met meestal 2 bouwlagen (een begane grond en een verdieping).

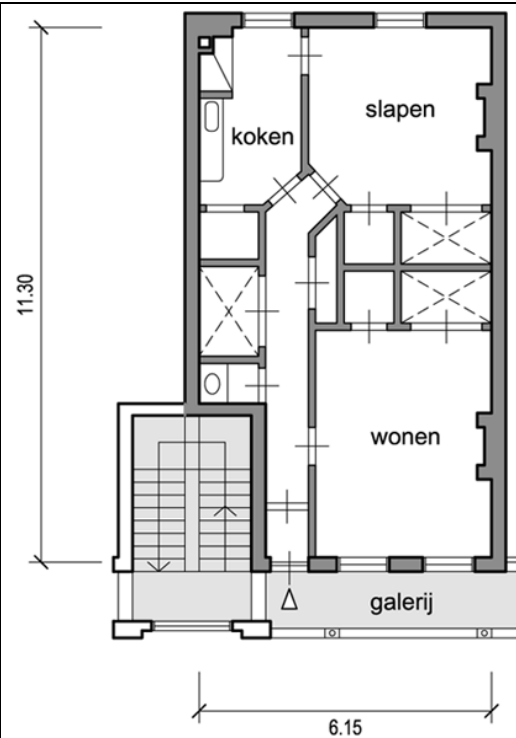
Bijlage B

Galerijwoningen

Een typische plattegrond van een galerijwoning is hieronder gegeven. Deze galerijflat dateert uit 1888. Het is de eerste galerijflat in Nederland. De woningen hebben houten vloeren en dragende metselwerk gevels. Te zien is dat de binnenmuren geen constructieve functie hebben. De binnenmuren rondom het trappenhuis wel.



Figuur 13 Galerijwoning
[Rotterdam-woont, 2010]



Figuur 14 Plattegrond galerijwoning

Naast de woningen van slechte kwaliteit, bedoeld voor de arbeiders, werden er in deze periode ook andere woningtypen gebouwd, denk aan herenhuizen en hofjeswoningen.

Periode: 1900-1920

Inleiding

In 1901 werd de woningwet in Nederland opgesteld en later ingevoerd. Deze was er om een einde te maken aan de ongezonde woonomstandigheden uit de vorige eeuw. Ruimtes zonder frisse lucht mochten niet meer gebouwd worden.

Constructieve opbouw - Fundering

Fundering-soort

-Fundering op staal

-Fundering op houten palen, daarboven langshout en funderingsmetselwerk.

Voornameijk grenen en vuren houten palen, veel voorkomende fundering Amsterdamse en Rotterdamse fundering

-Betonnen funderingsbalken

Opkomst van beton als constructiemateriaal, ook voor fundering. De eerste betonnen funderingsbalken werden toegepast, om problemen met optrekkend vocht tegen te gaan.

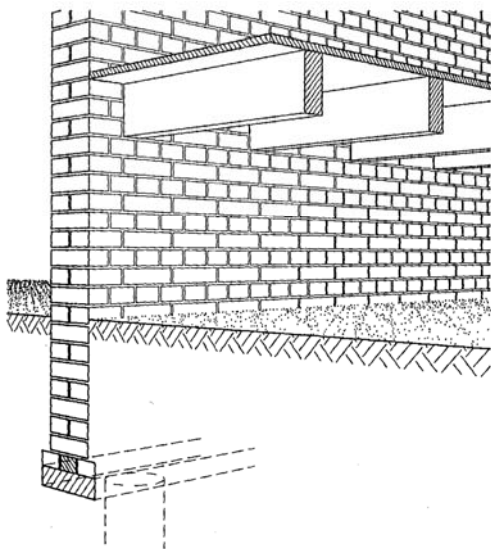
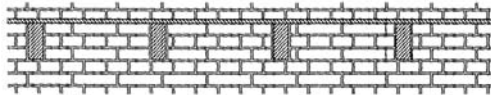
Fundering-ontwerp

Ontwerp op grond van ervaring met andere panden. Er werden nog geen funderingsberekeningen gemaakt en er werd geen rekening gehouden met negatieve kleeft.

Constructieve opbouw - Bovenbouw

Vloer

Houten balken opgelegd in metselwerk dragen houten planken (ongeveer 25 mm dikte). Zie figuur 15.



Figuur 15 Oplegging houten balken in metselwerk

Gevels

Metselwerk

Het metselwerk uit deze periode is opgebouwd uit bakstenen en cementmortel. Cementmortel is gevoelig voor scheurvorming.

In deze periode zijn ook buitenmuren opgetrokken uit kalksteen. Deze steen is zachter en gevoeliger voor weersomstandigheden.

Bijlage B

Gevelopbouw

De gevels bestaan uit steens metselwerk.

Dilatatievoegen

Dilataties werden nog niet toegepast.

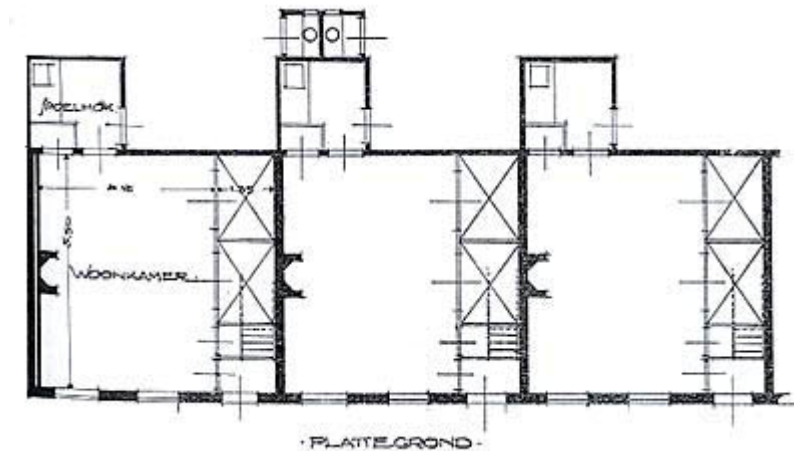
Gevelopeningen

Licht, lucht en ruimte zijn kernwoorden van het nieuwe bouwen. Woningen krijgen meer en grotere gevelopeningen. De woningwet verbiedt alkoven. Dit zijn ruimtes zonder ramen, zeer benauwd. In verband met hygiene mogen deze niet meer toegepast worden.

Woningtype en –plattegrond

Arbeiderswoningen

Gemeentes en woningbouwverenigingen lieten in deze periode grote aantallen arbeiderswoningen bouwen. Dit waren kleine woningen met simpele plattegronden. Hieronder is een voorbeeld gegeven van arbeiderswoningen in Edam uit 1905 [Digitaal Museum van de Volkshuisvesting, ongedateerd].



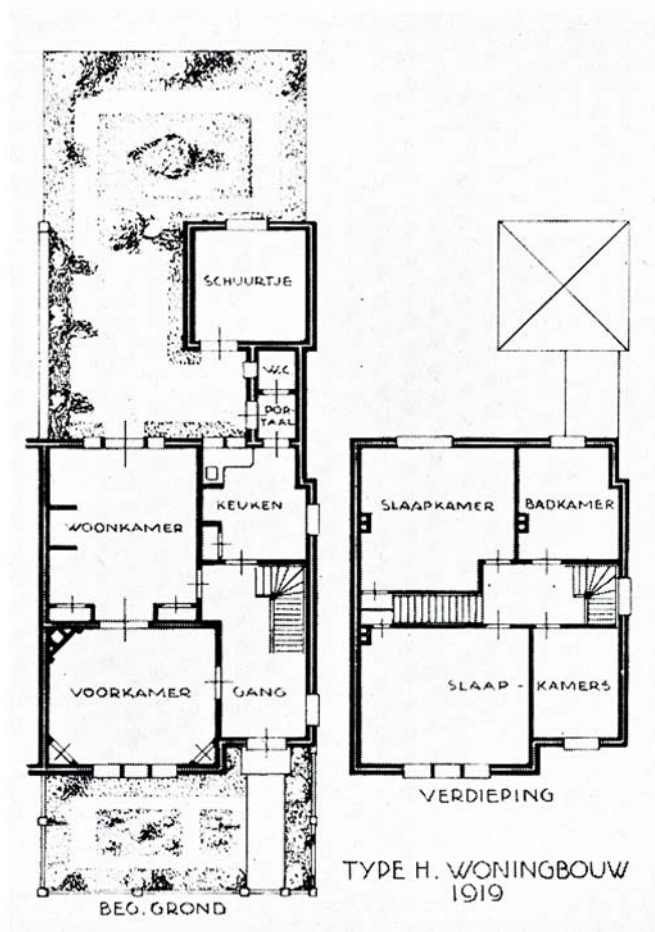
Figuur 16 Plattegrond arbeiderswoningen



Figuur 17 Arbeiderswoningen

Bijlage B

En een voorbeeld van arbeiderswoningen van Philips in Eindhoven uit 1919.



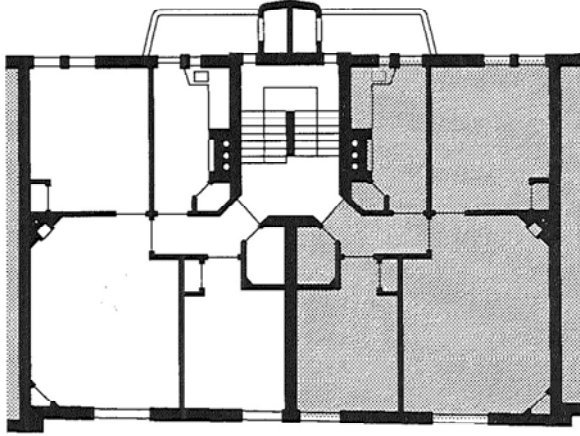
Figuur 18 Plattegrond arbeiderswoningen



Figuur 19 Arbeiderswoningen [Weijers, 2008]

Portieketagewoning

Een voorbeeld van een plattegrond van een portieketagewoning uit 1915 in Amsterdam. De woningscheidende wanden en de gevels zijn dragende muren. Ook de scheidingsmuren met het trappenhuis zijn dragend. Voor de situatie in Rotterdam zijn vergelijkbare plattegronden te vinden van portieketagewoningen. Ook in Den Haag werd dit type woning in deze periode veel toegepast.



Figuur 20 Plattegrond portieketagewoning

Periode: 1920-1940

Inleiding

Dit is de periode na de eerste wereldoorlog. Er is grote behoefte aan nieuwe woningen. Door samenwoning was de vraag naar meer woningen tijdens de oorlog beperkt gebleven. Maar door bevolkingsgroei, verlaging van de huwelijksleeftijd en gezinsverdunding was het noodzaak meer woningen te bouwen [Luning Prak, 1972]. In deze periode zijn veel nieuwe woningen gebouwd. Men is gaan experimenteren met nieuwe materialen. Bakstenen werden duurder, beton werd een interessant alternatief om de bouwkosten te drukken.

Er werd niet alleen veel gebouwd tijdens deze crisisjaren, maar ook goed. Vanaf de jaren twintig was de bemoeienis van de overheid met de kwaliteit van woningen en de woonomgeving toegenomen. Via bestemmingsplannen en stedenbouwkundige plannen, bouwverordeningen en bouwkundige eisen werden minimale kwaliteit van woning en woonomgeving omhooggeschreefd.

De bouwkosten bleven relatief laag, omdat - ondanks de voor huidige begrippen grote detaillering - meer in seriebouw kon worden gedaan dan voorheen, waardoor standaardwerk relatief goedkoop was. In de jaren dertig speelde bovendien mee dat juist de inkomens van arbeiders onder druk stonden. Het inkomen in 1936 bedroeg in reële guldens nog maar driekwart van dat in 1920. Ook de gemeenten droegen een steentje bij aan de particuliere woningbouw door de grondprijzen laag te houden.

De marktsituatie werkte goede bouwkwaliteit eveneens in de hand. Ondanks de sterke bevolkingsgroei was er geen krapte op de woningmarkt. Wie geen goede kwaliteit bouwde, had moeite om huurders of kopers te vinden [Vos, de, 2010].

Constructieve opbouw – Fundering

Fundering-soort

-Fundering op staal

-Fundering op houten palen

Voornamelijk grenen en vuren houten palen, veel voorkomende fundering Amsterdamse en Rotterdamse fundering.

-Houten paalfundering met beton oplanger

Zodat de houten paal volledig onder het grondwater staat om zo paalrot te voorkomen

-Toename in toepassing van betonnen funderingsbalken

Problemen met optrekkend vocht werden zo tegen gegaan.

Fundering-ontwerp

Vanaf ongeveer 1925 is men begonnen met het rekenen aan funderingen. Er werd niet meer alleen op grond van gevoel en ervaring ontworpen. Bij houten paalfunderingen werd er nog steeds geen rekening gehouden met negatieve kleef.

Constructieve opbouw - Bovenbouw

Vloer

De oorspronkelijke vloer (houten balken en planken) wordt minder toegepast.

Gevels

Metselwerk

Het metselwerk bestaat uit bakstenen en cementmortel.

Gevelopbouw

Vanaf 1920 werd de enkelvoudige steens muur steeds minder toegepast. De enkelvoudige muur werd vervangen door een samengestelde muur, de spouwmuur. Deze bestaat in deze periode voornamelijk uit een steens binnenblad en een half steens buitenblad. Beide opgebouwd uit metselwerk. Daarnaast was er de toepassing van 2 half steens bladen, met daartussen een spouw. Ijzeren gevelankers zorgen voor de verbinding tussen beide bladen.

Beton wordt in deze periode veel meer toegepast voor constructieve doeleinden. In Amsterdam is in deze periode een wijk opgebouwd waar alle woningen zijn opgetrokken uit beton. Het brosse beton dat met in deze

periode gebruikte, was niet geschikt om bloot te staan aan het vochtige Nederlandse klimaat, is achteraf gebleken.

Dilatatievoegen

Dilataties werden nog niet toegepast.

Woningtype en -plattegrond

Kenmerkend voor deze periode zijn de grote bouwblokken van de Amsterdamse School en de tuindorpen. Daarnaast zijn er ook de arbeiderswoningen, portiekwoningen en middenstandswoningen.

Amsterdamse School



Figuur 21 Bouwblok volgens de stijl van de Amsterdamse School

Tuindorp

Een tuindorp of tuinwijk is een term voor een specifieke vorm van Europese stedenbouw. Ze verwijst naar stadswijken met een typisch dorps karakter. Veel tuindorpen zijn gebouwd vanaf de jaren '20 van de twintigste eeuw, om een tegenwicht te bieden aan de verpauperde arbeiderswoningen van grote steden. Soms werden zij opgezet door sociaal voelende ondernemers, andere tuindorpen zijn gebouwd door woningcorporaties. De tuindorpen kenmerken zich door lage eengezinswoningen met een voor- en een achtertuin en een omgeving met veel groen. [Wikipedia, 2010].

Een voorbeeld van een tuindorp in Nederland is 'Betondorp' in Amsterdam.



Figuur 22 Betondorp in Amsterdam [Helmerts, 2003]

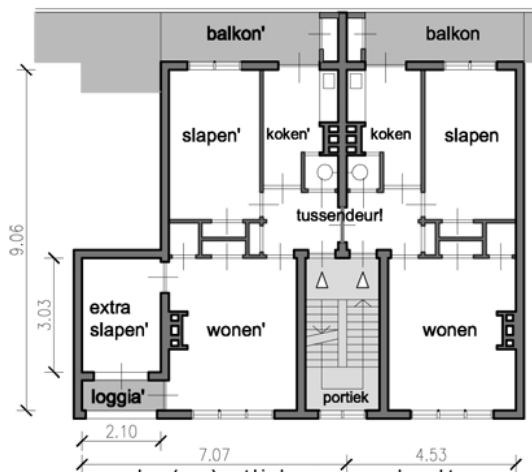
Bijlage B

Portiek etagewoning

In Rotterdam zijn in 1920 onderstaande portiekwoningen gebouwd. De woningen vormen een driehoekig gesloten bouwblok. De woningen bestaan uit dragend metselwerk, met houten vloeren en betonnen trappen [Rotterdam-woont, 2010].



Figuur 23 Portiek etagewoningen



Figuur 24 Plattegrond portieketagewoning

Strokenbouw

In de jaren 30 is het crisis in de bouw. Woningen die in deze periode gerealiseerd worden lijken op de woningbouw uit de jaren 20. Een verandering in de jaren 30 is dat er niet langer gesloten woningblokken worden neergezet. Er vindt een overgang plaats naar strokenbouw. Dit zijn rijen woningen die achter elkaar zijn gelegen [Digitaal Museum van de Volkshuiskunde, (ongedateerd)].

Een voorbeeld van strookbebouwing in Amsterdam is hieronder gegeven.



Figuur 25 Strookbebouwing in Amsterdam [Groenendijk, Vollaard, 2006]



Figuur 26 Woning in Den Helder (1938) [Historisch Archief Den Helder, 2010]

Periode: 1940-1950

Inleiding

Door de oorlog lag de bouw tot 1948 stil. Daarna is in korte tijd veel gebouwd door toepassing van systeembouw. De kwaliteit van de naoorlogse woningbouw is niet goed.

Constructieve opbouw – Fundering

Fundering-soort

- Fundering op staal
- Houten paalfunderingen (zonder oplanger) werden steeds minder toegepast
- Houten paalfundering met betonoplanger en betonnen funderingsbalken
- Na 1945 werden er steeds meer betonnen funderingspalen toegepast

Fundering-ontwerp

Er werd niet meer alleen op grond van gevoel en ervaring ontworpen. Bij houten paalfunderingen werd er nog steeds geen rekening gehouden met negatieve kleeft.

Vanaf ongeveer 1945 is men begonnen met sondeonderzoek. Maar het inzicht in het verband tussen het paal draagvermogen en de opbouw van de grond was er in deze periode nog niet.

Constructieve opbouw - Bovenbouw

Constructie

De constructies van de naoorlogse woningbouw bestaan voornamelijk uit betonnen prefab-elementen.

Vloer

Het houten skelet en de houten vloer worden niet meer zo grootschalig als hiervoor toegepast.

Gevels

Metselwerk

Het metselwerk bestaat uit bakstenen en cementmortel. Het metselwerk toegepast in de gevels heeft niet meer perse een constructieve functie.

Gevelopbouw

De spouwmuur werd toegepast. Met een binnenblad van beton (prefab) en een buitenblad van metselwerk.

Dilatatievoegen

Dilataties werden nog niet toegepast.

Woningtype en -plattegrond

Strokenbouw

Een veel toegepaste bouwmethode in Den Haag was het plaatsen van strokenbouw, met daartussen een gemeenschappelijke binnentuin. De woningen werden opgebouwd uit prefabelementen van beton.



Figuur 27 Woningen in Hilversum (1947) [Digitaal Museum van de Volkshuisvesting, ongedateerd]



Figuur 28 Woningen in Hoorn (1947) [Digitaal Museum van de Volkshuisvesting, ongedateerd]



Figuur 29 Woningen in Den Helder (1941) [Historisch Archief Den Helder, 2010]

Periode: 1950-1960

Inleiding

In de jaren '50 kwam nog meer de nadruk te liggen op het snel en goedkoop bouwen van grote aantallen woningen. De trefwoorden waren schaalvergroting en standaardisatie. Het ging niet meer alleen om het bouwen van een woning of rijtje woningen, maar om het opzetten van hele nieuwe woonwijken. Het zijn vaak open wijken met rechthoekige bebouwing in stroken [Digitaal Museum van de Volkshuisvesting, ongedateerd].

Constructieve opbouw – Fundering

Fundering-soort

- Fundering op staal, deze werd steeds minder toegepast
- Houten paalfunderingen (zonder oplanger) werden steeds minder toegepast
- Houten paalfundering met betonoplanger en betonnen funderingsbalken
- Steeds grotere toepassing van betonnen funderingspalen

Fundering-ontwerp

Er werd niet meer alleen op grond van gevoel en ervaring ontworpen. Bij houten paalfunderingen werd er nog steeds geen rekening gehouden met negatieve kleeft.

Vanaf ongeveer 1945 is men begonnen met sondeeronderzoek. Maar het inzicht in het verband tussen het paal draagvermogen en de opbouw van de grond was er in deze periode nog niet.

Constructieve opbouw – Bovenbouw

Vloer

Vloeren worden steeds vaker in beton uitgevoerd.

Gevels

Metselwerk

Metselwerk wordt nog wel toegepast, maar niet meer zo vaak als constructief element. Dragende elementen van metselwerk zijn veelal vervangen door beton.

Gevelopbouw

Spouwmuren bestaande uit een dragend binnenblad van beton en een buitenblad van metselwerk.

Dilatatievoegen

Dilataties werden nog niet toegepast.

Woningtype en -plattegrond *Rijteswoningen*



Figuur 30 Eensgezinswoningen in Weesp (1956)

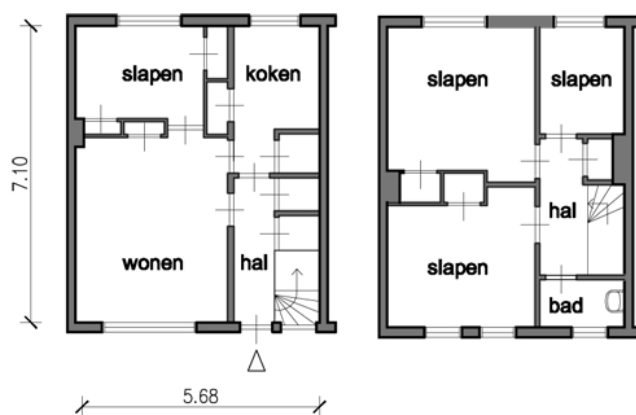
[Digitaal Museum van de Volkshuisvesting, ongedateerd]

Duplexwoningen

Dit zijn kleine woningen bestaande uit een beneden- en een bovenwoning. Deze werden gebouwd in verband met de naoorlogse woningnood. De woningen waren zo ontworpen dat ze later konden worden verbouwd tot één woning met twee verdiepingen. Een voorbeeld wordt gegeven van duplexwoningen in Amsterdam [KEI, kenniscentrum stedelijke vernieuwing, 1998].



Figuur 31 Duplexwoningen Amsterdam



Figuur 32 Een typische plattegrond van een duplexwoning. Bovenstaande plattegrond is van een woning in Rotterdam in de wijk Zuidwijk (1954).

[Rotterdam-woont, 2010]

Periode: 1960-1970

Inleiding

De jaren '60 is de tijd van de echte grootschaligheid, de periode waarin de Bijlmermeer en Hoog-Catharijne ontworpen werden. Bij de productie ligt de nadruk op efficiëntie en kostenbeperking. Men probeert het aantal types woningen zoveel mogelijk te beperken. Dit heeft geresulteerd in typisch jaren 60 rijtjeswoningen en in hoogbouw [Digitaal Museum van de Volkshuisvesting, ongedateerd].

Constructieve opbouw – Fundering

Fundering-soort

- Fundering op staal, deze werd steeds minder toegepast
- Houten paalfunderingen (zonder oplanger) werden steeds minder toegepast
- Houten paalfundering met betonoplanger en betonnen funderingsbalken
- Steeds grotere toepassing van betonnen funderingspalen

Fundering-ontwerp

Rond 1960 werd er een verband gevonden tussen het paal draagvermogen en de sondering. Er werd vanaf dit moment ook rekening gehouden met negatieve kleeft.

Constructieve opbouw - Bovenbouw

Vloer

Vloeren worden meestal in beton uitgevoerd. Vaak wordt de begane grondvloer in beton uitgevoerd, de verdiepingsvloeren nog steeds in hout.

Gevels

Metselwerk

Metselwerk wordt bijna niet meer constructief gebruikt.

Gevelopbouw

De spouwmuur met een betonnen binnenblad en een buitenblad van metselwerk wordt steeds meer toegepast.

Dilatatievoegen

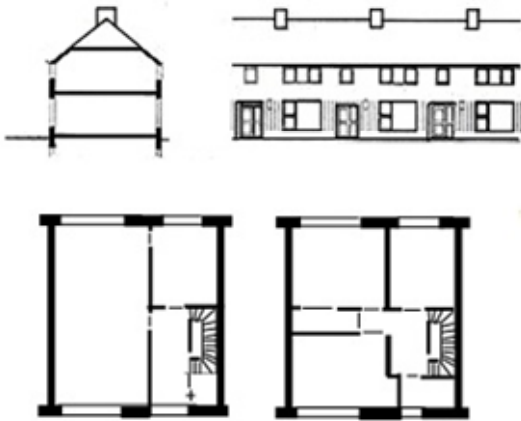
Dilataties werden nog niet toegepast.

Woningtype en -plattegrond

Typisch jaren 60 rijtjeswoning in Abcoude [Digitaal Museum van de Volkshuisvesting, ongedateerd].



Figuur 33 Rijtjeswoningen



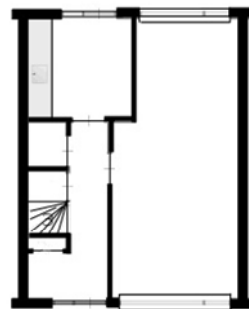
Figuur 34 Doorsnede, aanzicht en plattegrond rijtjeswoning

Doorzonwoningen

Doorzonwoningen zijn woningen met een woonkamer die over de gehele diepte van het huis loopt. Dit soort woningen zijn in Nederland veel gebouwd in de tweede helft van de 20^e eeuw.



Figuur 35 Voorbeeld van een doorzonwoning in Alkmaar



Figuur 36 Voorbeeld van een begane grond-indeling van een doorzonwoning. [Wikipedia, 2010]

Periode: >>1970

Inleiding

Er worden in de jaren '70 nog steeds op grote schaal veel standaardwoningen gebouwd, maar tegelijkertijd komt er ook meer aandacht voor het sociale aspect. De bewoners krijgen meer invloed en er worden gemeenschappelijke ruimtes gecreëerd. De projecten zijn kleinschaliger. Woonerven met bochtige straten moeten meer een buurtgevoel creëren [Digitaal Museum van de Volkshuisvesting, ongedateerd].

Constructieve opbouw – Fundering

Fundering-soort

Na 1970 is de houten paalfundering niet veel meer toegepast. Ook de fundering op staal is vanaf dit moment minder vaak toegepast.

-Betonnen paalfundering en andere nieuwe funderingstypen werden toegepast.

Fundering-ontwerp

Men had steeds meer inzicht in het gedrag van funderingspalen in de grond. Met de nieuwe inzichten kunnen nauwkeurige grond- en paalberekeningen gemaakt worden.

Constructieve opbouw - Bovenbouw

Vloer

Er werden steeds meer vloeren van steenachtig materiaal toegepast. De energiecrisis in de jaren 70 was aanleiding voor het beter isoleren van woningen. Voor de vloeren betekende dit dat onder de constructieve vloer een laag isolatiemateriaal werd toegepast. Een bekend vloertype is de balkjesbroodjesvloer.

Gevels

Metselwerk

Constructief metselwerk is vervangen door beton.

Gevelopbouw

De energiecrisis was aanleiding voor een verbeterde isolatie van het huis. De oorspronkelijke spouwmuuren werden steeds minder toegepast. Vanaf nu wordt de spouwmuur voorzien van isolatiemateriaal.

Dilatatievoegen

Vanaf 1980 werden dilatatievoegen toegepast.

Woningtype en –plattegrond

De woningen uit de jaren 70 zijn vrijstaand, geschakeld of in rijen gebouwd. De woningen zijn seriematig gebouwd en de architectuur is gebaseerd op herhaling [Gemeente Westland, 2010].



Figuur 37 Woningtype jaren 70



Figuur 38 Woningtype jaren 70



Figuur 39 Woningtype jaren 70

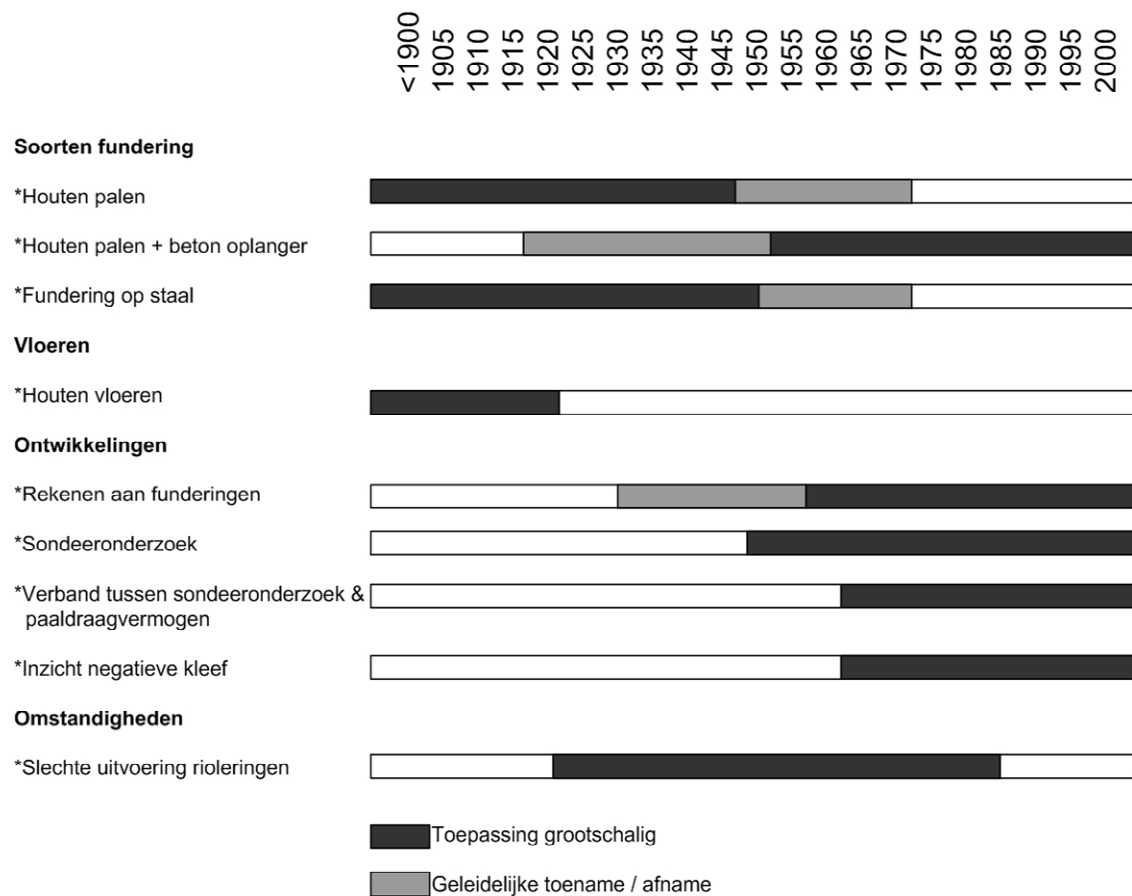
Conclusie

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de woningbouw van woningblokken in Nederland door de jaren heen. Het is een beknopte samenvatting van voorgaande paragrafen.

Er wordt eerst een overzicht gegeven van de ontwikkeling van de fundering, daarna van de gevelopbouw en de samenstelling van het metselwerk. Tenslotte wordt er een overzicht gegeven van de ontwikkeling van de woningkwaliteit, waarin ook de funderingsproblemen en de kwaliteit van het metselwerk is meegenomen.

Fundering

In onderstaande figuur zijn alleen de ontwikkelingen van de houten paalfundering en de fundering op staal weergegeven, aangezien dit de soorten funderingen zijn, waarbij problemen te verwachten zijn.

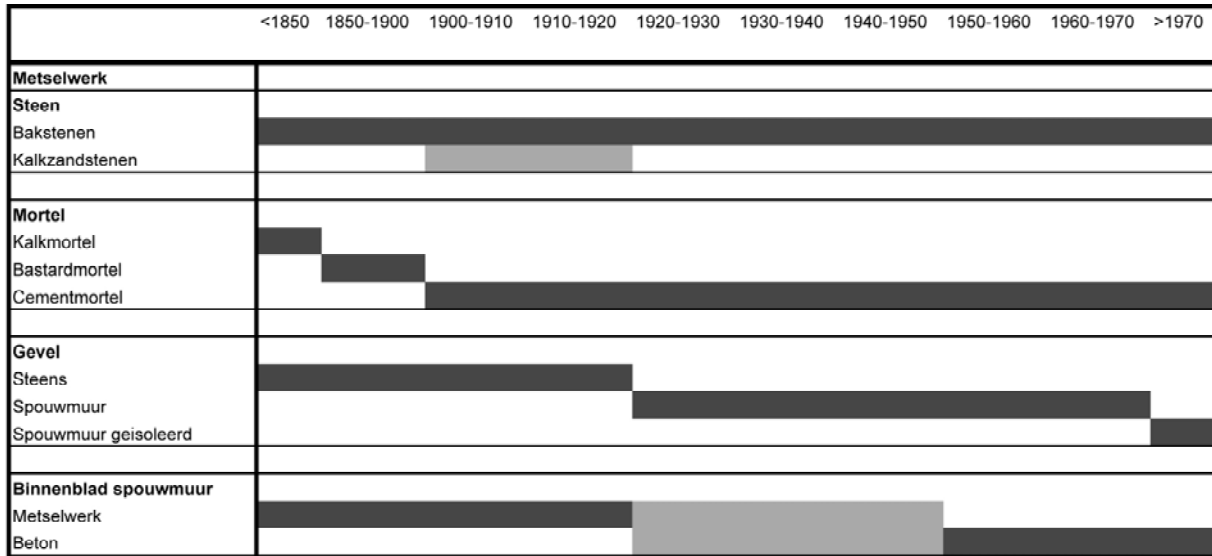


Figuur 40 Overzicht constructieve ontwikkeling woningbouw

Bijlage B

Metselwerk

De ontwikkeling van het metselwerk is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 41 Overzicht ontwikkeling gebruik metselwerk in Nederland

Woningkwaliteit

Door de jaren heen zijn woningen ruimer geworden. Waren het in de 19^e eeuw nog smalle donkere rugaanrugwoningen, zijn het in de 20^e eeuw al ruimer opgezette eensgezinswoningen. Het aantal bewoners per woning is afgenomen en het aantal vierkante meters per persoon per woning is toegenomen.

De komst van de woningwet aan het begin van de 20^e eeuw heeft er toe geleid dat er meer aandacht is besteed aan de woningkwaliteit. Licht, lucht, ruimte, hygiëne werden belangrijke aspecten waar in het woningontwerp rekening mee werd gehouden.

De energiecrisis in de jaren 70 van de 20^e eeuw heeft er toe geleid dat de bouwtechnische kwaliteit van woningen nog meer toenam. Woningen werden vanaf dit moment geïsoleerd om zo energie te besparen.

De ontwikkeling van de woningkwaliteit is weergegeven in de figuur op de volgende pagina.

Tabel 1 Ontwikkeling woningkwaliteit 19^e en 20^e eeuw in Nederland

Periode	Kwaliteit woning	Opbouw gevels			Kans op funderingsschade door		Overbelasting door negatieve kleef
		Opbouw	Materiaal dragende gevels	Paalrot	Bacterien		
<< 1850	Bouwtechnische kwaliteit slecht Hygienische/ruimtelijke kwaliteit slecht	Steens	Metselwerk - Kalkmortel	JA	JA	JA	JA
1850-1900	Bouwtechnische kwaliteit slecht Hygienische/ruimtelijke kwaliteit slecht	Steens	Metselwerk - Bastaardmortel	JA	JA	JA	JA
1900-1920	Meer aandacht voor licht/lucht/ruimte Hygienische kwaliteit verbeterd Bouwtechnische kwaliteit redelijk	Steens	Metselwerk - Cementmortel	JA	JA	JA	JA
1920-1940	Bouwtechnische kwaliteit goed	Spouwmuur	Metselwerk – Cementmortel Steeds meer gebruik maken van beton	JA	JA	JA	JA
1940-1950	Bouwtechnische kwaliteit matig	Spouwmuur	Beton grootschaliger toegepast Metselwerk – Cementmortel	JA	JA	JA	JA
1950-1960	Bouwtechnische kwaliteit matig-beter	Spouwmuur	Beton Metselwerk - Cementmortel	Kleine kans	Kleine kans	Kleine kans	JA
1960-1970	Bouwtechnische kwaliteit beter	Spouwmuur	Beton Metselwerk – Cementmortel veelal niet meer dragend toegepast	Kleine kans	Kleine kans	Kleine kans	NEE
>> 1970	Bouwtechnische kwaliteit goed	Spouwmuur met isolatie	Beton Metselwerk – Cementmortel veelal niet meer dragend toegepast	NEE	NEE	NEE	NEE

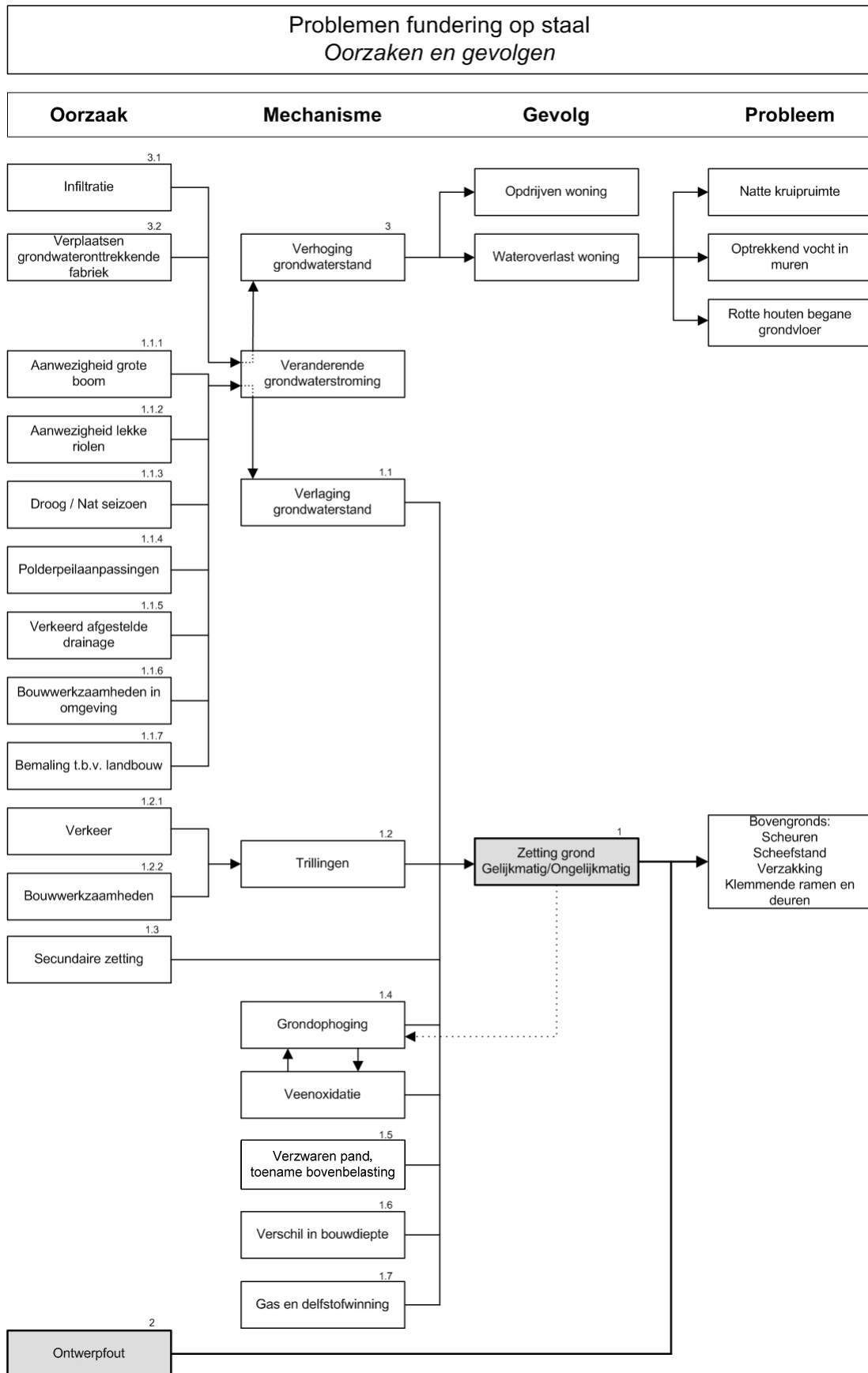
Bijlage C

- C.1 Funderingsproblemen bij fundering op staal
- C.2 Funderingsproblemen bij houten paalfundering

C.1 Problemen bij funderingen op staal

Voor het zoeken naar oplossingen voor de funderingsproblematiek in Nederland is het belangrijk de oorzaken van de problemen goed te kennen. In deze bijlage en in bijlage C.2 wordt ingegaan op de belangrijkste oorzaken van problemen bij funderingen op staal en houten paalfunderingen. In twee schema's wordt de samenhang van de problemen weer gegeven.

De problemen die in Nederland voorkomen bij funderingen op staal, zijn in het schema op de volgende pagina samengevat. Na dit schema volgt een korte uitleg per oorzaak. De nummers in de blokken in het schema verwijzen naar de betreffende paragraaf waarin het probleem wordt besproken.



Figuur 1 Overzicht funderingsproblemen bij fundering op staal
[Bron: door de auteur van dit rapport]

1. Zetting

Zetting van de grond kan leiden tot een verzakking van een bouwwerk gefundeerd op staal. Deze verzakking kan gelijkmatig zijn of ongelijkmatig. Indien de zakking gelijkmatig is, hoeft dit niet per sé tot problemen te leiden. Indien de zakking ongelijkmatig is, betekent dit scheefstand van het gebouw, met kans op scheurvorming van de gevels.

Hierna worden de belangrijkste oorzaken van zettingen genoemd.

1.1 Verlaging grondwaterstand

Een verlaging van de grondwaterstand leidt tot een verhoging van de effectieve spanningen in de grond en dus tot zettingen.

1.1.1 Aanwezigheid grote boom

De aanwezigheid van grote bomen kan leiden tot een plaatselijke verlaging van de grondwaterstand.

1.1.2 Aanwezigheid lekke riolen

Een lek riool voert grondwater gemakkelijk af. Dit kan de oorzaak zijn van een plaatselijke verlaging van de grondwaterstand.

1.1.3 Droog / Nat seizoen

De grondwaterstand is afhankelijk van het seizoen. Droge periodes veroorzaken een (tijdelijke) verlaging van de grondwaterstand.

1.1.4 Polderpeilaanpassingen

Het creëren van ruimte voor open water berging, heeft een verlaging van de grondwaterstand tot gevolg. Het dempen van een sloot heeft een verhoging van de grondwaterstand tot gevolg.

1.1.5 Verkeerd afgestelde drainage

Om de grondwaterstand te verlagen, of om water te winnen, worden drainagesystemen toegepast. Indien deze verkeerd zijn afgesteld, kunnen zij teveel grondwater afvoeren. De grondwaterstand wordt hierdoor verlaagd.

1.1.6 Bouwwerkzaamheden in omgeving

Ten behoeve van bouwwerkzaamheden wordt plaatselijk de grondwaterstand verlaagd door middel van bemaling. Vooral in het westen van Nederland hebben bouwwerkzaamheden grote invloed op de grondwaterstand.

1.1.7 Bemaling t.b.v. landbouw

Bemaling wordt toegepast om de grond voor land- en akkerbouw geschikt te maken. Gevolg is een daling van de grondwaterstand.

1.2 Trillingen

De literatuur is verdeeld over de invloed van trillingen op het zettingsgedrag van de grond. Er wordt gesuggereerd dat trillingen afkomstig van bouwwerkzaamheden of verkeer kunnen leiden tot een verdichting van de zandlagen, wat leidt tot een zetting. Het gaat hier vooral om losgepakte zandlagen. Voor funderingen op staal kan dit leiden tot versnelde zakkingen en scheefstand van de woning [HRO, 2007].

In geval van houten paalfunderingen hebben trillingen voornamelijk effect op het metselwerk dat boven het funderingshout is geplaatst. Trillingen kunnen hier scheurvorming veroorzaken doordat metselwerk bros gedrag vertoont.

1.2.1 Bouwwerkzaamheden in omgeving

Bouwwerkzaamheden als heien van funderingspalen, het in- of uittrillen van damwanden en sloop van bouwwerken veroorzaken trillingen. Deze trillingen kunnen de oorzaak zijn van schade aan de omliggende gebouwen [Muller, 2007].

1.2.2 Verkeer

Trein- en zwaar bouwverkeer veroorzaken trillingen. Dit kan leiden tot schade aan gebouwen. Ook de aanwezigheid van verkeersdrempels nabij gebouwen kan de oorzaak van funderingsschade zijn.

1.3 Secundaire zetting

De totale zetting van de grond bestaat uit een primaire zetting en een secundaire zetting. Deze laatste wordt het seculier effect genoemd. De primaire zetting is het gevolg van een vervorming van het korrel skelet ofwel een afname van het poriëngehalte.

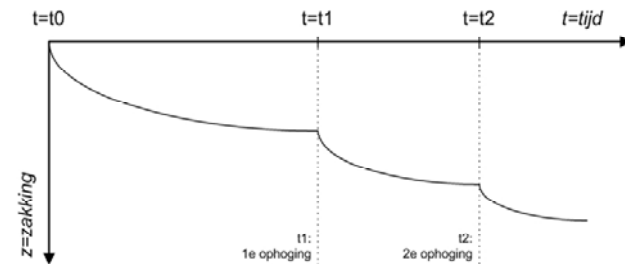
De secundaire zetting is de zetting van grond als gevolg van kruip van de korrels. Vooral kleilagen vertonen dit verschijnsel, zandlagen niet.

1.4 Grondophoging

Grondophogingen vormen een extra belasting op de ondergrond. Dit betekent een verhoging van de effectieve spanningen in de grond en dus tot zettingen. Vooral slappe klei- en veenlagen zijn gevoelig voor zettingen.

Bij plaatselijke grondophogingen, bijvoorbeeld bij het ophogen van het straatniveau, ontstaat er een ongelijkmatige zetting van het gebouw. De grond aan de voorzijde (straatzijde) van het gebouw zet meer dan de grond aan de achterzijde van het gebouw. Dit leidt tot een ongelijkmatige zetting van het gebouw. Het effect is dat de woning naar voren gaat kantelen.

Straatophogingen gebeuren vaak periodiek. Dit heeft tot gevolg dat het zakkingsproces in de tijd steeds een nieuwe impuls krijgt [de Jong, van Dijk 1982]. Zie figuur 5.



Figuur 2 Zakkingsgedrag als gevolg van grondophogingen

Grondophogingen worden ook toegepast in gebieden waar het proces van veenoxidatie optreedt. Dit is de afbraak van veen ten gevolge van droogstand en contact met zuurstof. Het treedt op bij een verlaging van de grondwaterstand. Het gevolg van veenoxidatie is een zinking van de grond met daarop de bebouwing. Indien er wordt gekozen voor grondophogingen betekent dit een toename van de effectieve grondspanningen, met opnieuw een zetting tot gevolg.

1.5 Belastingssituatie

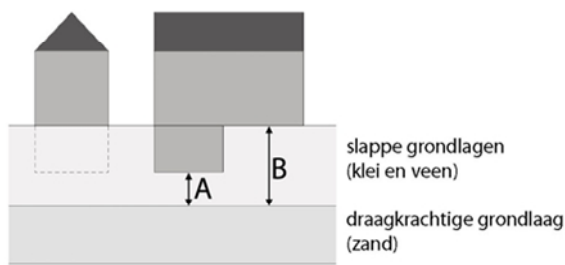
De zetting van de grond is afhankelijk van de belastingssituatie bovengronds. Indien bepaalde delen van een gebouw beduidend meer belast worden dan andere delen, zal er een ongelijkmatige zetting optreden. Een verandering in de belastingssituatie kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door het vervangen van een houten vloer door een zwaardere betonnen vloer, het vullen van de kruipruimte met puin of het plaatsen van een opbouw.

1.6 Verschil in bouwdiepte

De grootte van een zetting is afhankelijk van de dikte van het pakket samendrukbare lagen. Hoe dikker het pakket samendrukbare lagen, des te groter de mogelijke zetting.

Indien er een kelderbak onder een gebouw aanwezig is, is dikte (A) van de samendrukbare lagen kleiner dan daar waar geen kelderbak aanwezig is (B). Bovendien kan ter plaatse van (B) een opwaartse waterdruk heersen en is het gewicht van een "holle" kelder vaak lager dan dat van de oorspronkelijk aanwezige grond.

Bij A is de totale zetting kleiner dan bij B. Dit betekent een ongelijkmatige zetting met bovengronds scheurvorming tot gevolg.



Figuur 3 Verschil in bouwdiepte kan leiden tot funderingsproblemen

1.7 Gas- en delfstofwinning

Er ontstaan holle ruimtes in het grondpakket als gevolg van winning van grondstoffen. Door de aanwezige gronddruk van bovenliggende lagen, kunnen de poriën kleiner worden. Dit heeft een bodemdaling tot gevolg. In delen van Groningen treedt er bodemdaling op ten gevolge van aardgaswinning. Ook in gebieden waar zout wordt gewonnen, is kans op bodemdaling.

2. Ontwerpfout

Een verkeerd gedimensioneerde funderingsplaat kan leiden tot funderingsschade door overbelasting. Een andere ontwerpfout kan zijn het funderen van een funderingsplaat of –strook op niet draagkrachtige grondlagen. Dit betekent dat de geotechnische draagkracht van de grond onvoldoende is, wat leidt tot zakkings en scheefstand.

3. Verhogen grondwaterstand

Een verhoging van de grondwaterstand kan wateroverlast in de woning veroorzaken. Wateroverlast in de vorm van rotte houten vloeren, optrekkend vocht in metselwerk en natte kruipruimtes. Daarnaast veroorzaakt een hoge grondwaterstand een grotere opwaartse druk op de fundering.

3.1 Infiltratie

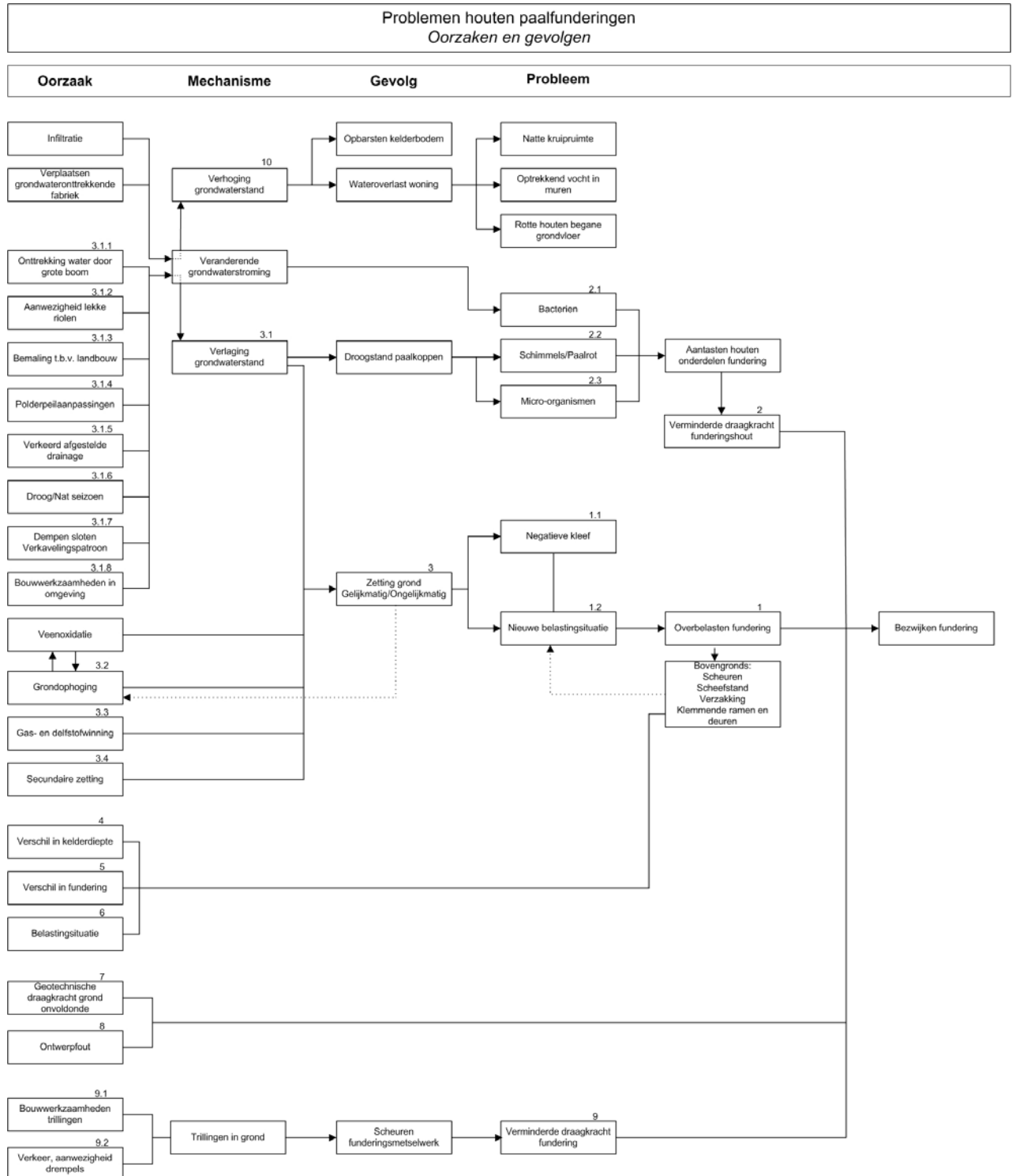
In stedelijk gebied wordt infiltratie toegepast om het teveel aan water bovengronds af te voeren naar de bodem. Belangrijk is dat het grondwatersysteem hierbij wordt bestudeerd. Zodat er geen wateroverlast ontstaat in de woningen.

3.2 Verplaatsen grondwater onttrekkende fabriek

Fabrieken die constant water onttrekken uit een gebied, zorgen ervoor dat de grondwaterstand continu laag is en dat het proces van het zetten van de grond sneller verloopt dan wanneer de grondwaterstand hoger is. Het verplaatsen van een fabriek uit het centrum van een dorp of stad naar het buiten gebied, betekent dat het proces van de versnelde zetting van de grond, wordt onderbroken.

C.2 Problemen bij houten paalfunderingen

In onderstaand schema zijn de oorzaken en gevolgen van de problemen samengevat. Na dit schema volgt er een korte omschrijving per oorzaak. De nummers in de blokken van het schema verwijzen naar de paragraaf waarin het probleem besproken wordt.



Figuur 4 Overzicht funderingsproblemen bij houten paalfundering
[Bron: door de auteur van dit rapport]

1. Overbelasten fundering

Het overbelasten van de fundering, kan leiden tot zakkings en scheefstand. Één van de oorzaken van overbelasten van de fundering is het optreden van negatieve kleeft. Door het overbelasten van de paalfundering ontstaat er een nieuwe belastingsituatie. Er treedt een herverdeling van krachten op in de palen.

1.1 Negatieve kleeft

Funderingen op palen halen hun draagkracht uit de puntweerstand en wrijving langs de mantel. Dit zijn opwaarts gerichte krachten. Door samendrukking van de grond, kan het zijn dat de grondlagen langs de mantel niet meer werken als positieve wrijvingskrachten. De grond gaat aan de paal hangen (kleven) en werkt nu als extra belasting in de neerwaartse negatieve richting.

Negatieve kleeft wordt veroorzaakt door zetting en ophoging van grond. Als de krachten door negatieve kleeft te groot worden, zal het reservedraagvermogen van de paal afnemen. Indien er geen reservedraagvermogen meer aanwezig is, zal de paal zakken en wordt er een nieuwe evenwichtssituatie gevonden. Door verdere zetting van de grond (seculier effect) zal dit proces zich een aantal keer herhalen. De paal zakt steeds verder. Bovengronds zijn de gevolgen ook te zien: zakking en scheefstand van het pand en scheurvorming in de gevels.

1.2 Veranderende belastingsituatie

De bovengrondse en ondergrondse belastingsituatie en de stijfheid van de bovengrondse constructieve elementen hebben invloed op de verdeling van de krachten op de funderingspalen.

Voor funderingspalen gefundeerd tot in de draagkrachtige grondlagen ziet het krachtenevenwicht er als volgt uit: *positieve kleeft + puntweerstand = negatieve kleeft + gewicht gebouw en inboedel*.

Verschillende oorzaken kunnen leiden tot een extra belasting en/of een herverdeling van de krachten op de palen. Funderingsverval treedt op als er een storing in dit evenwicht plaats vindt.

2. Aantasten houten onderdelen fundering

Aantasting van funderingshout is een veelvoorkomend probleem in Nederland. Gevolg van de aantasting is een verminderde sterkte van het hout. Grenen hout is gevoeliger voor aantasting dan vuren hout.

Hierna worden drie belangrijke oorzaken van houtaantasting besproken.

2.1 Bacteriën

Principe

Aantasting door bacteriën kan onder en boven water plaats vinden. In de bovenste lagen van het grondwater zijn kleine hoeveelheden zuurstof aanwezig, wat de groei van bacteriën mogelijk maakt. Als er een stroming in het spinhout ontstaat, worden de bacteriën actief. Ze eten van binnenuit de cellen in het spinhout leeg. Deze aantasting kan tot aan de paalpunt optreden [Nelemans, 2010].

Invloed op sterkte

De druksterkte van de toegepaste palen wordt aan de hand van proefmonsters bepaald. Gekeken wordt naar de samenstelling van de verschillende lagen. Elke houtschil heeft een bepaalde sterkte en een bepaalde oppervlakte. Zo kan de totaal resulterende sterkte worden bepaald.

De houtschillen waar bacteriën actief zijn, hebben een verminderde sterkte.

Snelheid aantasting

Een globale indicatie van behoud van sterkte:

Aantasting door bacteriën heeft na 70-90 jaar invloed op de constructieve sterkte van het hout. Veel is hier echter niet over bekend.

Gevoeligheid houtsoorten

Aantasting door bacteriën komt voornamelijk voor in het spinhout, dit zijn de buitenste schillen van de houten paal. Vuren hout heeft een dunne laag spinhout en is weinig tot niet gevoelig voor bacteriën. Grenen hout heeft een dikke laag spinhout en is gevoelig voor aantasting door bacteriën.

2.2 Schimmels/Paalrot

Principe

Als de grondwaterstand daalt en de fundering droog komt te staan, ontstaat er een ideaal milieu voor schimmelgroei. De aanwezigheid van zuurstof geeft schimmels op het hout de mogelijkheid te groeien en het hout aan te tasten.

Als de grondwaterstand weer stijgt, stopt de schimmelgroei, maar de schade blijft. Verschillende periodes van droogstand bepalen de totale schade aan het hout.

Invloed op sterkte

De draagkracht van palen neemt af door schimmelaantasting. Voor de constructieve sterkte moet worden gekeken naar de resterende diameter van de paal.

Schimmels hebben een grotere invloed op het verminderen van het draagvermogen van funderingshout dan bacteriën.

Snelheid aantasting

Algemeen kan gesteld worden dat een cumulatieve droogstand van 10 tot 15 jaar kan leiden tot constructieve schade aan de fundering.

Schimmelgroei is temperatuurafhankelijk. Hoe hoger de temperatuur, des te sneller de groei [Buma, Stuurman, Van Etten, de Jong, 2006].

Gevoeligheid houtsoorten

De gevoeligheid van houtsoorten voor schimmelgroei is bij alle houtsoorten gelijk.

Soorten schimmels

Softrotschimmel

Witrotschimmel

Bruinrotschimmel

2.3 Micro-organismen

Principe

Verschillende micro-organismen kunnen in het hout binnendringen en daar verder leven. Daarbij kan gedacht worden aan de houtwormkever en de boktor. Deze leggen eitjes in spleten en naden van het hout. Uit deze eitjes ontstaan larven. Larven vreten zichzelf steeds dieper in het hout. Er ontstaan boorgangen.

Vooral droge houten onderdelen, in een vochtig warm klimaat zijn kritische plekken.

De larve van de houtwormkever leeft zo'n drie jaar in het hout. Als deze zich ontpoppen, ontstaan er kevertjes die het hout uitkomen.

De larve van de huisboktor kan wel tot 12 jaar in het hout aanwezig zijn. De huisboktor is groter en richt meer schade aan.

Invloed op sterkte

De aanwezigheid van boorgaten in het hout, betekent een verminderd dragend oppervlakte. De sterkte en stabiliteit van de constructie gaat achteruit.

Gevoeligheid houtsoorten

Bij funderingshout is de aanwezigheid van bovengenoemde micro-organismen een minder vaak voorkomend probleem dan voor andere delen van de houtconstructie. Houten constructieonderdelen bovengronds, in een vochtig milieu, zijn kritischer plekken.

3. Zetting

Ten gevolge van zetting en kruip van grond, daalt het maaiveld. Oorzaken van deze zetting en krimp zijn onder andere het aanbrengen van extra belasting of het uittreden van water.

Het gevolg van deze zetting voor houten paalfunderingen is een extra paalbelasting in de vorm van negatieve kleeft. Als dit leidt tot een overbelasting van de maximale draagkracht van de palen, bezwijkt de fundering. Dit heeft bovengronds zakking en/of scheefstand van de woning tot gevolg.

Indien funderingspalen niet gefundeerd zijn tot in de draagkrachtige lagen leiden zettingen tot een (ongelijkmatige) zakking van de woning.

De oorzaken van zettingen zijn onder andere:

- 3.1 Verlaging grondwaterstand
- 3.2 Grondophoging
- 3.3 Gas- en delfstofwinning
- 3.4 Secundaire zetting

Deze oorzaken zijn in bijlage C.1 besproken.

3.1 Verlagen grondwaterstand

Het verlagen van de grondwaterstand leidt tot zettingen. Indien palen niet tot in de draagkrachtige grondlagen reiken, leidt dit tot zakking en scheefstand van de woning.

Een verlaging van de grondwaterstand kan ook de oorzaak zijn van aantasting van het funderingshout door schimmels. Dit leidt tot een verminderde draagkracht van de fundering en uiteindelijk tot bezwijken van de fundering. De aantastingen van het funderingshout worden hierna besproken.

De oorzaken van verlagingen in de grondwaterstand zijn:

- 3.1.1 Aanwezigheid grote boom
- 3.1.2 Aanwezigheid lekke riolen
- 3.1.3 Bemaling t.b.v. landbouw
- 3.1.4 Polderpeilaanpassingen
- 3.1.5 Verkeerd afgestelde drainage
- 3.1.6 Droog / Nat seizoen
- 3.1.7 Dempden sloten
- 3.1.8 Bouwwerkzaamheden in omgeving

Deze zijn hiervoor in Bijlage C.1 besproken.

4. Verschil in kelderdiepte

Zie hiervoor Bijlage C.1.

5. Verschil in fundering

Zie hiervoor Bijlage C.1.

6. Belastingssituatie

Zie hiervoor Bijlage C.1.

7. Geotechnische draagkracht grond onvoldoende

Indien palen niet gefundeerd staan tot in de draagkrachtige zandlagen, kan ten gevolge van zetting van de grond een woning zakken.

Als palen gefundeerd staan tot in de minder diep gelegen draagkrachtige zandlagen, kan het zijn dat de daaronder liggende slappe grondlagen inklinken. Dit leidt tot zakkingen.

Zie ook vorige: 3. *Ontwerpfout*.

8. Ontwerp- en uitvoeringsfout

Tot het begin van de 20^e eeuw werd er niet gerekend aan funderingen. Uit ervaring en op gevoel maakte men een keuze voor een bepaalde fundering. Nieuwe inzichten in de grondmechanica en mogelijkheden om grondonderzoek te doen, maakten het mogelijk om funderingspalen te berekenen op draagkracht. Vanaf 1945 werd er in Nederland grondonderzoek gedaan, dit was gebaseerd op sonderingen. Niet lang daarna werd er een verband gevonden tussen de draagkracht van een funderingspaal en de sondeerwaarden. Er werd toen echter nog niet rekening gehouden met negatieve kleeft. Pas vanaf de jaren 60 werd de invloed van negatieve kleeft op het paal draagvermogen meegenomen in paalberekeningen.

Ontwerpfouten zijn het gevolg van het ontbreken van dit inzicht. Hierdoor werden er te korte, te dunne of te weinig palen onder een bouwwerk geplaatst. Dit kan leiden tot overbelasting en bezwijken van de fundering, met zakking en scheefstand tot gevolg.

De funderingen werden ook niet altijd goed aangelegd. Er werd van het bestek afgeweken. Het ontbreken van funderingspalen of het heien van palen op de verkeerde plaats zijn mogelijke fouten.

9. Verminderde draagkracht funderingsmetselwerk

Trillingen kunnen de oorzaak zijn van scheurvorming in het funderingsmetselwerk.

9.1 Bouwwerkzaamheden

Bouwwerkzaamheden kunnen trillingen veroorzaken waar het funderingsmetselwerk gevoelig voor is.

9.2 Verkeer, aanwezigheid drempels

Verkeerstrillingen kunnen trillingen veroorzaken waar het funderingsmetselwerk gevoelig voor is. Onder andere in de buurt van verkeersdrempels kunnen deze problemen optreden.

10. Verhogen grondwaterstand

Zie hiervoor Bijlage C.1.

Bijlage D

Modellenoverzicht

Model	Doel	Parameters	Eis	Weergave parameters
Empirische modellen				
Skempton & MacDonald (1956)	Criteria geven om schade ten gevolge van zettingsverschillen te voorspellen	Rotatie metselwerk (θ) Zettingsverschil (δs) Uitgaande dat er geen scheefstand (ω) optreedt	Constructie schade $\theta_{max} < 1/150$ Functionele schade $\theta_{max} < 1/300$ $\delta s_{max} \leq 32$ mm	
Polshin & Tokar (1957)	Criteria geven om schade ten gevolge van zettingsverschillen te voorspellen	Doorbuigingsverhouding (Δ/L) afhankelijk van lengte-hoogteverhouding gebouw	$L/H \leq 3$ $\Delta_{max}/L = 1/3500-1/2500$ $L/H \geq 5$ $\Delta_{max}/L = 1/2000-1/500$ 1 bouwlaag $\Delta_{max}/L \leq 1/1000$	
Sowers (1962)	Criteria geven om schade ten gevolge van zettingsverschillen te voorspellen, uitgaande van bruikbaarheidseisen	Totale zetting (s) Scheefstand (ω) Zettingsverschil (δs) Afhankelijk van de functie van het gebouw	Aansluitingen riolering $s \leq 15-30$ cm Toegankelijkheid $s \leq 30-60$ cm $\omega \leq 0.004 * L$ tot $0.01 * L$ afh. van functie gebouw Hoge doorgaande metselwerk wanden $\Delta s \leq 0.0005 * L$ tot $0.001 * L$ 1-verdiepingsbouw metselwerk $\Delta s \leq 0.001 * L$ tot $0.002 * L$	
Bjerrum (1963)	Criteria geven om schade ten gevolge van zettingsverschillen te voorspellen: aanvullen van eisen van Skempton en MacDonald (1956)	Relatieve rotatie metselwerk (β)	Esthetische schade $\beta \leq 1/500$ Functionele schade $\beta \leq 1/300$ Constructieve schade $\beta \leq 1/150$	
Charles & Skinner (2004)	Het onderzoeken van de relatie tussen scheefstand en bruikbaarheid van een woning	Scheefstand (ω)	$\omega = 1/250-1/200$ Merkbare scheefstand $\omega > 1/250$ Monitoren $\omega = 1/100$ Constructieve veiligheid komt in gevaar $\omega = 1/50$ Constructieve veiligheid in gevaar!! Direct actie ondernemen.	
Empirisch Analytische modellen				
Burland & Wroth (1974)	Criteria geven om schade ten gevolge van zettingsverschillen te voorspellen. Classificeren van schade Op grond van LTS-methode	Doorbuigingsverhouding (Δ/L) Afhankelijk van lengte-hoogteverhouding en van buigingsvorm Uitgangspunt bij criteria: toelaatbare rek in metselwerk, $\epsilon \leq 0.075\%$	Sagging, Neerwaartse buigingsvorm $L/H=1$ $\Delta/L \leq 1/2500$ $L/H=5$ $\Delta/L \leq 1/1250$ Hogging, Opwaartse buigingsvorm $\Delta/L \leq 1/5000$ $\Delta/L \leq 1/2500$	
Boscardin & Cording (1989)	Criteria geven om schade ten gevolge van zettingsverschillen te voorspellen. Classificeren van schade Aanvulling op werk van Burland & Wroth, aanvullen van schadeklassen			
Netzel (2009)	Evalueren van voorgaande methoden Evalueren geschiktheid van parameters		Hij beveelt het gebruik van de relatieve rotatie (β) aan voor het beoordelen van schade als gevolg van afschuifvervorming en de doorbuigingsverhouding (Δ/L) voor het beoordelen van schade als gevolg van buigingsvervorming.	
Numerieke modellen				
Rots (2000)	Het analyseren van schade aan bovengrondse constructies als gevolg van vervormingen in de ondergrond (aanleg tunnel) Het onderzoeken van invloed van parameters op schade	Numeriek model, extra aspecten worden meegenomen in de modellering; -Eigenschappen van metselwerk -Herverdeling van spanningen na scheurvorming in metselwerk -Gevelkarakteristieken	Er worden geen schadecriteria vastgesteld.	
Probabilistische modellen				
Deltares (2011)	Het voorspellen van schade aan gebouwen als gevolg van maatregelen op gebiedsgrootte schaal	Schadecriteria worden bepaald als gevolg van verschillende zettingsbijdragen. Uit de voorspelde zettingen worden te verwachten relatieve rotaties en hoekverdraaiingen in het bovengrondse metselwerk bepaald.	Er worden geen schadecriteria vastgesteld. De criteria van Boscardin (1989) als schadecriteria worden gehanteerd.	

Nederlandse Norm (niewbouweisen)						
NEN 6740	Het geven van vervormingscriteria voor nieuwbouw	Zetting (w) Rotatie (θ) Scheefstand (ω) Relatieve rotatie (β)		Grenstoestand 2 (=BGT)	Grenstoestand 1B (=UGT)	
			w (m)	0.15 ¹	-	
			θ (mm/m)	1/300	-	
			β (mm/m)	1/300	1/100 ²	
			ω (mm/m)	1/300		

¹ Uit norm geschrap

² Als aanbeveling in norm opgenomen

Bijlage E

Gemeentelijk beleid

Bijlage E

Gemeente	Initiatief tot woningverbetering	Rol gemeente	Stimulans aanpak per bouweenheid?	Praktijk: Partieel of volledig funderingsherstel
Schiedam	Vanuit gemeente Gemeente Schiedam heeft grootschalig onderzoek laten uitvoeren naar woningkwaliteit en funderingskwaliteit, en boden dit onderzoek aan aan woningeigenaren. Na dit onderzoek ligt het initiatief tot funderingsherstel bij de woningeigenaren, gemeente heeft dan alleen nog adviserende rol en biedt hulp.	Aanbieden funderingsonderzoek Hulp en advies Vangnetregelingen Laagrentende leningen Subsidies	Ja, Alleen dan maak je kans op leningen en subsidies als 50% vd bewoners voor is, wordt rest aangeschreven	In de praktijk komt het niet voor dat slechts enkele bewoners van een bouweenheid een bouwvergunning aanvragen voor funderingsherstel, meestal per bouweenheid
Dordrecht	Vanuit gemeente Gemeente Dordrecht heeft grootschalig onderzoek laten uitvoeren naar de kwaliteit van de fundering van woningen in de 19 ^e eeuwse stadsgordel. De onderzoeksrapporten werden aan bewoners aangeboden. Bij hen ligt nu het initiatief om funderingsherstel toe te passen.	Aanbieden funderingsonderzoek Hulp en advies Vangnetregelingen Laagrentende leningen Subsidies	Ja, Alleen dan maak je kans op leningen en subsidies Als 50% vd bewoners voor is, wordt rest aangeschreven	In de praktijk komt het niet voor dat slechts enkele bewoners van een bouweenheid een bouwvergunning aanvragen voor funderingsherstel, meestal per bouweenheid
Zaanstad	Vanuit gemeente Gemeente Zaanstad heeft onderzoek laten uitvoeren naar de funderingskwaliteit van de woningen. Dit onderzoek is aan de betreffende bewoners bekend gemaakt. Nu ligt initiatief tot funderingsherstel bij bewoners.	Aanbieden funderingsonderzoek Hulp en advies Vangnetregelingen Laagrentende leningen Subsidies voor funderingsonderzoek en technisch voorbereidingsplan	Ja, Alleen als 2/3 ^e van de eigenaren er achter staat, dan maak je kans op subsidies voor technisch voorbereidingsplan Gemeente schrijft niet aan.	Voornamelijk volledig funderingsherstel, partieel funderingsherstel blijkt voor de situatie in Zaanstad geen oplossing te bieden (dunne grenen houten palen aangetast door bacteriën).
Rotterdam	Ligt bij woningeigenaren Gemeente heeft in 2008 een kaart gepubliceerd met daarop aangegeven de risicogebieden waar woningen een vergrote kans hebben op funderingsproblemen. Het initiatief tot woningverbetering ligt bij de bewoners.	Informeren via funderingsloket Informatie wordt alleen op aanvraag verstrekt Op aanvraag: gratis quick-scan van situatie, leidt mogelijk tot funderingsonderzoek Laagrentende leningen Vangnetregelingen	Ja, In principe wordt vanuit de gemeente geadviseerd het funderingsherstel per bouweenheid uit te voeren, alleen dan maakt een eigenaar kans op een lening. Het kan zijn dat er uiteindelijk toch voor gekozen wordt slechts een deel van de panden binnen de bouweenheid te herstellen. Als de eigenaren van de overige panden goed geïnformeerd zijn over het herstel en ermee instemmen, dan worden ook aan deze betreffende eigenaren leningen verstrekt.	Beide vormen van herstel komen in de praktijk in Rotterdam voor. Doordat de bouweenheden uit veel panden bestaan, is het lastig om alle bewoners op één lijn te krijgen. Partieel funderingsherstel komt regelmatig voor.
Amsterdam – Stadsdeel Zuid	Ligt bij woningeigenaren Gemeente Amsterdam heeft een meetboutennet en monitort op deze manier het gedrag van de panden in de wijken waar mogelijke funderingsproblemen optreden. Deze meetgegevens, evenals peilbuismetingen en inspectieputten zijn voor iedereen toegankelijk op het net. Indien uit de metingen blijkt dat er een onveilige situatie ontstaat als gevolg van funderingsproblemen, schrijft de gemeente de betreffende eigenaren van de bouwmuren aan. Dit komt in de praktijk weinig voor. In de meeste gevallen waarbij funderingsherstel plaats vindt, zijn het de woningeigenaren zelf geweest, die met een voorstel kwamen om te herstellen. Met name wanneer woningen gesplitst of verkocht worden, komt het regelmatig dat woningeigenaren zelf het initiatief nemen tot funderingsonderzoek en –herstel.	Metingen verrichten en vrijgeven Er zijn geen subsidies en laagrentende leningen beschikbaar gesteld vanuit de gemeente.	Nee, Reden: Bijna alle bouwmuren van woningen in Amsterdam zijn gemeenschappelijk. Bouweenheden zijn aan elkaar gekoppeld door het inbalken van liggers in bestaande bouwmuren. Dit maakt het lastig om te herstellen per bouweenheid. Daarnaast verschillen de funderingsproblemen plaatselijk sterk door plaatselijke verschillen in het grondpakket. Maar ook door plaatselijke funderingsproblemen als kespbreuk en palen die niet recht onder de funderingsbalken staan. De gemeente is terughoudend in het aanschrijven, aangezien funderingsherstel een grote kostenpost is. Alleen als het zeker is dat er zonder funderingsherstel onveilige situaties ontstaan, zal de gemeente aanschrijven.	In de praktijk komt het regelmatig voor dat er partieel funderingsherstel binnen een bouweenheid danwel binnen een woning plaats vindt. De gemeente geeft hiervoor bouwvergunningen, aangezien zij daar wettelijk toe verplicht zijn. Gemeente Amsterdam heeft veel te maken met rechtzaken tussen woningeigenaren, waarbij de ene eigenaar zijn fundering wil herstellen, terwijl de eigenaren van de naastgelegen panden dat niet willen.
Amsterdam – Stadsdeel Centrum	Deels bij woningeigenaren, deels bij gemeente De gemeente heeft zichzelf tot doel gesteld 80 panden per jaar aan te schrijven met als doel funderings- en cascoherstel. Daarnaast komen woningeigenaren ook zelf met het initiatief tot funderingsherstel. De panden in het centrum zijn een aantal jaar geleden grofweg geïnspecteerd door de gemeente. Hieruit resulteerde een vlekkenkaart, waaruit een indicatie kan worden verkregen van de bouwkundige staat van een pand is. De gemeente monitort de binnenstad met meetbouten. 80 panden per jaar worden nader onderzocht d.m.v. een funderings- en casco-onderzoek.	Gemeente voert funderingsonderzoeken en casco-onderzoek uit en financiert dit. Er zijn geen subsidies en laagrentende leningen beschikbaar gesteld vanuit de gemeente. 80% van de panden in de binnenstad is monument. Vanuit het Nationaal Restauratie Fonds zijn er wel subsidies beschikbaar voor funderingsherstel.	Ja, De funderingsonderzoeken gebeuren per bouweenheid. Het aanschrijven gebeurt specifiek per pand. Maar in de aanschrijving wordt benadrukt en geadviseerd per bouweenheid te herstellen. Het is wel mogelijk om een bouwvergunning aan te vragen voor herstel van slechts één pand. Gemeente poogt te voorkomen dat partieel funderingsherstel gebeurt, door de eigenaren van de andere panden binnen de betreffende bouweenheid in een dergelijke situatie aan te schrijven.	In de meeste gevallen wordt er per bouweenheid hersteld, omdat dit vanuit de gemeente wordt gestimuleerd door middel van een actief aanschrijfbeleid. Toch komt het ook voor dat er partieel funderingsherstel plaats vindt. Dit gaat echter wel samen met rechtzaken die door eigenaren zijn aangespannen tegen de gemeente.

Bijlage F

Berekening Zakkingsnelheid

Berekening zakkingsnelheid

Project 1	Straat 1 - Schiedam
Project 2	Straat 2 - Schiedam
Project 3	Straat 3 - Schiedam
Project 4	Straat 4 - Dordrecht

Straat 1 - Schiedam
 Bouwjaar 1930 (Panden met bout 2-4)
 Bouwjaar 1929 (Panden met bout 5 - 19)
 Voor methode 1:
 Nauwkeurigheidswaterpassing gedaan over periode van 6 jaar, elke +/- 6 maanden gemeten.
 Voor methode 2:
 Jaar lintvoegmeting: 2010
 Rekenperiode zakkingsnelheid: 80 jaar resp. 81 jaar

Meetbout	aantal maanden later in jaren	aantal maanden later in jaren	Methode 2: Lintvoegmeting zakking (mm)	Methode 2: Zakkingsnelheid (mm/jr)	Methode 1: Meetbouden absolute zakking (mm)															
					0	20	27	34	40	46	52	58	64							
2			2	0,03	0															
3			180	2,25					0	6,9	-1,3									-3,2
4			135	1,69					0	0	0,3	-0,4								2
5			130	1,60	0	4,4	5,5	8,7	8,9	9,3	10,5	10,3	11,2							11,2
6			155	1,91	0	4,9	5,5	9	9,4	9	10	9,9	12,2							12,2
7			170	2,10	0	5,1	5,7	8,9	9,6	9,6	9,4	10,1	11,6							11,6
8			225	2,78	0	5,3	6,5	9,8	10,9	10,4	12,2	12,1	14							14
9			245	3,02	0	5	6,7	10,2	10,9	11,2	11,7	12,7	14,7							14,7
10			210	2,59	0	6,4	7,3	10,9	11,4	11,7	12,5	13	15,1							15,1
11			235	2,90	0	6,3	7,4	10,7	7,3	11,4	9,3	11,3	13,7							13,7
12			250	3,09	0	6,5	7,5	10,8	11,2	11,1	13,2	13	15,5							15,5
13			270	3,33	0	5,8	7,3	11,1	11,7	12,1	11,3	12,2	14,6							14,6
14			320	3,95	0	5,8	7,8													
15			320	3,95	0	5,5	7,7	11,5	12,2	12,1	11,4	11,8	12,6							12,6
16			195	2,41	0	4,9	5,8	8,7	9,6	8,7	8	10	11,3							11,3
17			0	0,00	0	1,2	0,6	3,2	2,4	2,4	1,6	1,1	1,9							1,9
18			125	1,54	0	2,2	2,6	5,8	5,3	5,3	4	4,6	5,7							5,7
19			300	3,70	0	2,7	3,4	6,6	6,4	6,4	5,7	6,3	6,6							6,6

	Methode 1: Zakkingsnelheid (mm/jr)	Verschil zakkingsnelheid methode 1 en 2 (mm/jr)	Ordegrootte fout
70			
5,83			
30			
2,5			
-3,7	-1,48	-3,73	252,0
-1,3	-0,52	-2,21	424,5
9,6	1,65	0,04	2,5
9,1	1,56	-0,35	-22,7
9,6	1,65	-0,45	-27,5
11,2	1,92	-0,86	-44,7
12,8	2,19	-0,83	-37,8
13	2,23	-0,36	-16,3
12	2,06	-0,84	-41,0
13,6	2,33	-0,75	-32,4
13,9	2,38	-0,95	-39,9
	3,47	-0,48	-14,0
12,8	2,19	-1,76	-80,0
9,2	1,58	-0,83	-52,6
0,4	0,07	0,07	100,0
3,6	0,62	-0,93	-150,1
5,7	0,98	-2,73	-279,0

Straat 2 - Schiedam	
Bouwjaar 1930	
Voor methode 1:	
Nauwkeurigheidswaterpassing gedaan over periode van 5 resp. 6 jaar, elke +/- 6 maanden gemeten.	
Voor methode 2:	
Jaar lintvoegmeting: 2003	
Rekenperiode zakkingsnelheid: 73 jaar	

boutnummer	Methode 2: zakking uit lintvoeg (mm)	Methode 2: Zakkingsnelheid (mm/jaar)	Gemeten absolute zakking meetbouten										Methode 1: zakking tijdens meetperiode (mm)	Methode 1: Lengte meetperiode (jaar)	Methode 1: Zakkingsnelheid (mm/jaar)	Verschil zakkingsnelheid (mm/jaar) methode 1 en 2	Orde grootte van de fout (%)
			nov-04	jul-06	feb-07	sep-07	mrt-08	sep-08	mrt-09	sep-09	mrt-10	sep-10					
1	80,0	1,1	0,0	1,7	1,9	3,4	3,2	3,2	3,3	3,9			3,9	5	0,78	-0,32	-40,5
2	25	0,3	0,0	0,8	0,4	1,2	0,7	0,9	0,3	1,2			1	5	0,20	-0,14	-71,2
3	2	0,0	0,0	-0,8	-0,9	-0,6	-1,1	-0,2	-1,7	-0,8	-0,1	-1,5	0	6	0,00	-0,03	#DIV/0!
4	110	1,5	0,0	4,7	6,0	7,1	7,0	7,7	7,9	8,4	10,7	9,1	10	6	1,67	0,16	9,6
5	130	1,8	0,0	2,4	2,8	4,2	4,0	4,5	4,2	4,7	6,0	5,5	5,5	6	0,92	-0,86	-94,3
6	120	1,6	0,0	1,8	2,1	3,1	2,9	2,8	2,9	4,1	5,0	3,8	4	6	0,67	-0,98	-146,6
7	90	1,2	0,0	1,1	1,3	2,3	2,1	1,9	2,2	2,9	4,1	2,9	3,5	6	0,58	-0,65	-111,4
8	40	0,5	0,0	0,9	0,9	1,4	1,5	2,4	0,8	0,4	2,6	1,2	2	6	0,33	-0,21	-64,4
9	20	0,3	0,0	1,1	1,1	2,5	2,1	2,6	1,7	2,9	5,8	2,8	4	6	0,67	0,39	58,9
10	90	1,2	0,0	2,0	2,6	3,3	3,6	4,0	4,2	4,5	5,3	5,3	5,3	6	0,88	-0,35	-39,6
11	60	0,8	0,0	1,8	2,0	2,8	2,8	3,0	3,1	4,3	5,1	4,1	4,5	6	0,75	-0,07	-9,6

3C	35	20	B 20	5,5	11	2,0	30,0	50,0	550	-550	0,003	7,9	-5,9	580,0	-580,0	0,002	117,9	667,9	0,004	-0,00031	600,0	-600,0	0,002	196,4	746,4	0,0041	-292,9
	30	29	B 29	5,5	10	1,8	27,3	45,5	565	-565	0,010	8,1	-6,3	592,3	-592,3	0,010	121,1	686,1	0,012	-0,00881	610,5	-610,5	0,010	201,8	766,8	0,0136	-343,9
	25	30	B 30	5,5	10	1,8	27,3	45,5	515	-515	0,017	7,4	-5,5	542,3	-542,3	0,016	110,4	625,4	0,021	-0,01731	560,5	-560,5	0,016	183,9	698,9	0,0231	-304,6
	20	31	B 31	5,5	11	2,0	30,0	50,0	430	-430	0,016	6,1	-4,1	460,0	-460,0	0,018	92,1	522,1	0,019	-0,0161	480,0	-480,0	0,019	153,6	583,6	0,0217	-207,1
	15	32	B 32	5,5	7,5	1,4	20,5	34,1	350	-350	0,011	5,0	-3,6	370,5	-370,5	0,012	75,0	425,0	0,013	-0,01002	384,1	-384,1	0,012	125	475	0,0149	-266,7
	10	33	B 33	5,5	6	1,1	16,4	27,3	295	-295	0,002	4,2	-3,1	311,4	-311,4	0,004	63,2	358,2	0,002	0,0009	322,3	-322,3	0,005	105,4	400,4	0,0027	-286,3
	5	34	B 34	5	2,5	0,5	7,5	12,5	285	-285	0,002	4,1	-3,6	292,5	-292,5	0,004	61,1	346,1	0,002	0,0009	297,5	-297,5	0,005	101,8	386,8	0,0027	-714,3
	0	35	B 35	5	0	0,0	0,0	0,0	275	-275		3,9	-3,9	275,0	-275,0		58,9	333,9	0,067	-0,06345	275,0	-275,0		98,2	373,2	0,0746	#DIV/0!

Grenswaarden rotatie	
Esthetische schade	0,002
Functionele schade	0,003
Constructieve schade	0,007

Panden Dordrecht
<i>Straatnaam + huisnr wordt voor dit project anoniem gehouden.</i>
Bouwjaar 1933
Voor methode 1: Nauwkeurigheidswaterpassing methode 1 over periode van 2,5 jaar, elke +/- 6 maanden gemeten.
Voor methode 2: Jaar lintvoegmeting 2001 Rekenperiode zakkingsnelheid methode 2: 68 jaar

Boutnummer	Methode 2: Zakking uit lintvoeg en scheefstandsmetingen (mm)	Methode 2: Zakkingsnelheid (mm/jaar)	Methode 2: Plaatsing meetbouten	Methode 1: Zakkingsnelheid uit meetbouten (mm/jaar)	Methode 1: Zakkingsnelheid (mm/jaar)	Verschil zakkingsnelheid (mm/jaar) methode 1 en 3	Orde grootte fout in %				
Rechterdeel											
1	62	0,91	jul-02	jan-03	jun-03	nov-03	mei-04	nov-04	1,80	-0,9	49,3
2	45	0,66		2,2	0,7	1,3	1,1	2,5	1,30	-0,6	49,1
3	88	1,29		1,5	1,4	-0,3	1,3	2,5	2,00	-0,7	35,3
4	120	1,76		2,8	2,3	0,3	1,3	3,2	2,20	-0,4	19,8
5	118	1,74		3,5	0,2	1,6	1,7	3,6	1,80	-0,1	3,6
6	79	1,16		3,7	-0,9	2,1	-0,2	4,1	1,30	-0,1	10,6
7	74	1,09		1,9	1,2	0,8	-0,6	3,4	1,50	-0,4	27,5
8	80	1,18		3,0	-0,7	1,0	-0,2	4,1	1,00	0,2	-17,6
9	91	1,34		1,7	3,9	-3,9	-0,7	3,9	0,60	0,7	-123,0
10	79	1,16		-1,7	3,9	-2,1	-1,7	5,0	0,40	0,8	-190,4
11	34	0,5		0,9	0,2	-0,3	-1,7	3,2	0,10	0,4	-400,0
12	58	0,85		0,6	1,4	-2,3	-1,3	2,3	0,30	0,6	-184,3
13	75	1,1		1,1	0,7	-1,6	-1,1	2,3	0,50	0,6	-120,6
14	59	0,87		2,2	-0,5	-0,5	-1,3	2,3	-0,80	1,7	208,5
Linkerdeel											
1	0	0		-2,6	-3,2	0,0	-0,6	2,9	0,30	-0,3	100,0
2	20	0,29		1,7	-0,9	1,6	-0,6	0,0	0,60	-0,3	51,0
3	31	0,46		1,7	-0,5	1,0	-1,7	2,5	0,40	0,1	-14,0
4	5	0,07		0,2	0,0	0,3	-1,1	3,2	0,60	-0,5	87,7
5	22	0,32		1,1	0,0	0,0	-0,9	2,9	0,20	0,1	-61,8
6	30	0,44		0,9	0,5	-0,8	-1,5	2,0	0,70	-0,3	37,0
7	70	1,03		0,2	3,9	-2,1	0,0	1,6	1,80	-0,8	42,8
8	108	1,59		2,8	0,2	2,9	0,4	2,7	1,60	0,0	0,7
9	71	1,04		1,5	1,2	3,4	0,0	2,5	1,30	-0,3	19,7
10	37	0,54		1,7	0,7	3,9	-1,1	2,0	1,40	-0,9	61,1
11	73	1,07		1,7	0,5	1,3	-0,7	4,5	1,10	0,0	2,4
12	-6	-0,09		4,1	-3,5	0,3	-1,3	5,4	-0,60	0,5	85,3
				-1,3	-0,9	-2,1	-0,9	2,0			

Bijlage G.1

Uitwerking Case-study 2: Scharnierpand

Bijlage G.1

Herstelvariant 1 – Volledig funderingsherstel

Beschrijving herstelvariant

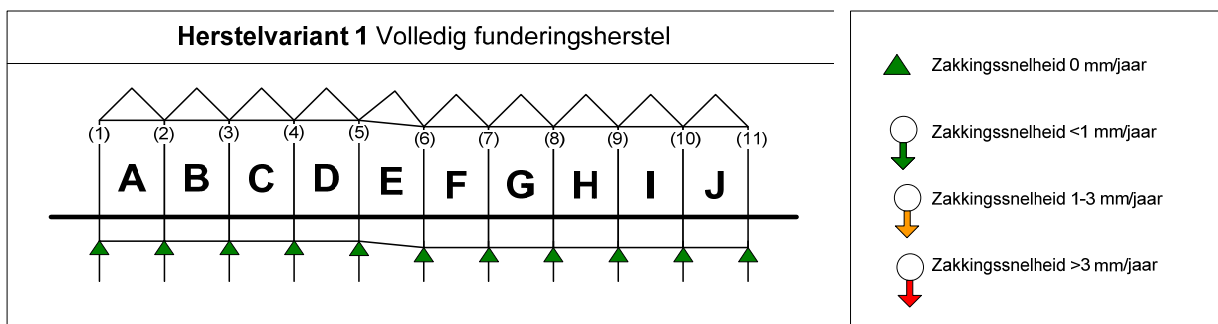
Van de panden A t/m J wordt de fundering hersteld.

Variant 1A

Bij deze variant wordt gebruik gemaakt van de tafelmethode. De woningen worden voorzien van een nieuwe betonvloer die ingekast is in de bestaande bouwmuren. Onder de betonvloer zullen stalen buispalen de krachten afdragen naar de draagkrachtige lagen.

Variant 1B

Bij deze variant wordt voor het herstel gebruik gemaakt van voorspanbalken die over de lengte van de woning zullen worden geplaatst langs bouwmuren. Deze voorspanbalken zijn aan de uiteinden opgelegd op nieuwe funderingspalen, die buiten de woning gelegen zijn.



Figuur 1 Herstelvariant 1

Figuur 2 Legenda

Kosten

Er wordt hier onderscheid gemaakt tussen de totale investering en de investering per pandeigenaar:

Tabel 1 Kosten herstelvariant 1

	Investering totaal	Investering per pandeigenaar Eigenaar A t/m J
Investering (1A)	€ 721.000,-	€ 72.100,-
Investering (1B)	€ 617.000,-	€ 61.700,-

De berekening van de kosten is te vinden in bijlage G.2.

Tekeningen

De technische uitwerking van deze variant is te vinden in bijlage G.3.

Bijlage G.1

Risico's

Technisch

Alle woningen worden voorzien van een nieuwe fundering. In de toekomst zullen er geen zakkingsnelheidsverschillen meer optreden tussen de bouwmuren.

Maatschappelijk

Er moeten 10 pandeigenaren een bedrag van €60.000,- resp. € 70.000,- euro (afhankelijk van de herstmethode) investeren in een probleem dat door 1 pandeigenaar wordt ervaren. Weinig woningeigenaren zullen achter deze oplossing staan. Pandeigenaar E ervaart als enige een probleem, de andere eigenaren niet. Deze zullen niet willen investeren in funderingsherstel.

Kansen

De waarde en de verkoopbaarheid van de woningen neemt toe doordat er technische zekerheid is over de kwaliteit van de fundering.

De straat knapt op. In de praktijk blijkt indien er gekozen wordt voor funderingsherstel, woningeigenaren ook de motivatie vinden om de bovengrondse constructie op te knappen.

Consequenties

-

Bijlage G.1

Herstelvariant 2 – Partieel funderingsherstel, zonder maatregelen

Beschrijving herstelvariant

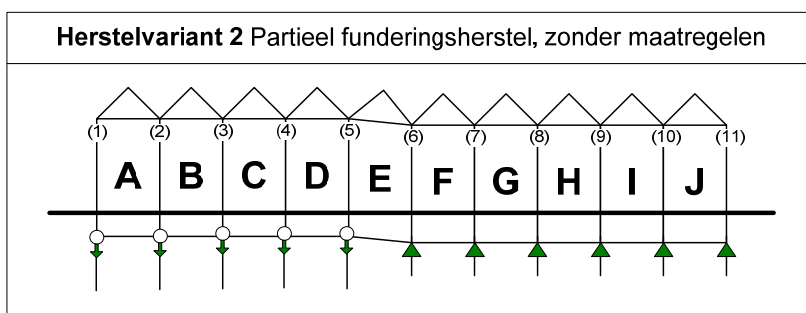
Van de panden F t/m J wordt de fundering hersteld, dat wil zeggen: bouwmuur (6) t/m (11) krijgen een nieuwe fundering. Bouwmuur (1) t/m (5) behouden hun oorspronkelijke zakkingsnelheid.

Variant 2A

Bij deze variant wordt gebruik gemaakt van de tafelmethode. De woningen F t/m J worden voorzien van een nieuwe betonvloer die ingekast is in de bestaande bouwmuuren. Onder de betonvloer zullen stalen buispalen de krachten afdragen naar de draagkrachtige lagen.

Variant 2B

Bij deze variant wordt voor het herstel gebruik gemaakt van voorspanbalken die over de lengte van de woning zullen worden geplaatst langs bouwmuuren. Deze voorspanbalken zijn aan de uiteinden opgelegd op nieuwe funderingspalen, die buiten de woning gelegen zijn.



Figuur 3 Herstelvariant 2



Figuur 4 Legenda

Kosten

Tabel 2 Kosten herstelvariant 2

	Investering totaal	Investering per pandeigenaar Eigenaar A t/m D	Investering per pandeigenaar Eigenaar E	Investering per pandeigenaar Eigenaar F t/m J
Investering (2A)	€ 360.700,-	€ 0,-	€ 32.790,-	€ 65.580,-
Investering (2B)	€ 308.500,-	€ 0,-	€ 28.045,-	€ 56.090,-

De berekening van de kosten is te vinden in bijlage G.2.

Tekeningen

De technische uitwerking van deze variant is te vinden in bijlage G.3.

Bijlage G.1

Risico's

Technisch

Doordat niet alle bouwmuren worden voorzien van een nieuwe fundering, blijven er onderlinge zakkingsnelheidsverschillen tussen de wel en niet herstelde bouwmuren optreden. Pand E blijft een mogelijk scharnierpand.

Bouwmuur (1) t/m (5) zakken nu gelijkmatig. Het is niet met zekerheid te zeggen dat deze bouwmuren in de toekomst nog steeds dezelfde zakkingsnelheid behouden. Ook hier is kans op onderlinge zakkingsverschillen. Eventueel is een later stadium alsnog volledig funderingsherstel nodig.

Maatschappelijk

Er moeten 6 pandeigenaren een bedrag van gemiddeld € 65.000,- resp. €55.000,- (afhankelijk van de herstellmethode) euro investeren in een probleem dat door 1 pandeigenaar wordt ervaren. Pandeigenaar F t/m J worden gedwongen mee te doen aan het herstel, terwijl zij de gevolgen van de funderingsproblemen niet ervaren, door de gelijkmatige zakking. De kans is groot dat zij niet willen investeren in funderingsherstel.

Kansen

Er is een kans dat na het partieel funderingsherstel bouwmuur (1) t/m (5) nog een tijdje verder zakken, maar dat deze zakkingsnelheid op een gegeven moment afneemt tot nagenoeg 0 mm/jr. Dit zou betekenen dat pand E in de tijd weer rechter komt te staan.

De waarde en verkoopbaarheid van de woningen met een herstelde fundering is toegenomen doordat er technische zekerheid is over de kwaliteit van de fundering.

Consequenties

-

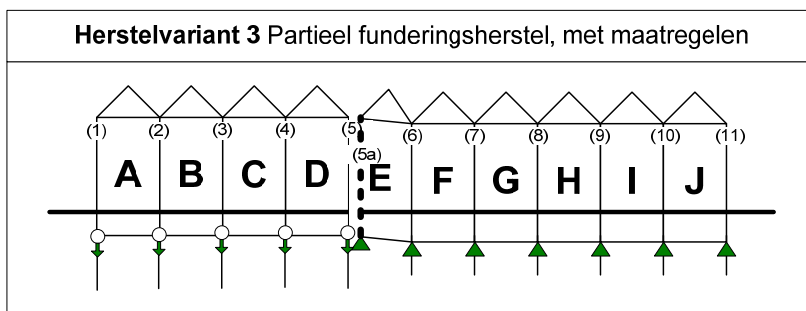
Bijlage G.1

Herstelvariant 3 – Partieel funderingsherstel, met maatregelen

Beschrijving herstelvariant

De bestaande bouweenheid wordt ter plaatse van bouwmuur (5) opgesplitst in twee bouweenheden. De eerste bouweenheid wordt gevormd door pand A t/m D, hierbij horen bouwmuur (1) t/m (5). Deze bouweenheid behoudt zijn oorspronkelijke fundering en dus ook de oorspronkelijke zakkingsnelheid. De tweede bouweenheid wordt gevormd door pand E t/m J. Er komt een nieuwe bouwmuur (5a) om woning E af te sluiten. De tweede bouweenheid wordt voorzien van een nieuwe fundering.

Er wordt gebruik gemaakt van de tafelmethode. De woningen worden voorzien van een nieuwe betonvloer die ingekast is in de bestaande bouwmuren. Onder de betonvloer zullen stalen buispalen de krachten afdragen naar de draagkrachtige lagen.



Figuur 5 Herstelvariant 3



Figuur 6 Legenda

Kosten

Tabel 3 Kosten herstelvariant 3

	Investering totaal	Investering per pandeigenaar Eigenaar A t/m D	Investering per pandeigenaar Eigenaar E	Investering per pandeigenaar Eigenaar F t/m J
Investering (3)	€ 455.900,-	€ 0,-	€ 95.150,-	€ 72.150,-

De berekening van de kosten is te vinden in bijlage G.2.

Tekeningen

De technische uitwerking van deze variant is te vinden in bijlage G.3.

Risico's

Technisch

Voor woning E t/m J is er nu zekerheid over de kwaliteit van de fundering. Voor woning A t/m D niet. Deze zullen mogelijk in een later stadium alsnog hersteld moeten worden.

Er worden nieuwe funderingspalen (5a) geplaatst, direct naast bestaande funderingspalen (5) die hun functie behouden. Er is een kans dat door het plaatsen van de nieuwe palen de bestaande palen stijver in de grond komen te staan en dat de zakkingsnelheid van deze palen afneemt. Hierdoor ontstaat er een zakkingsnelheidsverschil tussen de bouwmuren (4) en (5). Gevolg is dat pand D licht kan gaan scharnieren.

Het aanbrengen van nieuwe funderingspalen (bouwmuur (5a)) direct naast een slechte fundering (bouwmuur (5)) brengt in de bouwfase een zeker risico op schade met zich mee.

Maatschappelijk

Pand D heeft niet langer de zekerheid van een goede funderingskwaliteit. De verkoopbaarheid en waardevastheid van dit pand neemt af.

Alleen woningeigenaar E ervaart een probleem en wil dat de fundering van zijn woning wordt hersteld. Pandeigenaar F t/m J worden nu gedwongen mee te doen aan het herstel. Van hen wordt verwacht dat zij een bedrag van € 73.000,- gaan investeren, terwijl zij de gevolgen van de funderingsproblemen niet ervaren, door de gelijkmatige zakking. De kans is groot dat zij niet willen investeren in funderingsherstel.

Kansen

De waarde en verkoopbaarheid van de woningen met een herstelde fundering is toegenomen doordat er technische zekerheid is over de kwaliteit van de fundering.

Consequenties

Pand E wordt 200 mm smaller door het plaatsen van een nieuwe bouwmuur.

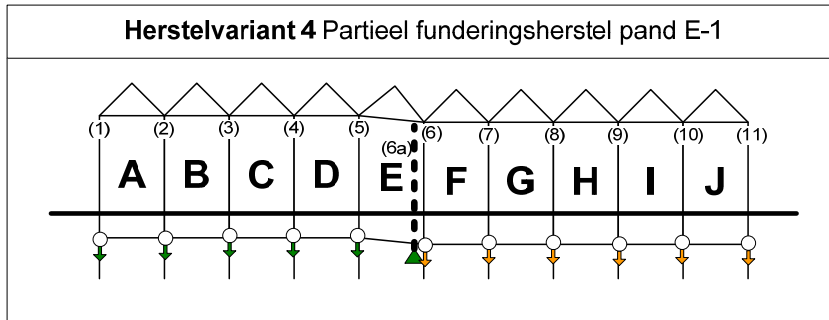
Een lastig punt hier is het aansluiten van de bestaande kapconstructie van pand E op de nieuwe bouwmuur (5a). Hiervoor moet een oplossing gevonden worden, zodat de panden D en E vrij van elkaar kunnen zakken.

Bijlage G.1

Herstelvariant 4 – Partieel funderingsherstel met maatregelen, pand E

Beschrijving herstelvariant

Alleen eigenaar E kiest ervoor het funderingsprobleem aan te pakken. Er wordt gekozen om pand E los te koppelen van pand F. Pand E wordt voorzien van een nieuwe bouwmuur (6a) met daaronder een nieuwe fundering. Bouwmuur (5) krijgt geen nieuwe fundering en behoudt zijn zakkingsnelheid. Dit betekent dat pand E partieel is hersteld.



Figuur 7 Herstelvariant 4



Figuur 8 Legenda

Kosten

Tabel 4 Kosten herstelvariant 4

	Investering totaal	Investering per pandeigenaar Eigenaar A t/m D, F t/m J	Investering per pandeigenaar Eigenaar E
Investering (4)	€ 71.150,-	€ 0,-	€ 71.150,-

De berekening van de kosten is te vinden in bijlage G.2.

Tekeningen

De technische uitwerking van deze variant is te vinden in bijlage G.3.

Risico's

Technisch

Voor geen van de panden is het funderingsprobleem weg genomen. Pand A t/m D behouden hun zakkingsnelheid. Pand E blijft een mogelijk scharnierpand door het zakkingsnelheidsverschil tussen de beide bouwmuuren (5) en (6a). Pand F t/m J behouden hun zakkingsnelheid. Het is niet met zekerheid te zeggen dat deze zakkingsnelheid ook in de toekomst gelijkmatig verloopt.

Er worden nieuwe funderingspalen (6a) geplaatst, direct naast bestaande funderingspalen (6) die hun functie behouden. Er is een kans dat door het plaatsen van de nieuwe palen de bestaande palen stijver in de grond komen te staan en dat de zakkingsnelheid van deze palen afneemt. Hierdoor ontstaat er een zakkingsnelheidsverschil tussen de bouwmuuren (6) en (7). Gevolg is dat pand F licht kan gaan scharnieren.

Het aanbrengen van nieuwe funderingspalen (bouwmuur (6a)) direct naast een slechte fundering (bouwmuur (6)) brengt in de bouwfase een zeker risico op schade met zich mee.

Bijlage G.1

Maatschappelijk

Pand F heeft niet langer de zekerheid van een goede funderingskwaliteit. De verkoopbaarheid en waardevastheid van dit pand neemt af.

Pand E is degene die investeert in funderingsherstel. Maar door deze oplossing te kiezen, blijft pand E het pand waar de grootste kans is op schade als gevolg van funderingsproblemen. De waarde van de woning neemt niet toe als gevolg van het partieel funderingsherstel.

Kansen

Als het zakkingsgedrag van pand A t/m D zich in de loop van de tijd stabiliseert, is er een kans dat pand E weer recht komt te staan.

Consequenties

Pand E wordt 200 mm smaller door het plaatsen van een nieuwe bouwmuur.

De bestaande bouweenheid wordt opgesplitst in twee bouweenheden: pand A t/m E resp. pand F t/m J.

De ingreep om een nieuwe bouwmuur (6a) te plaatsen brengt veel overlast met zich mee. De bouwmuur komt in de zone waar het trappenhuis, de keuken, de badkamer en het toilet van woning E zich bevinden. Dit betekent voor het plaatsen van de nieuwe bouwmuur, dat deze voorzieningen tijdelijk niet bruikbaar zullen zijn. Sommige van deze voorzieningen moeten zelfs helemaal verplaatst worden tijdens het aanbrengen van de nieuwe bouwmuur. Daarnaast moet rekening gehouden met de leidingen die zich hier bevinden.

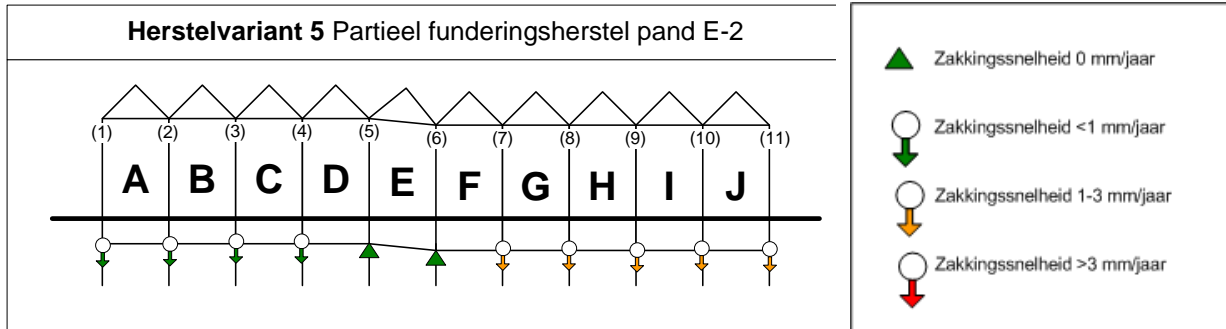
Daarnaast is een lastig punt het aansluiten van de bestaande kapconstructie van pand E op de nieuwe bouwmuur. Hiervoor moet een oplossing gevonden worden, zodat de panden E en F los van elkaar kunnen zakken.

Bijlage G.1

Herstelvariant 5 – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E

Beschrijving herstelvariant

Alleen pand E kiest ervoor zijn fundering te herstellen. Er worden geen extra maatregelen getroffen om de woning los te koppelen van pand D of pand F. Deze variant is uitgewerkt voor twee herstelmethoden: Funderingsherstel volgens de tafelmethode (het plaatsen van nieuwe palen en een nieuwe vloer) en funderingsherstel met voorspanbalken.



Figuur 9 Herstelvariant 5

Figuur 10 Legenda

Kosten

Tabel 5 Kosten herstelvariant 5

	Investering totaal	Investering per pandeigenaar Eigenaar A t/m C, G t/m J	Investering per pandeigenaar Eigenaar E	Investering per pandeigenaar Eigenaar D en F
Investering (5A) Nieuwe palen, nieuwe vloer	€ 85.300,-	€ 0,-	€ 42.650,-	€ 21.325,- Alleen meebetalen aan gemeenschappelijke bouwmuur met E
Investering (5B) Voorspanbalken	€ 81.300,-	€ 0,-	€ 40.650,-	€ 20.325,- Alleen meebetalen aan gemeenschappelijke bouwmuur met E

De berekening van de kosten is te vinden in bijlage G.2.

Tekeningen

De technische uitwerking van deze variant is te vinden in bijlage G.3.

Risico's

Technisch:

Doordat bouwmuur (5) en (6) worden voorzien van een nieuwe fundering, ontstaat er een zakkingsnelheidsverschil tussen de bouwmuren binnen pand D en tussen de bouwmuren binnen pand F. Dit betekent dat deze panden in de toekomst zullen scharnieren. Het probleem van pand E wordt op deze manier verplaatst naar pand D en F.

Het is niet met zekerheid te zeggen dat de bouwmuren die nu gelijkmatig zakken in de toekomst nog steeds dezelfde zakkingsnelheid behouden. Ook hier is kans op onderlinge zakkingsverschillen. Eventueel is een later stadium alsnog volledig funderingsherstel nodig.

Maatschappelijk:

Eigenaren D en F zullen niet mee willen investeren in dit herstel. Bouwmuur (5) en (6) zijn gemeenschappelijk bezit van eigenaar D en E resp. eigenaar E en F. Dit betekent dat D en F mee moeten betalen aan het funderingsherstel van pand E. Op deze manier investeren zij in hun eigen ondergang.

Door de keuze van funderingsherstel van pand E, ontstaat er schade aan pand D en F. Er is een kans dat er door eigenaar D en F een rechtzaak wordt aangespannen tegen eigenaar E.

Kansen

-

Consequenties

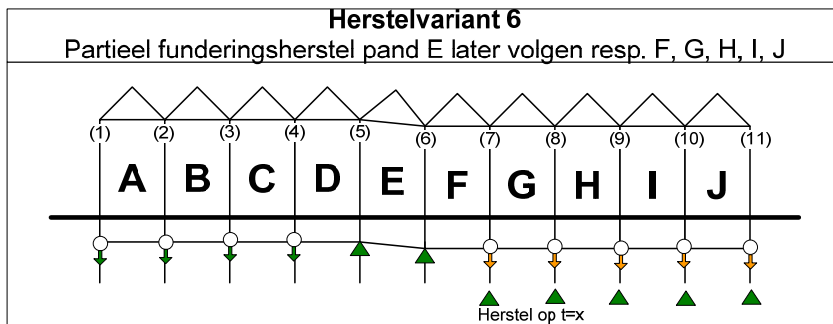
Pand D en F zullen in de toekomst scharnierpand worden. Als zij er ook voor kiezen hun fundering te herstellen, zal het probleem zich verplaatsen naar de volgende panden in het rijtje. Dit betekent dat het probleem van het scharnierpand zich in de toekomst zal blijven verplaatsen.

Bijlage G.1

Herstelvariant 6 – Partieel funderingsherstel pand E, later volgen resp. F, G, H, I, J

Beschrijving herstelvariant

Bij deze variant vindt er pas funderingsherstel plaats, als een pand het hoekverdraaiings-criterium van $1/300^{\circ}$ overschrijdt. Dit betekent dat in eerste instantie alleen pand E wordt voorzien van een nieuwe fundering, dit gebeurt op $t=0$. Als na enkele jaren pand F het rotatiecriterium overschrijdt wordt ook de fundering van dit pand hersteld. Op deze manier komen resp. pand G, H, I, J ook aan de beurt. In de uitwerking wordt uitgegaan dat voor het herstel van pand E gebruik wordt gemaakt van de tafelmethode (nieuwe palen, nieuwe vloer). Voor de daaropvolgende panden wordt gebruik gemaakt van voorspanbalken.



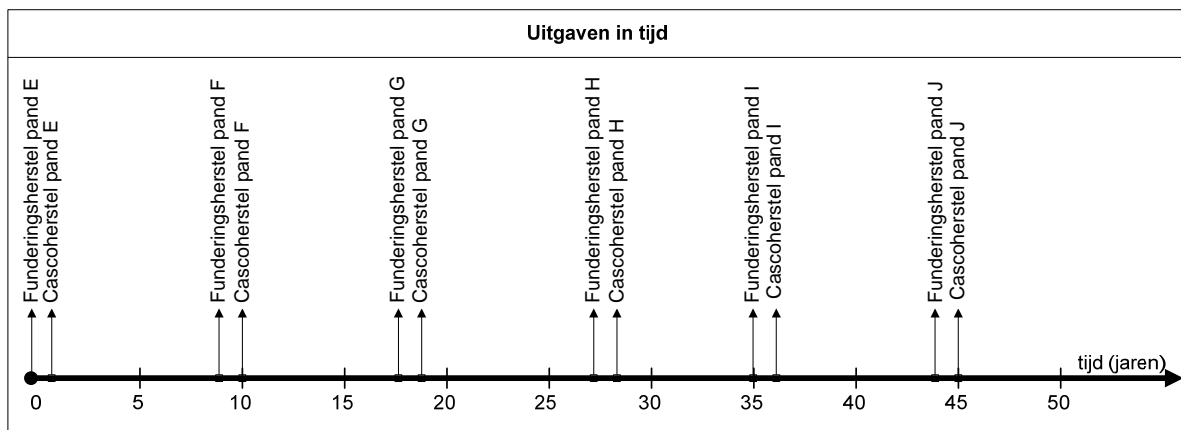
Figuur 11 Herstelvariant 6



Figuur 12 Legenda

Kosten

De kosten behorend bij deze variant worden op verschillende momenten in de tijd gemaakt. Hieronder, in figuur X, is dat weergegeven. De totaalkosten van deze variant zijn teruggerekend naar het bedrag dat op $t=0$ gereserveerd moet worden voor het herstelplan. Hierbij is rekening gehouden met een jaarlijkse inflatie van 2,533 % en met een stijging van de bouwkosten van 0,8% per jaar.



Figuur 13 Uitgaven in tijd

De berekening van de kosten is te vinden in bijlage G.2. In tabel 6 is een overzicht van de investering per eigenaar weergegeven.

In tabel 6 zijn de kosten per eigenaar weergegeven. De genoemde investering is het bedrag dat op $t=0$ moet worden gereserveerd voor funderings- en casco-herstel op $t=x$.

Bijlage G.1

Tabel 6 Investering per pandeigenaar herstelvariant 6

Investering (6)	€ 299.000,-						
teruggerekend naar t=0	(het te reserveren bedrag op t=0, voor herstel op t=x)						
	Te investeren bedrag per pandeigenaar						
	D	E	F	G	H	I	J
Funderingsherstel pand E	17210	34421	17210				
Cascoherstel pand E		11797					
Funderingsherstel bouwmuur 7			35649	11883			
Cascoherstel pand F			10119				
Funderingsherstel bouwmuur 8				30579	10193		
Cascoherstel pand G				8680			
Funderingsherstel bouwmuur 9					26230	8743	
Cascoherstel pand H					7445		
Funderingsherstel bouwmuur 10						22886	7629
Cascoherstel pand I						6496	
Funderingsherstel bouwmuur 11							26174
Cascoherstel pand J							5572
Totaal investering	€	€	€	€	€	€	€
teruggerekend naar t=0	17210,-	46218,-	62979,-	51142,-	43868,-	38125,-	39375,-

Tekeningen

De technische uitwerking van deze variant is te vinden in bijlage G.3.

Risico's

Technisch:

Doordat bouwmuur (5) en (6) worden voorzien van een nieuwe fundering, ontstaat er een zakkingsnelheidsverschil tussen de bouwmuren binnen pand D en tussen de bouwmuren binnen pand F. Dit betekent dat deze panden in de toekomst zullen scharnieren. Het probleem van pand E wordt op deze manier verplaatst naar pand D en F.

Het funderingsprobleem wordt niet in één keer aangepakt, maar pas op het moment dat er een ontoelaatbare rotatie optreedt in het metselwerk. Dit betekent dat naast funderingsherstelkosten er voor elke woning ook kosten worden gemaakt voor het casco-herstel.

Maatschappelijk:

Eigenaren D en F zullen niet mee willen investeren in het herstel van pand E. Bouwmuur (5) en (6) zijn gemeenschappelijk bezit van eigenaar D en E resp. Eigenaar E en F. Dit betekent dat D en F mee moeten betalen aan het funderingsherstel van pand E. Op deze manier investeren zij in hun eigen ondergang.

Door de keuze van funderingsherstel van pand E, ontstaat er schade aan pand D en F. Er is een kans dat er door eigenaar D en F een rechtzaak wordt aangespannen tegen eigenaar E. Als na verloop van tijd pand F ook een nieuwe fundering heeft, is het probleem verplaatst naar pand G.

Kansen

-

Consequenties

Het funderingsherstel wordt steeds per pand aangepakt. Dit betekent dat de kosten per ingreep gemiddeld hoger zullen zijn, dan wanneer de panden in één keer worden hersteld. Daarnaast nemen de cascoherstelkosten toe, hoe langer er wordt gewacht met het funderingsherstel.

Bijlage G.1

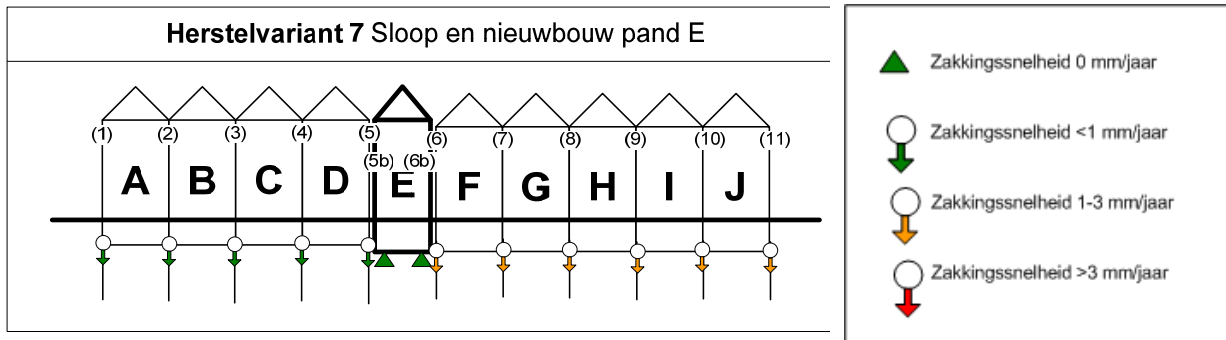
Maar het uitstellen van de ingreep, betekent dat er een eigenaar de tijd heeft om geld te reserveren en te sparen voor het funderingsherstel.

Bijlage G.1

Herstelvariant 7 – Sloop en nieuwbouw pand E

Beschrijving herstelvariant

Pand E wordt gesloopt. Dit heeft tot gevolg dat de bestaande bouweenheid wordt opgesplitst in twee bouweenheden. De eerste bouweenheid wordt gevormd door pand A t/m D. De tweede bouweenheid wordt gevormd door pand F t/m J. De bestaande fundering onder deze bouweenheden blijft zijn functie behouden. Dit betekent dat ook de oorspronkelijke zakkingsnelheid van deze woningen behouden blijft. Op het perceel van pand E wordt een nieuwe woning geplaatst, los van de twee bouweenheden. Deze woning wordt gebouwd op een nieuwe fundering.



Figuur 14 Herstelvariant 7

Figuur 15 Legenda

Kosten

Tabel 7 Kosten herstelvariant 7

	Investering totaal	Investering per pandeigenaar Eigenaar A t/m D, F t/m J	Investering per pandeigenaar Eigenaar E
Investering (7)	€ 360.400,-	€ 0,-	€ 360.400,-

De berekening van de kosten is te vinden in bijlage G.2.

Tekeningen

De technische uitwerking van deze variant is te vinden in bijlage G.3.

Risico's

Technisch:

Alle bouwmuren behouden hun zakkingsnelheid. Er is geen zekerheid dat dit ook in de toekomst gelijkmatig gebeurt. Er is een kans dat in de toekomst alsnog funderingsherstel van de andere panden noodzakelijk is.

Er worden nieuwe funderingspalen (5b) en (6b) geplaatst, direct naast bestaande funderingspalen (5) en (6) die hun functie behouden. Er is een kans dat door het plaatsen van de nieuwe palen de bestaande palen stijver in de grond komen te staan en dat de zakkingsnelheid van deze palen afneemt. Hierdoor ontstaat er een zakkingsnelheidsverschil tussen de bouwmuren (4) en (5) en tussen (6) en (7). Gevolg is dat pand D en F licht kunnen gaan scharnieren.

Het aanbrengen van nieuwe funderingspalen (bouwmuur (5b) en (6b)) direct naast een slechte fundering (bouwmuur (5) en (6)) brengt in de bouwfase een zeker risico op schade met zich mee.

Bijlage G.1

Maatschappelijk

Pand D en F hebben niet langer de zekerheid van een goede funderingskwaliteit. De verkoopbaarheid en waardevastheid van de panden neemt af.

Kansen

Pand E wordt op nieuwbouw-niveau gebouwd. Dit betekent een betere bouwtechnische kwaliteit.

Pand E kan in de hoogte of diepte vergroot worden, waardoor er meer ruimte beschikbaar is en de woning meer waard wordt.

Consequenties

Pand E wordt 400 mm smaller door het plaatsen van twee nieuwe bouwmuren.

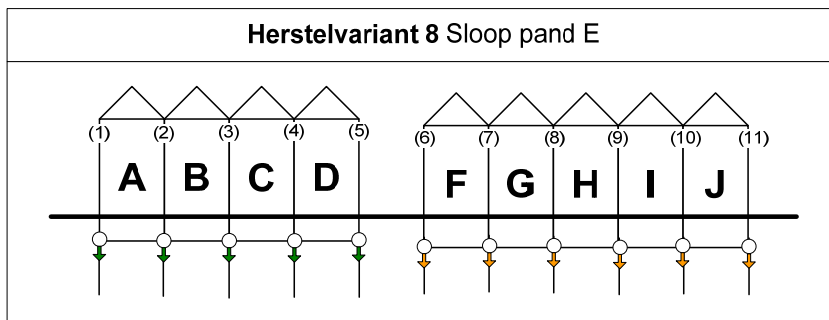
De bestaande bouweenheid wordt opgesplitst in twee bouweenheden, met daartussen pand E.

Bijlage G.1

Herstelvariant 8 – Sloop pand E

Beschrijving herstelvariant

Pand E wordt gesloopt. Dit heeft tot gevolg dat de bestaande bouweenheid wordt opgesplitst in twee bouweenheden. De eerste bouweenheid wordt gevormd door pand A t/m D. De tweede bouweenheid wordt gevormd door pand F t/m J. De bestaande fundering onder deze bouweenheden blijft zijn functie behouden. Dit betekent dat ook de oorspronkelijke zakkingsnelheid van deze woningen behouden blijft. Bouwmuur (5) en (6) zijn nu gevels geworden en zullen geïsoleerd en afgewerkt worden.



Figuur 16 Herstelvariant 8



Figuur 17 Legenda

Kosten

Tabel 8 Kosten herstelvariant 8

	Investering totaal	Investering per pandeigenaar Eigenaar A t/m D, F t/m J	Investering per pandeigenaar Eigenaar E
Investering (8) Grond levert geld op	€ 267.300,-	€ 0,-	€ 267.300,-
Investering (8) Grond levert geen geld op	€ 315.000,-	€ 0,-	€ 315.000,-

De berekening van de kosten is te vinden in bijlage G.2.

Tekeningen

De technische uitwerking van deze variant is te vinden in bijlage G.3.

Risico's

Technisch:

Alle bouwmuuren behouden hun oorspronkelijke zakkingsnelheid. Er is geen zekerheid dat dit in de toekomst ook nog gelijkmatig gebeurt. Er is een kans dat er in de toekomst alsnog funderingsherstel moet plaatsvinden.

Maatschappelijk:

Pandeigenaar E wordt gedwongen te verhuizen. De kans is groot dat hij deze hier niet achter staat.

Er komt bouwgrond vrij ter plaatse van het oorspronkelijke pand E. Er is geen zekerheid dat er een koper voor deze grond is. Dit betekent dat de kosten van de herstelvariant hoger kunnen uitvallen dan in eerste instantie gedacht.

Bijlage G.1

Kansen

Pandeigenaar D en F kunnen ervoor kiezen de vrijkomende bouwgrond op te kopen. Dit betekent meer ruimte om het huis.

Er kan ook gekozen worden door pandeigenaar D en F de vrijkomende bouwgrond op te kopen om een uitbouw van hun woning op te bouwen. De waarde van de woning zal toenemen. Bij het uitbreiden van de woning, moet rekening worden gehouden met de bestaande zakkingsnelheid van de panden. De woning en de aanbouw moeten los van elkaar kunnen zakken, zo wordt voorkomen dat de aanbouw gaat scharnieren.

Consequenties

De bestaande bouweenheid wordt opgesplitst in twee bouweenheden.

Bijlage G.2

Uitwerking Case-study 2: Berekening kosten

Bijlage G.2

Kosten herstelvarianten

Herstelvariant 1 Volledig funderingsherstel, pand A t/m J (bouwmuur (1) t/m (11))

Herstelvariant 2 Partieel funderingsherstel zonder maatregelen pand F t/m J (bouwmuur (6) t/m (11))

Herstelvariant 3 Partieel funderingsherstel met maatregelen, pand E t/m J (bouwmuur (5a) t/m (11))

Herstelvariant 4 Partieel funderingsherstel met maatregelen pand E (+bouwmuur (6a))

Herstelvariant 5 Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E (bouwmuur (5) en (6))

Herstelvariant 6 Partieel funderingsherstel, pand E eerst, later volgen pand F t/m J (eerst bouwmuur (5) en (6), later volgen (7) t/m (11)).

Herstelvariant 7 Sloop en nieuwbouw pand E

Herstelvariant 8 Sloop pand E

Bijlage G.2

Herstelvariant 1

Tabel 1

Herstelvariant 1	Volledig funderingsherstel
Kosten	617.000-721.500 euro

	Herstelmethode	Herstelkosten per m2	Aantal woningen	Aantal m2 per woning	Prijs	Totaal prijs
Herstelvariant 1A	Nieuwe vloer, nieuwe palen	1168	10	60,7	708976	721476
	Bijkomende kosten	Kosten per eigenaar	Aantal betrokken eigenaren			
	Begeleiding	1250	10		12500	
	Herstelmethode	Herstelkosten per m2	Aantal woningen	Aantal m2 per woning	Prijs	Totaal prijs
Herstelvariant 1B	Voorspansysteem	996	10	60,7	604572	617072
	Bijkomende kosten	Kosten per eigenaar	Aantal betrokken eigenaren			
	Begeleiding	1250	10		12500	

Bijlage G.2

Herstelvariant 2

Tabel 2

Herstelvariant 2	Partieel funderingsherstel, zonder maatregelen
Kosten	308.500-360.700 euro

	Herstelmethode	Herstelkosten per m2	Aantal woningen	Aantal m2 per woning	Prijs	Totaal prijs
Herstelvariant 2A	Nieuwe vloer, nieuwe palen	1168		5	60,7	354488
	Bijkomende kosten	Kosten per eigenaar	Aantal betrokken eigenaren			
	Begeleiding	1250		5		6250
						360738
Herstelvariant 2B	Voorspansysteem	996		5	60,7	302286
	Bijkomende kosten	Kosten per eigenaar	Aantal betrokken eigenaren			
	Begeleiding	1250		5		6250
						308536

Bijlage G.2

Herstelvariant 3

Tabel 3

Herstelvariant 3	Partieel funderingsherstel, met maatregelen
Kosten	455.900 euro

	Herstmethode	Herstelkosten per m2	Aantal woningen	Aantal m2 per woning		Deelprijs	Totaalprijs
Herstelvariant 3	Nieuwe vloer, nieuwe palen	1168	6	60,7		425385,6	455891
	Kosten maatregelen	Kosten per m1	Aantal m1	Kosten per m2	Aantal m2	Deelprijs	
	Dilatatie	16,9	17,8			300,82	
	Losmaken vloeren en kap	37	34,1			1261,7	
	Nieuwe gasbetonwanden zijgevel			75	102,6	7695	
	Inwerken verdiepingsvloer en kap in wand	44,5	34,1			1517,45	
	Dakconstructie aanpassen					800	
	Herinrichting pand E					5000	
	Totaal kosten maatregelen excl btw / winst / risico / algemene kosten					16574,97	
	Totaal maatregelen incl btw / winst / risico / algemene kosten					23006,32	
	Bijkomende kosten	Kosten per eigenaar	Aantal betrokken eigenaren				
	Begeleiding	1250	6			7500	

Bijlage G.2

Herstelvariant 4

Tabel 4

Herstelvariant 4	Partieel funderingsherstel pand E, met maatregelen
Kosten	71.150 euro

Herstmethode	Herstelkosten per m2	Aantal woningen	Aantal m2 per woning	15% extra	Deelprijs	Totaalprijs	
Nieuwe vloer, nieuwe palen		1168	0,5	17,7	1,15	11887,32	71143,32
Kosten maatregelen	Kosten per m1	Aantal m1	Kosten per m2	Aantal m2	Deelprijs		
Dilatatie		16,9	17,8			300,82	
Losmaken vloeren en kap		37	34,1			1261,7	
Nieuwe gasbetonwanden zijgevel				75	102,6	7695	
Inwerken verdiepingsvloer en kap in wand		44,5	34,1			1517,45	
Dakconstructie aanpassen						800	
Herinrichting pand E						40000	
Totaal kosten maatregelen excl btw / winst / risico / algemene kosten						16574,97	
Totaal maatregelen incl btw / winst / risico / algemene kosten						58006	
Bijkomende kosten	Kosten per eigenaar	Aantal betrokken eigenaren					
Begeleiding		1250	1			1250	

Nb. De kosten voor herstel zijn met 15% verhoogd om in rekening te brengen dat het funderingsherstel niet per blok wordt aangepakt, maar per pand.

Bijlage G.2

Herstelvariant 5

Tabel 5

Herstelvariant 5	Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E
Kosten	
5A Nieuwe palen, nieuwe vloer	85.300 euro
5B Voorspansysteem	81.300 euro

Herstelmethode

Herstelvariant	Herstelmethode	Kosten per m2		Extra kosten, 1 pand ipv hele blok in een keer herstellen 15%	Deelprijs	Totaalprijs
		vloer oppervlak	vloeroppervlak m2			
Herstelvariant 5A	Nieuwe palen, nieuwe vloer	1168	60,7	1,15	81532,24	85282
	Bijkomende kosten	Kosten per eigenaar	Aantal betrokken eigenaren			
	Begeleiding	1250	3		3750	
Herstelvariant 5B	Voorspansysteem	1543	43,7	1,15	77543,47	81293
	Bijkomende kosten	Kosten per eigenaar	Aantal betrokken eigenaren			
	Begeleiding	1250	3		3750	

Nb. De kosten voor herstel zijn met 15% verhoogd om in rekening te brengen dat het funderingsherstel niet per blok wordt aangepakt, maar per pand.

Bijlage G.2

Herstmethode 6

Tabel 6

Herstelvariant 6	Partieel funderingsherstel pand E, later volgen resp. F, G, H, I, J
Kosten	299.000 euro dit is het te reserveren bedrag op t=0

Achtergrond kosten opbouw

t=0	aantal m2	herstelkosten per m2	percentage		
Funderingsherstel pand E				15%	
Nieuwe palen, nieuwe vloer	60,7	969		1,15	67641,05
Begeleidingskosten					1200
t=1					68841,05
Cascoherstel pand E					12000

15% hogere kosten, omdat herstel per pand en niet met meerdere panden tegelijk plaats vindt.

Herstel daarop volgende panden, per pand

Funderingsherstel	aantal m2	herstelkosten per m2	percentage	kosten	Totaalkosten
deels tafelmethode	6	969		1,15	6686,1
deels voorspanbalken	28	1476		1,15	47527,2
Begeleiding					1200
Cascoherstel					12000
					55413,3

Uitgangspunt in berekening:

Tabel 7

Percentages

	%	
Inflatie	2,53%	1,02533
Bouwkostenstijging	0,80%	1,008

Bijlage G.2

Tabel 8

Werkzaamheden	Tijdstip van uitgave t (jaren)	Dit is het tijdstip waarop de grens van hoekverdraaiing is 1/300 wordt overschreden	Dit is de hoogte van de uitgave, volgens de huidige prijzen, geldend op t=0	Dit is de hoogte van het bedrag op t=x, hierin is de bouwkostenstijging meegenomen	Dit is het bedrag van de investering, terug gerekend naar t=0, inflatie er af, bouwkostenstijging er bij
		Bedrag	Bedrag	Bedrag	
		Euro	Euro	Euro	
Funderingsherstel pand E	0	68841	68841	68841	
Cascoherstel pand E	1	12000	12096	11797	
Funderingsherstel bouwmuur 7	9	55413	59533	47532	
Cascoherstel pand F	10	12000	12995	10119	
Funderingsherstel bouwmuur 8	18	55413	63959	40772	
Cascoherstel pand G	19	12000	13961	8680	
Funderingsherstel bouwmuur 9	27	55413	68714	34973	
Cascoherstel pand H	28	12000	14999	7445	
Funderingsherstel bouwmuur 10	35	55413	73237	30514	
Cascoherstel pand I	36	12000	15987	6496	
Funderingsherstel bouwmuur 11	44	55413	78682	26174	
Cascoherstel pand J	45	12000	17175	5572	
Totaal bedrag				298916	

Nb. De kosten voor herstel zijn met 15% verhoogd om in rekening te brengen dat het funderingsherstel niet per blok wordt aangepakt, maar per pand.

Bijlage G.2

Herstelvariant 7

Tabel 9

Herstelvariant 7	Sloop en nieuwbouw pand E
Kosten	362.400 euro

Herstelvariant 7	Kosten maatregelen	Kosten per m1	Aantal m1	Kosten per m2	Aantal m2	Deelprijs	Totaalprijs
							362363

Aannemer

Sloop pand E

Dilataties zagen	16,9	35,6			601,64	
Losmaken vloeren en kap	37	68,2			2523,4	
Voor- en achtergevel sloop				34,5	90	3105
Inwendige constructie sloop				242,8	34,5	8376,6
Afvoer puin en bouwafval						12100
Totaal kosten sloop pand E						26706,64

Kosten per m3

Aantal m3

Grondwerk

Uitgraven grond 1.0 m					1500
Afvoer grond	10	50			500
Bemaling					2000
Totaal grondwerk					4000

Totaal aannemer excl. Btw / winst / risico / algemene kosten

30706,64

Totaal aannemer incl. Btw / winst / risico / algemene kosten

42621,31

Nieuwbouw pand E

Kosten per m3

Aantal m3

Nieuwbouw	550	475			261250	nieuwbouw excl btw
Totaal kosten nieuwbouw pand E					261250	219537

Bijkomende kosten - 1

Precario					3969
Leges					1000

Bijlage G.2

Vergunning gebruik openbare weg		2500
Sondering		2500
Constructeur		10009,78
Architect		12512,22
Schoongrondverklaring		1250
Totaal bijkomende kosten - 1		33741,8

Bijkomende kosten - 2	Kosten per maand	Aantal maanden	
Tijdelijk vervangende woonruimte eigenaar pand E	1000	6	6000
Verhuiskosten 2x (heen en terug)			2500
Herinrichtingskosten			15000
	Kosten per eigenaar	Aantal betrokken eigenaren	
Begeleiding	1250	1	1250
Totaal bijkomende kosten - 2			24750

Bijlage G.2

Herstelvariant 8

Tabel 10

Herstelvariant 8	Sloop pand E
Kosten	267.300 euro als grond geld oplevert
	315.000 euro als grond geen geld oplevert

Kosten maatregelen	Kosten per m1	Aantal m1	Kosten per m2	Aantal m2	Deelprijs	Totaalprijs	
Sloop pand E							
Dilataties zagen	16,9	35,6			601,64	267253	als vrijkomende bouwgrond geld oplevert
Losmaken vloeren en kap	37	68,2			2523,4	315023	als vrijkomende bouwgrond geen geld oplevert
Voor- en achtergevel sloop			34,5	90	3105		
Inwendige constructie sloop			242,8	34,5	8376,6		
Afvoer puin en bouwafval					12100		
Totaal kosten sloop pand E excl btw / winst / risico / algemene kosten					26706,64		
Totaal kosten sloop pand E incl btw / winst / risico / algemene kosten					37069,24		
Nieuwe woning elders eigenaar pand E							
Nieuwe woning elders eigenaar pand E					250000		
Totaal					250000		
Bijkomende kosten - 1							
Precario					863,5556		
Leges					1000		
Vergunning gebruik openbare weg					2500		
Sondering					2500		
Constructeur					1482,77		

Bijlage G.2

Directievoering					889,6618
Schoongrondverklaring					1250
Totaal bijkomende kosten - 1					10485,99

Bijkomende kosten - 2

Verhuiskosten eigenaar E					1250
Herinrichting nieuwe woning					5000
Afwerken zijgevels pand D en F	70	102,6			9968,731

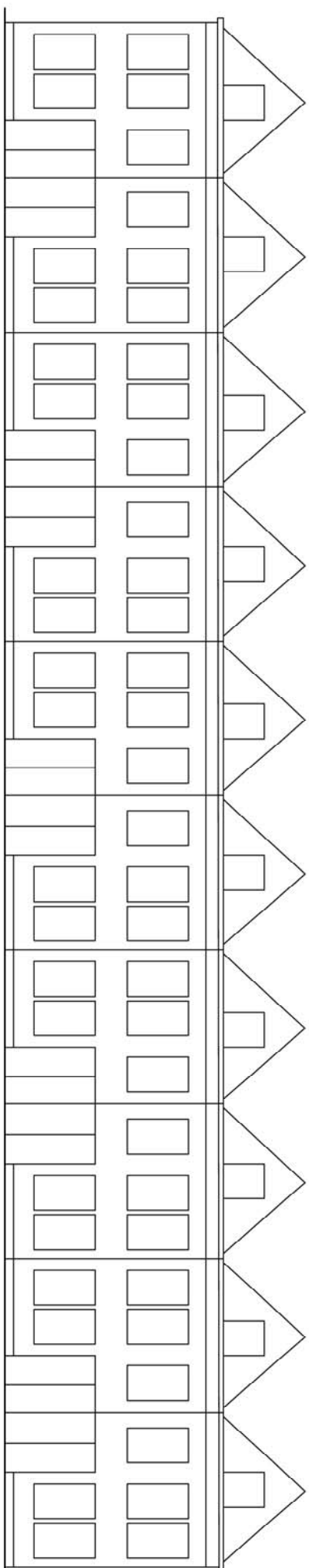
	Kosten per eigenaar	Aantal betrokken eigenaren			
Begeleiding	1250	1			1250
Totaal bijkomende kosten - 2					17468,73

Bouwgrond opbrengsten	Opbrengsten per m2	aantal m2			
Bouwgrond opbrengsten	562	85			47770
Totaal opbrengsten					47770

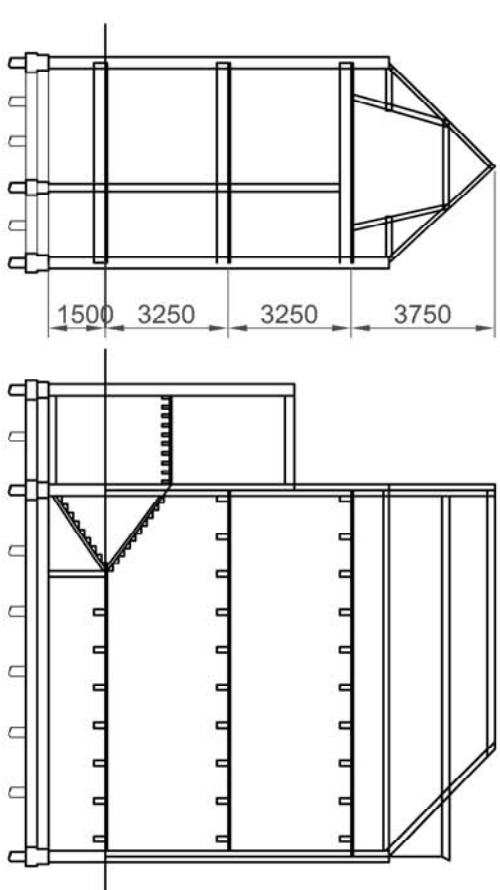
Bijlage G.3

Uitwerking Case-study 2: Technische tekeningen funderingsherstel

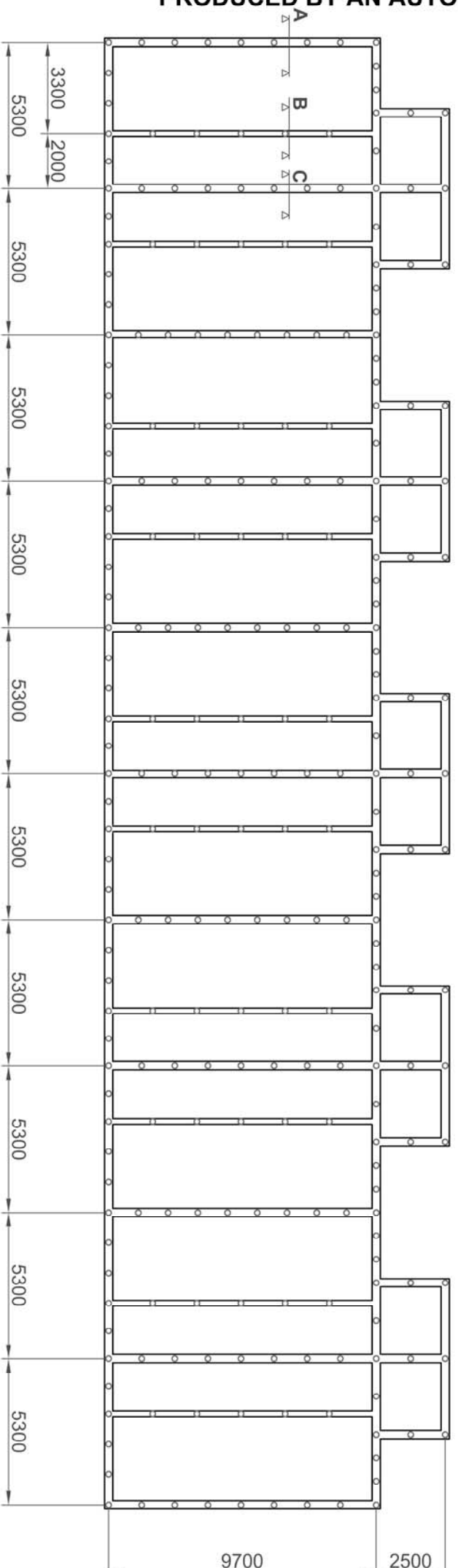
Bestaande situatie



Aanzicht gevels



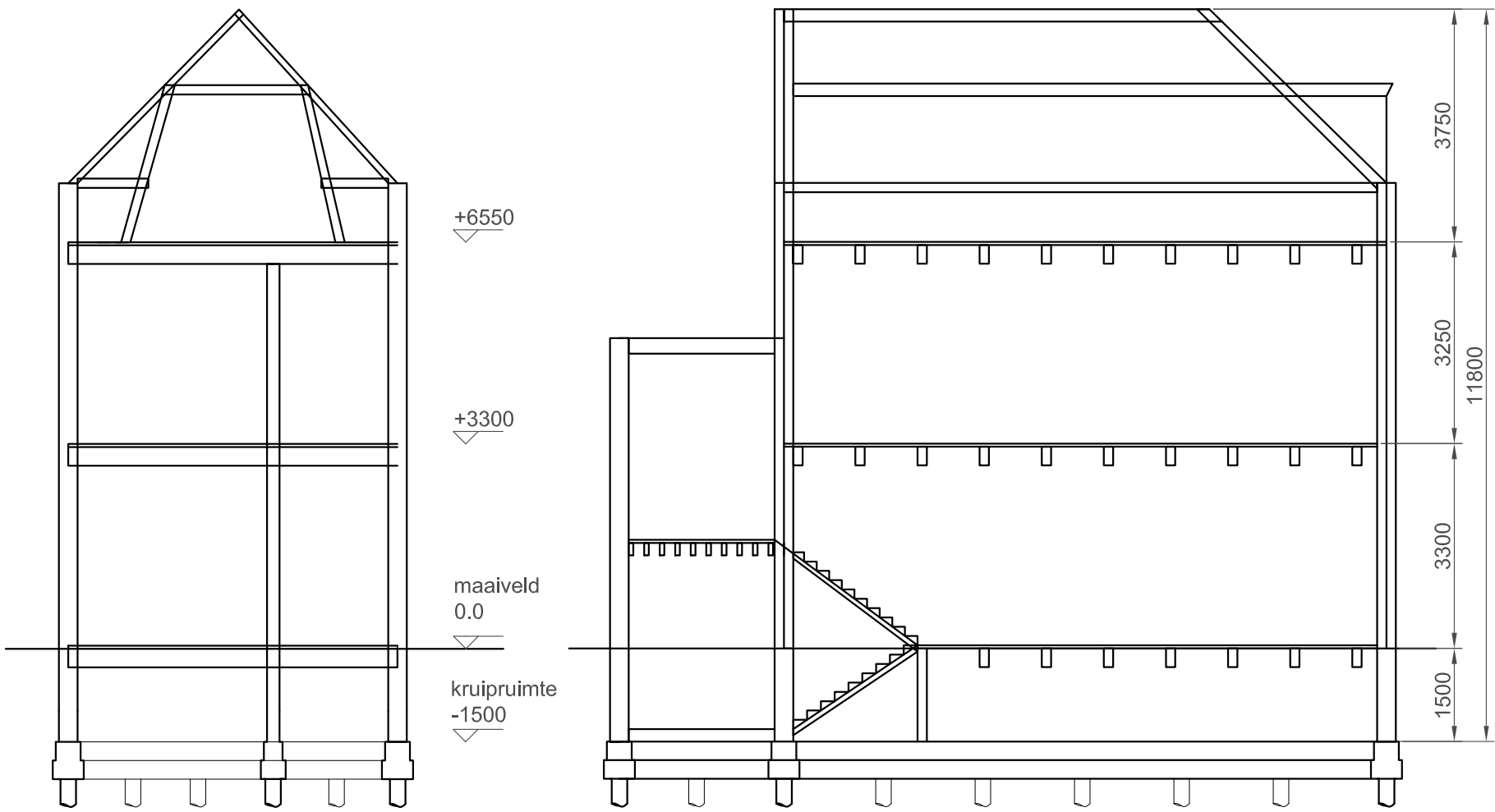
Doorsneden



Plattegrond bestaande situatie

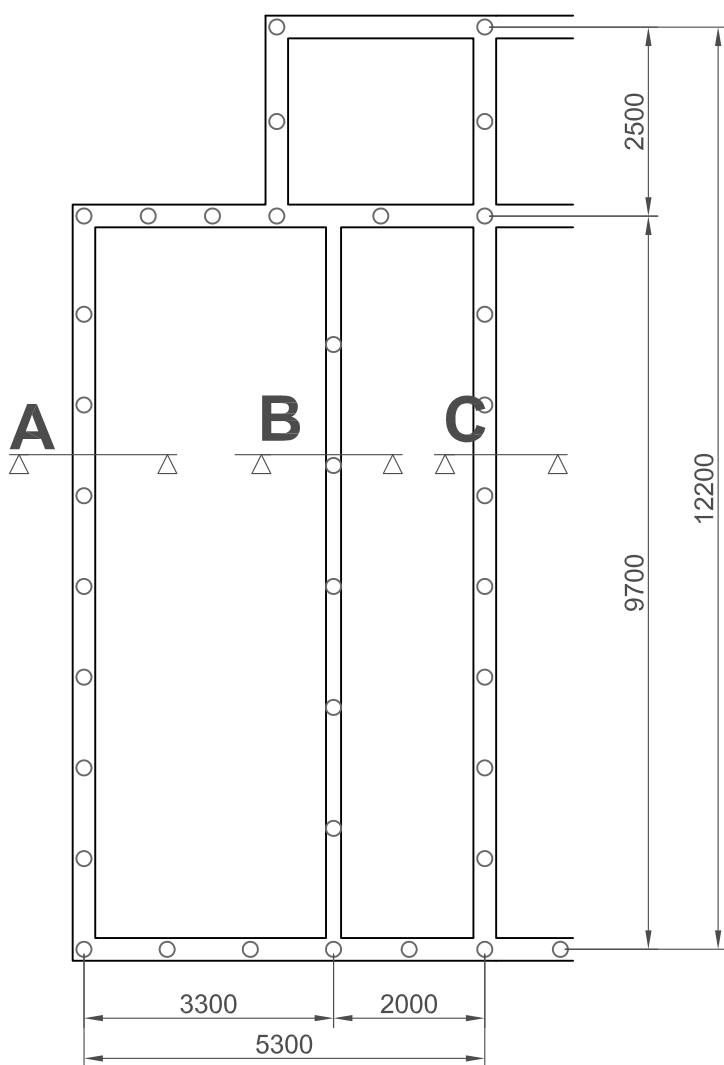
Bestaande situatie

Overzicht woningen 1:200



Dwarsdoorsnede

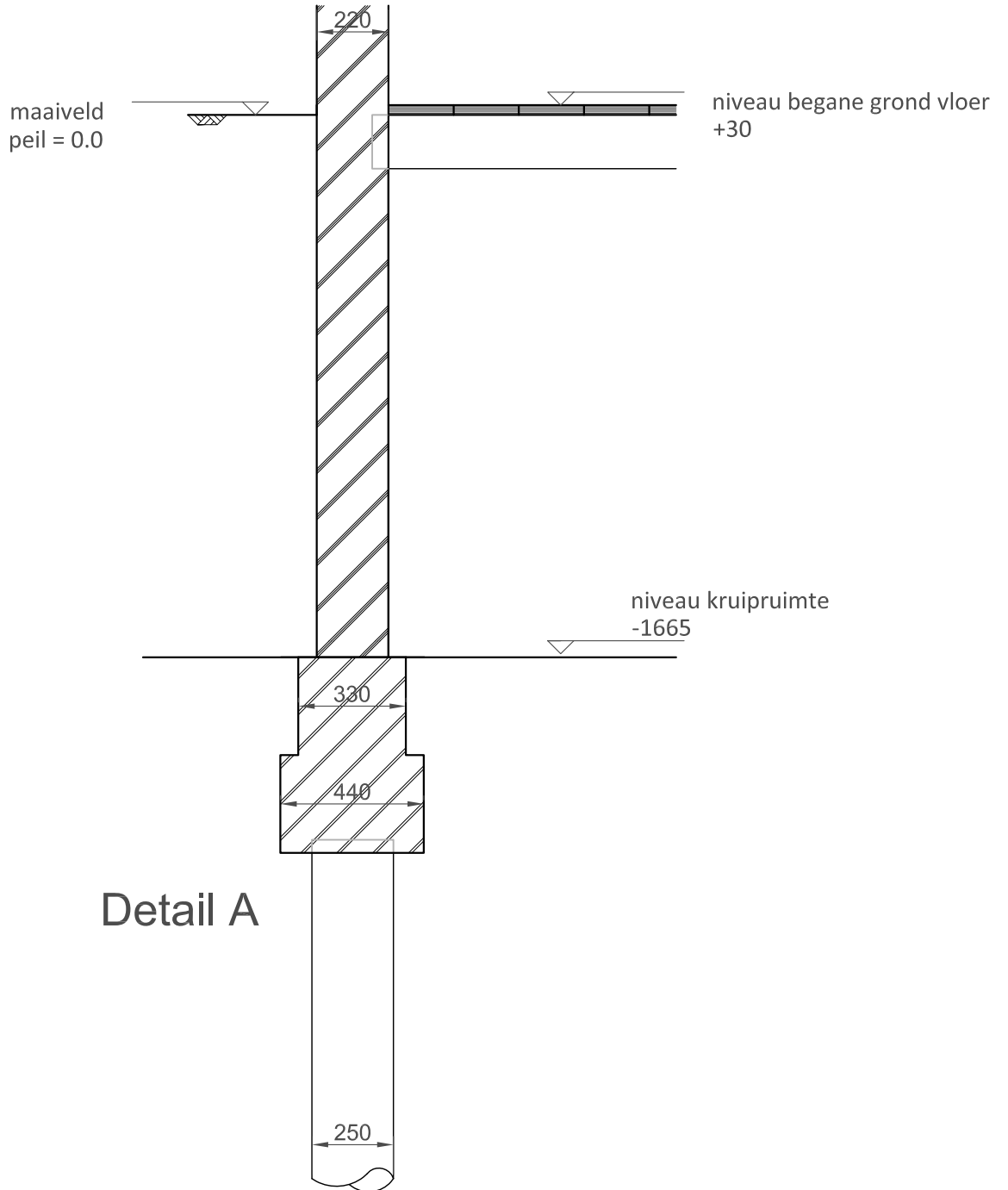
Langsdoorsnede



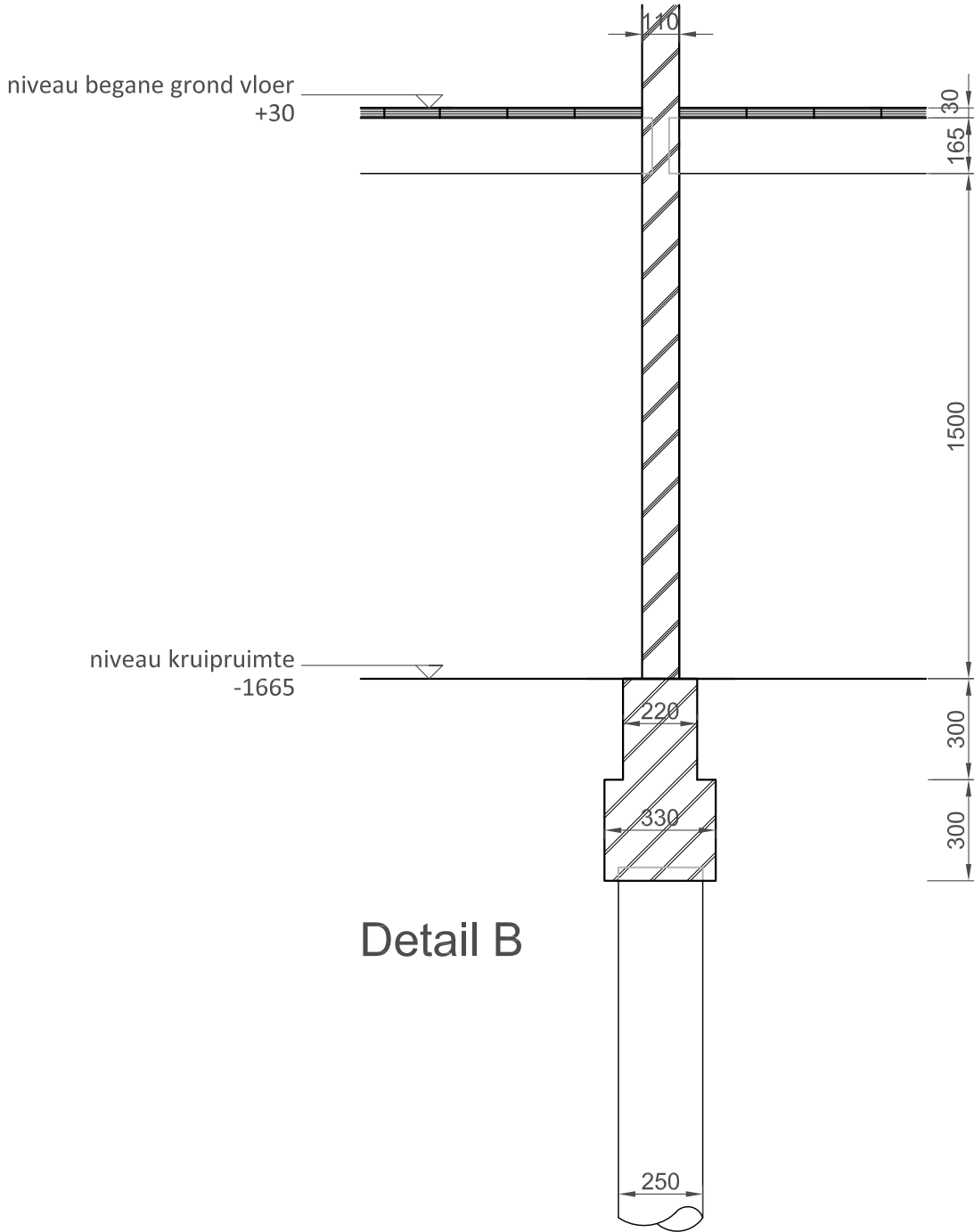
Plattegrond

Bestaande situatie

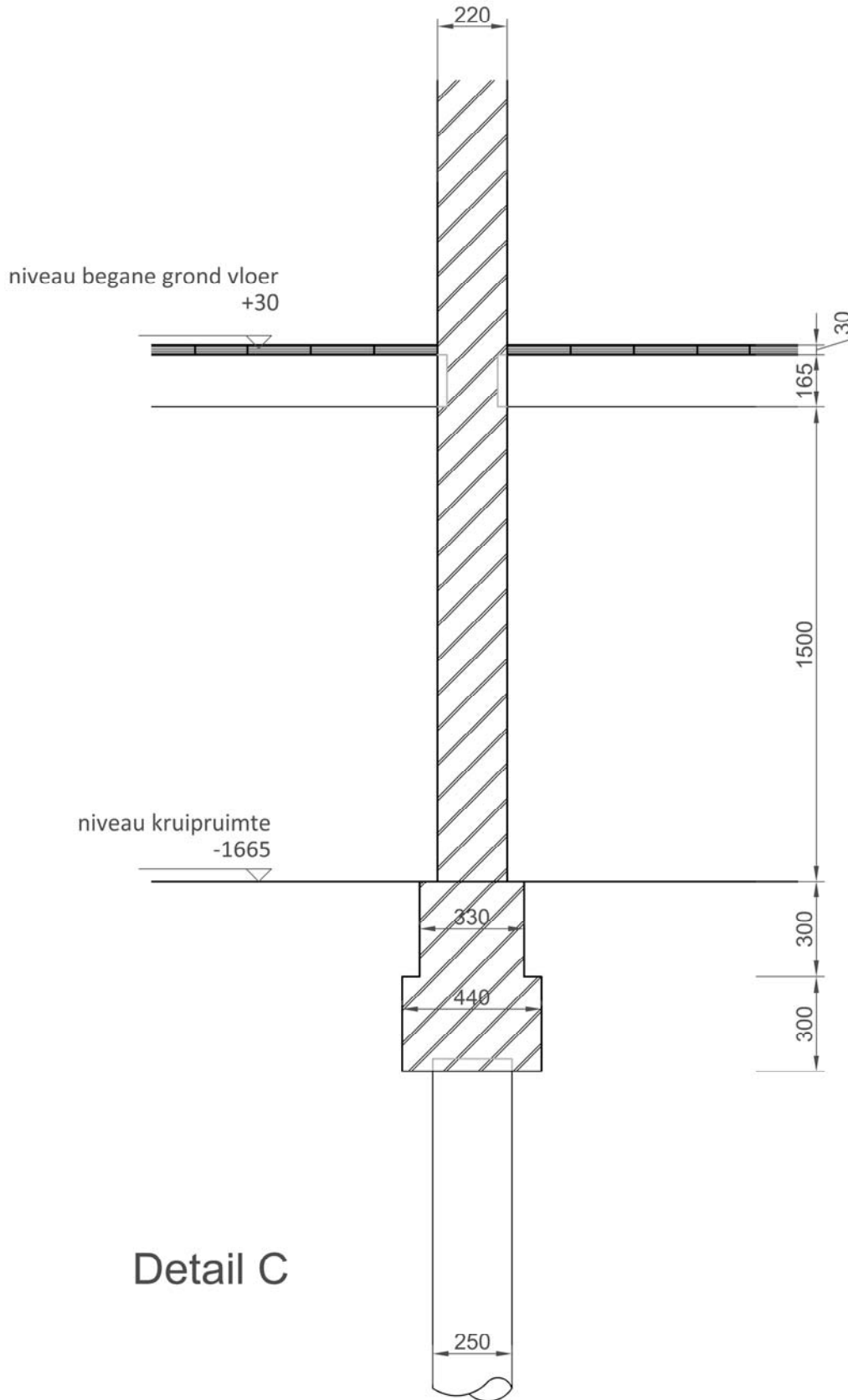
Opbouw woning 1:100



Bestaande situatie
Detail A 1:20



Bestaande situatie
Detail B 1:20

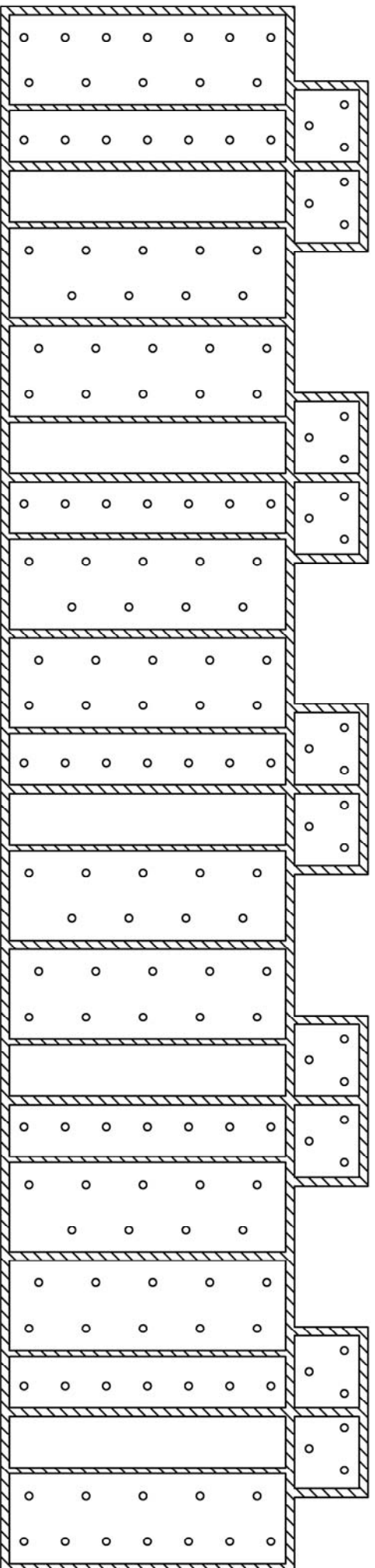


Detail C

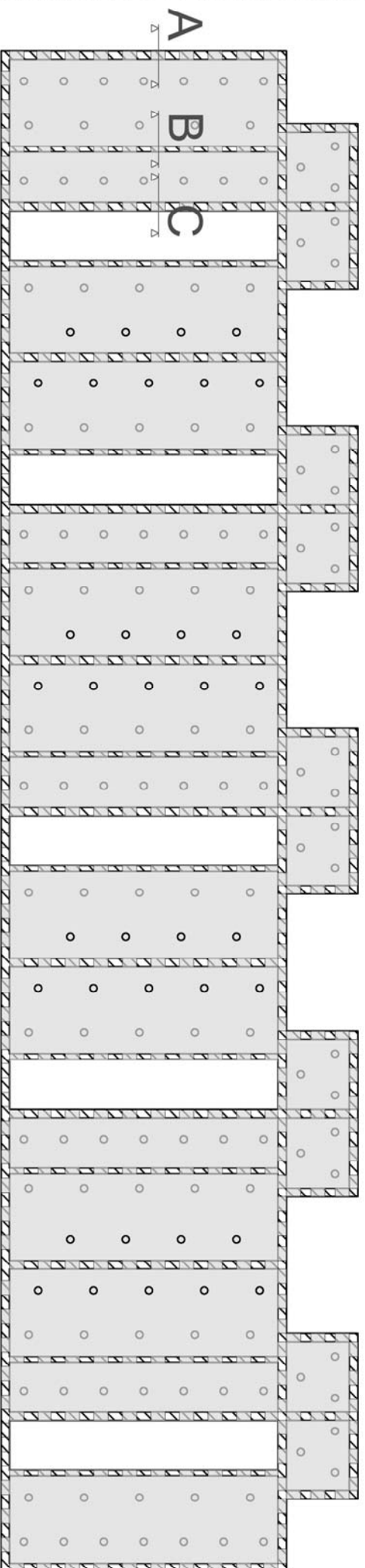
Bestaande situatie

Detail C 1:20

Herstelvariant 1 – Volledig funderingsherstel



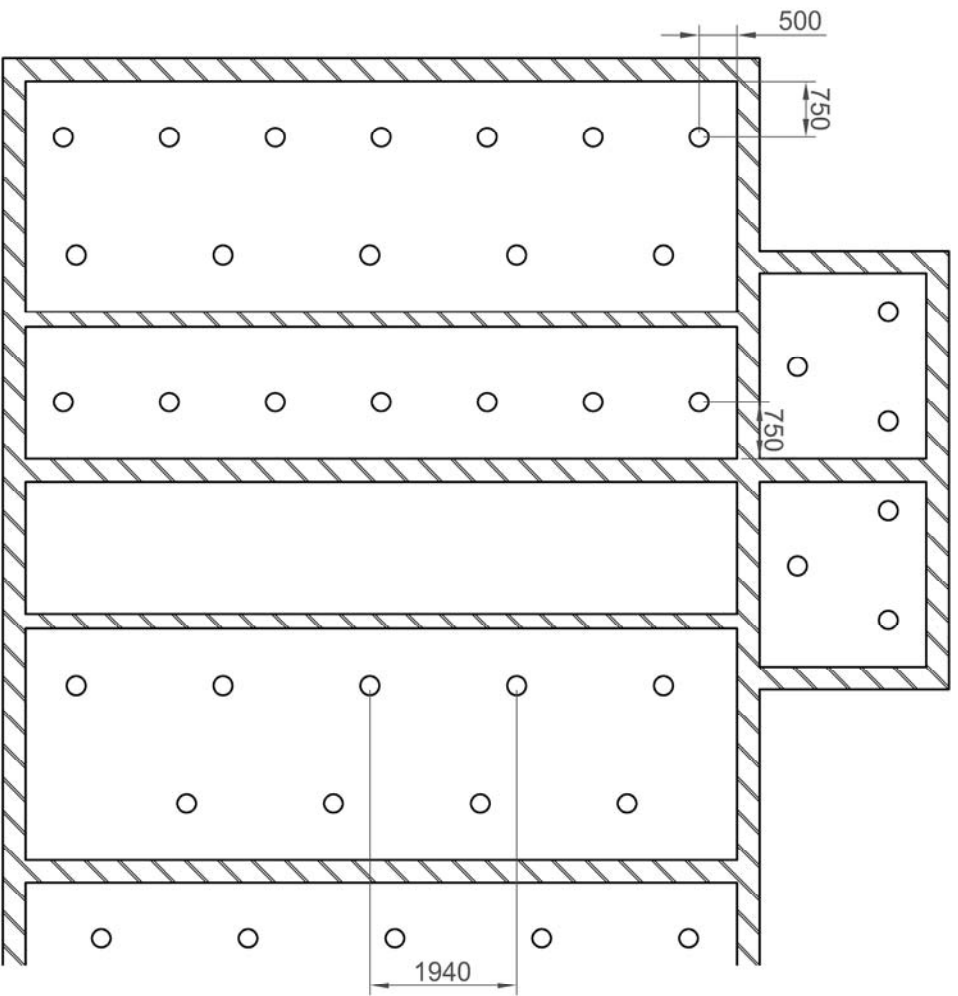
Palenplan



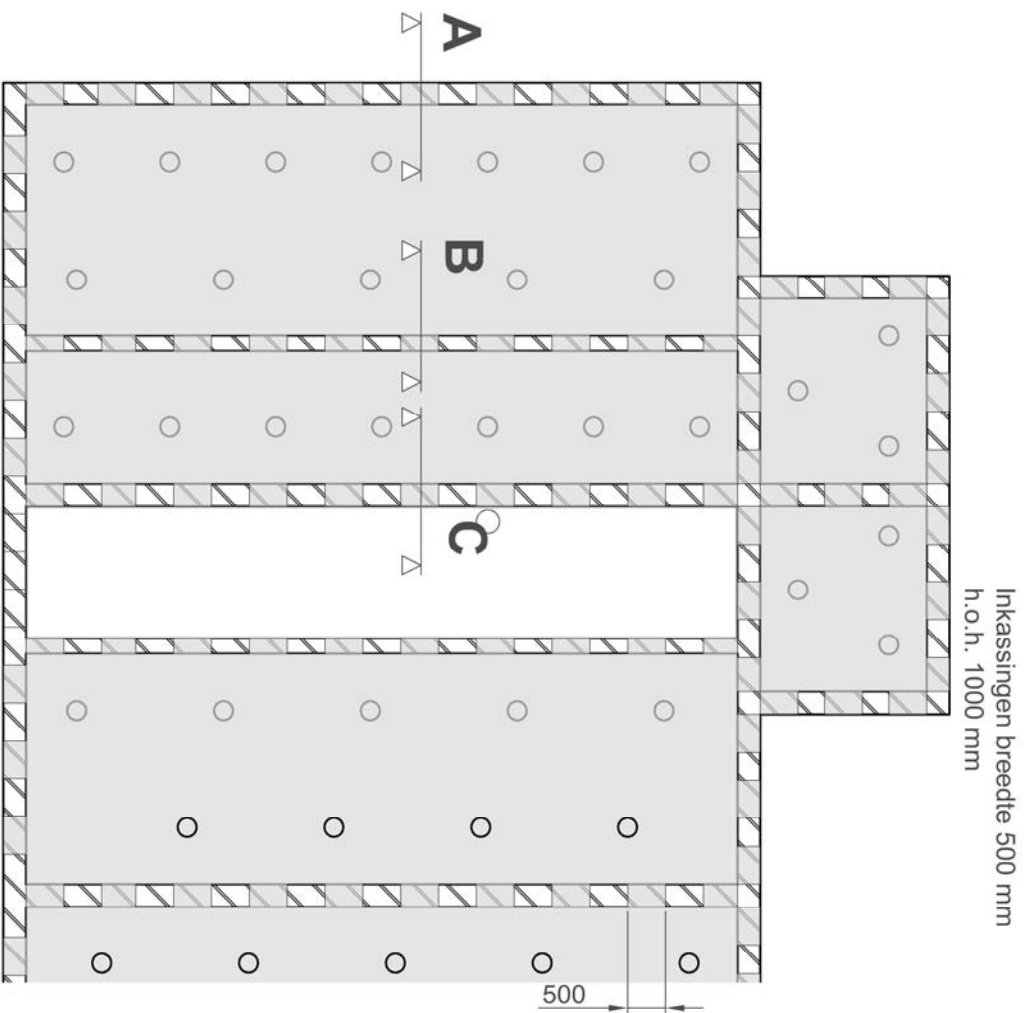
Overzicht nieuwe vloer

Herstelvariant 1A Volledig funderingsherstel -nieuwe palen, nieuwe vloer

Overzicht 1:200



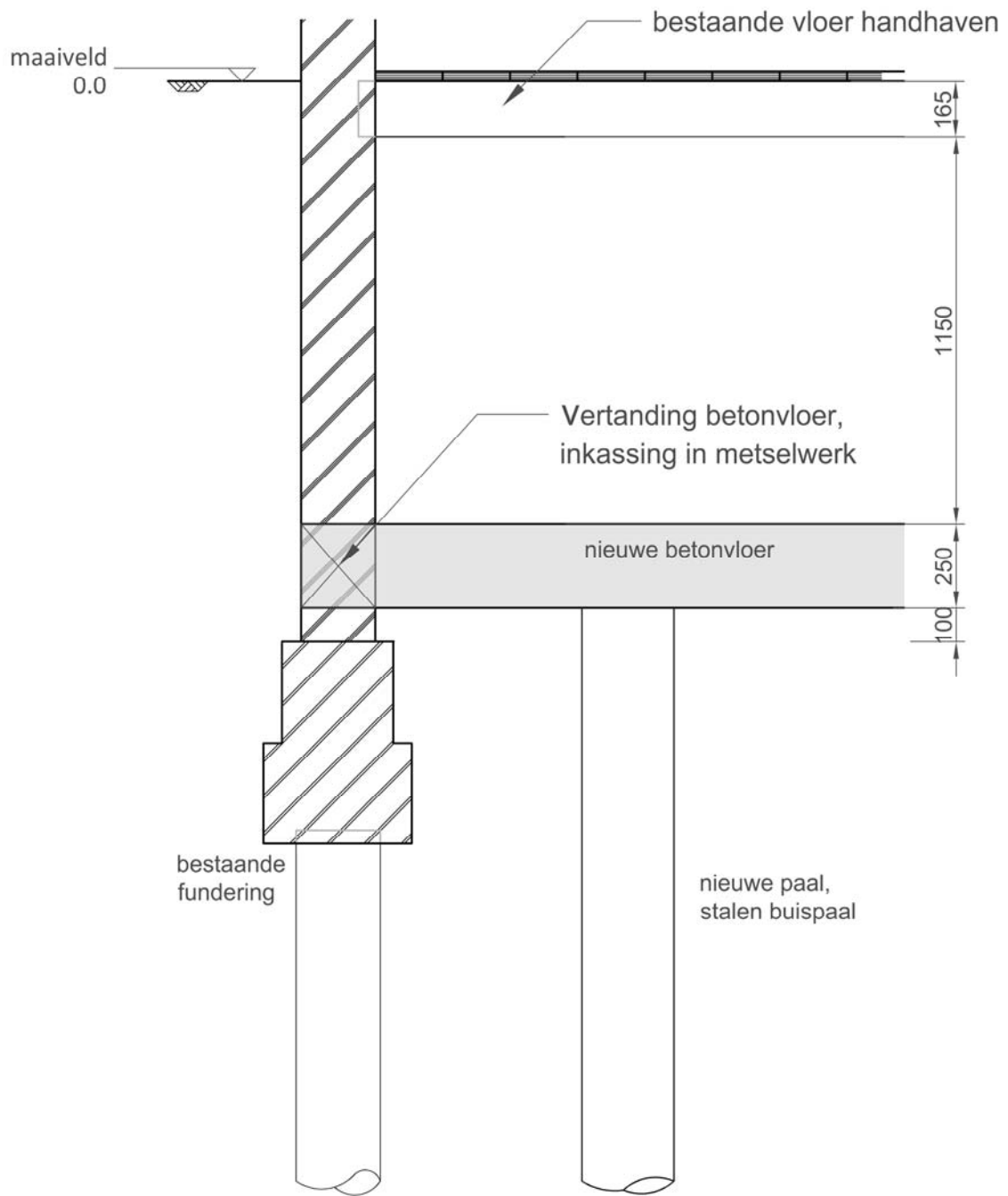
Palenplan



Overzicht nieuwe vloer

Herstelvariant 1A Volledig funderingsherstel -nieuwe palen, nieuwe vloer

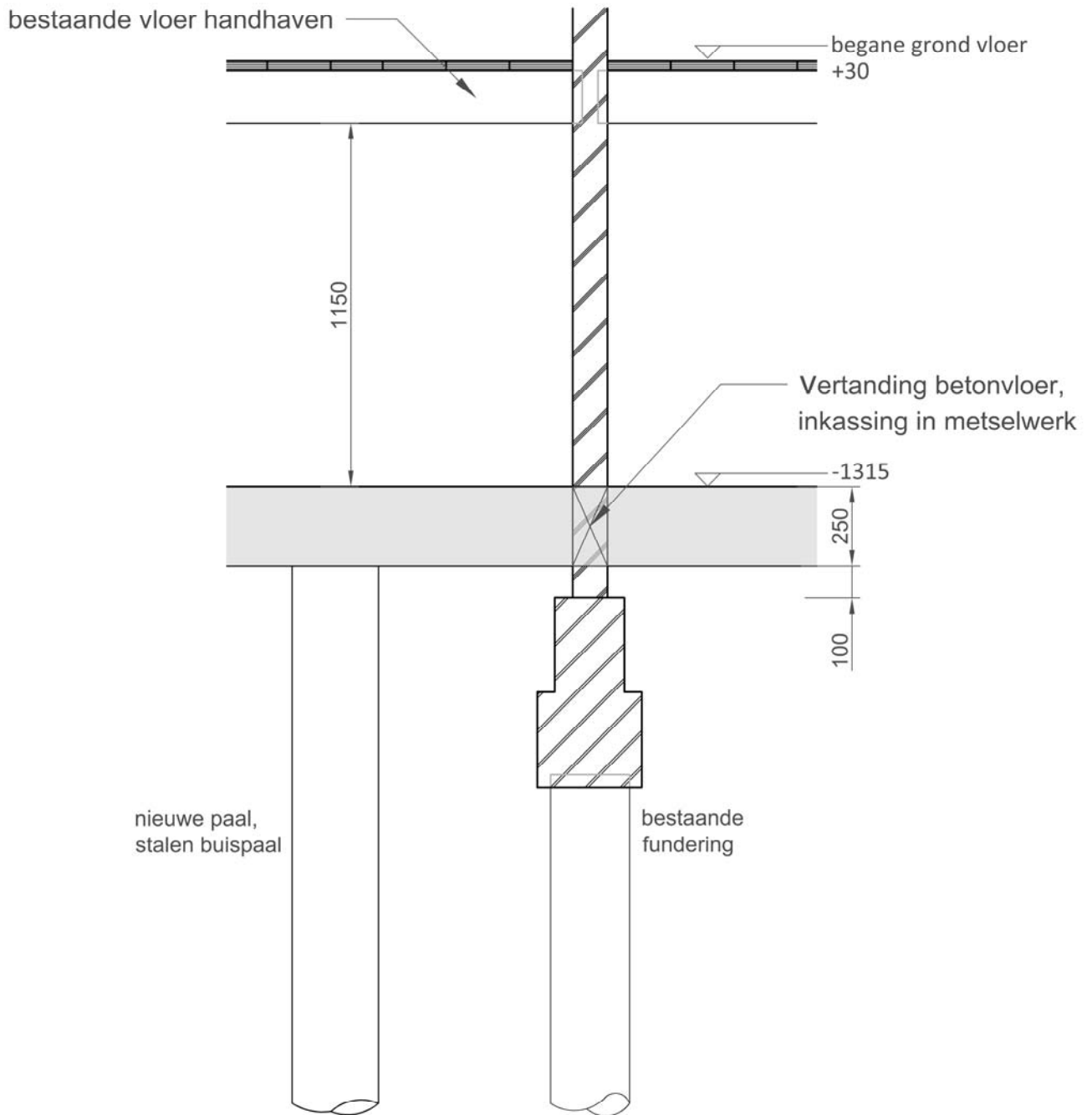
Plattegrond 1:100



Detail A

Herstelvariant 1A Volledig funderingsherstel

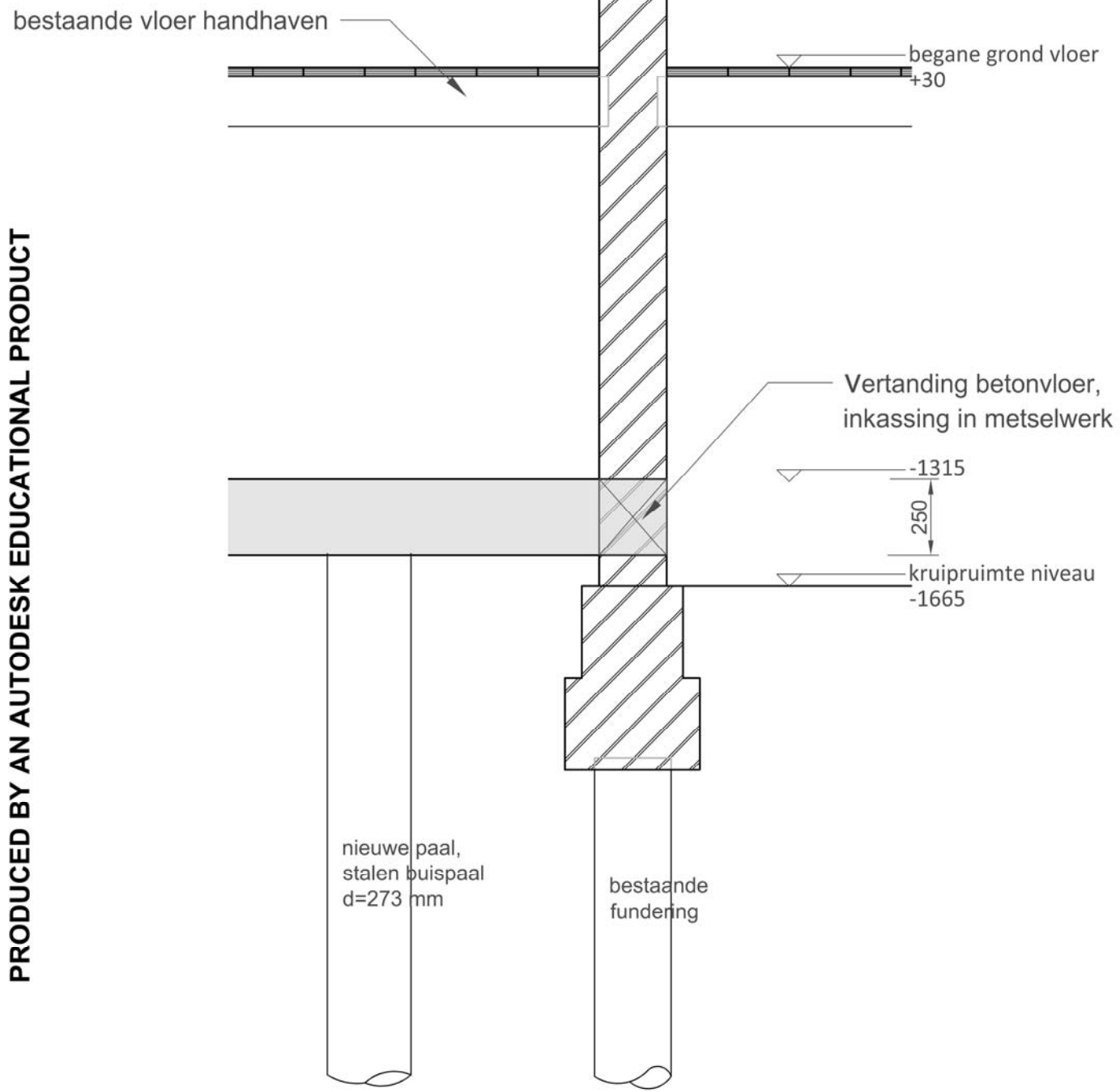
Detail A 1:20



Detail B

Herstelvariant 1A Volledig funderingsherstel

Detail B 1:20



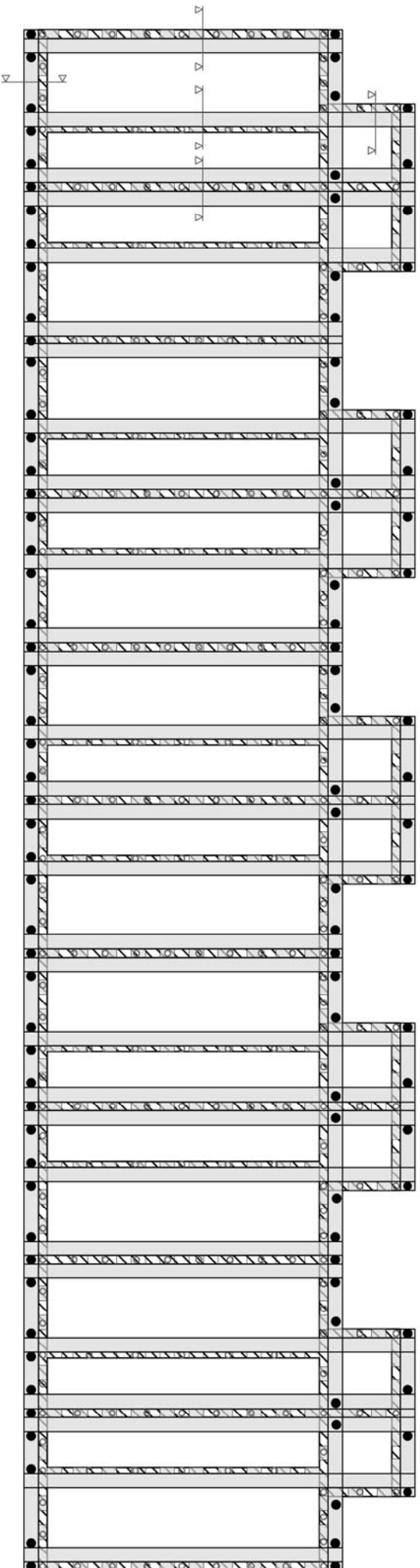
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Detail C

Herstelvariant 1A Volledig funderingsherstel

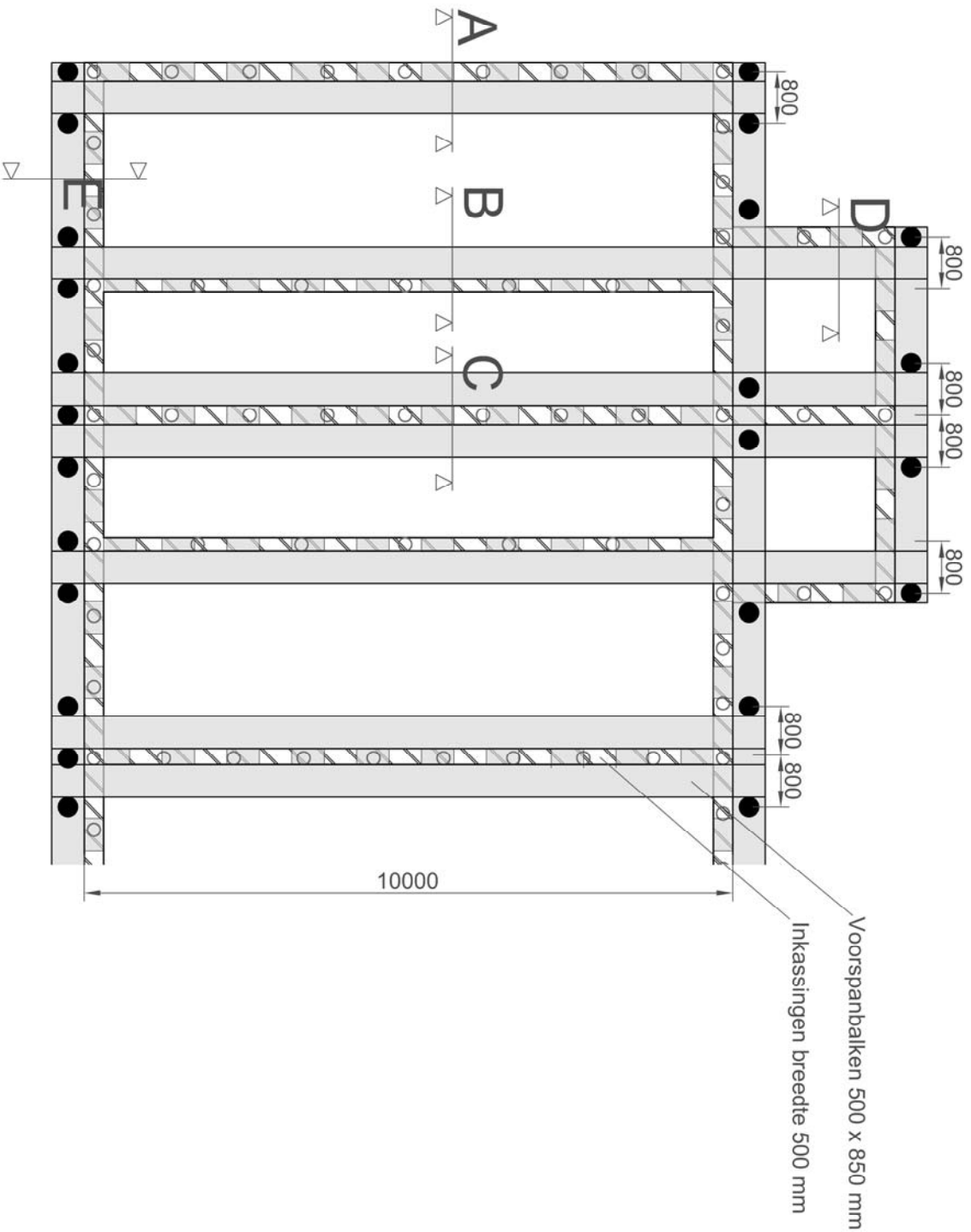
Detail C 1:20



Overzicht nieuwe vloer

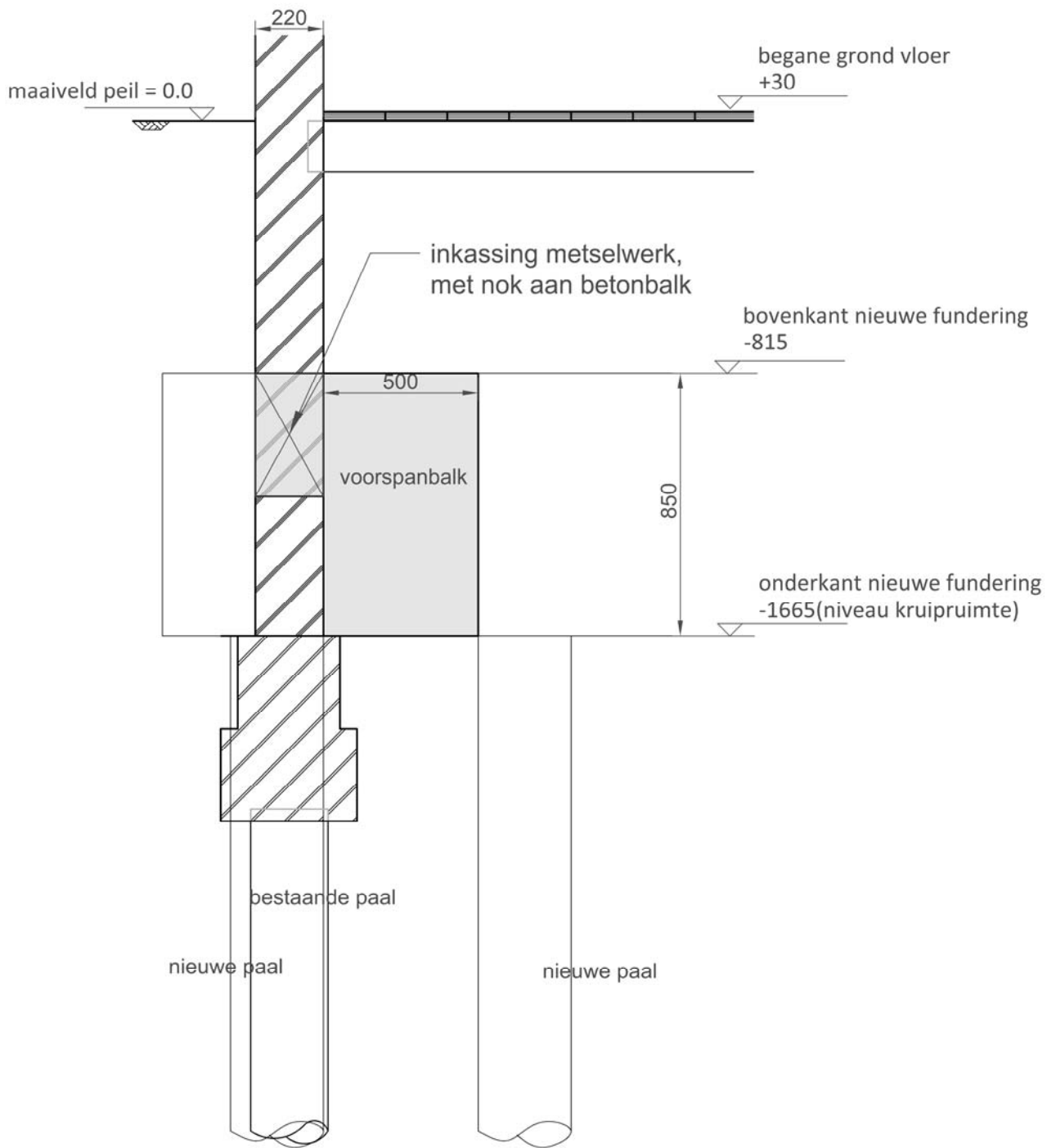
Herstelvariant 1B Volledig funderingsherstel -voorspanbalken

Overzicht 1:200



Herstelvariant 1B Volledig funderingsherstel -voorspanbalken

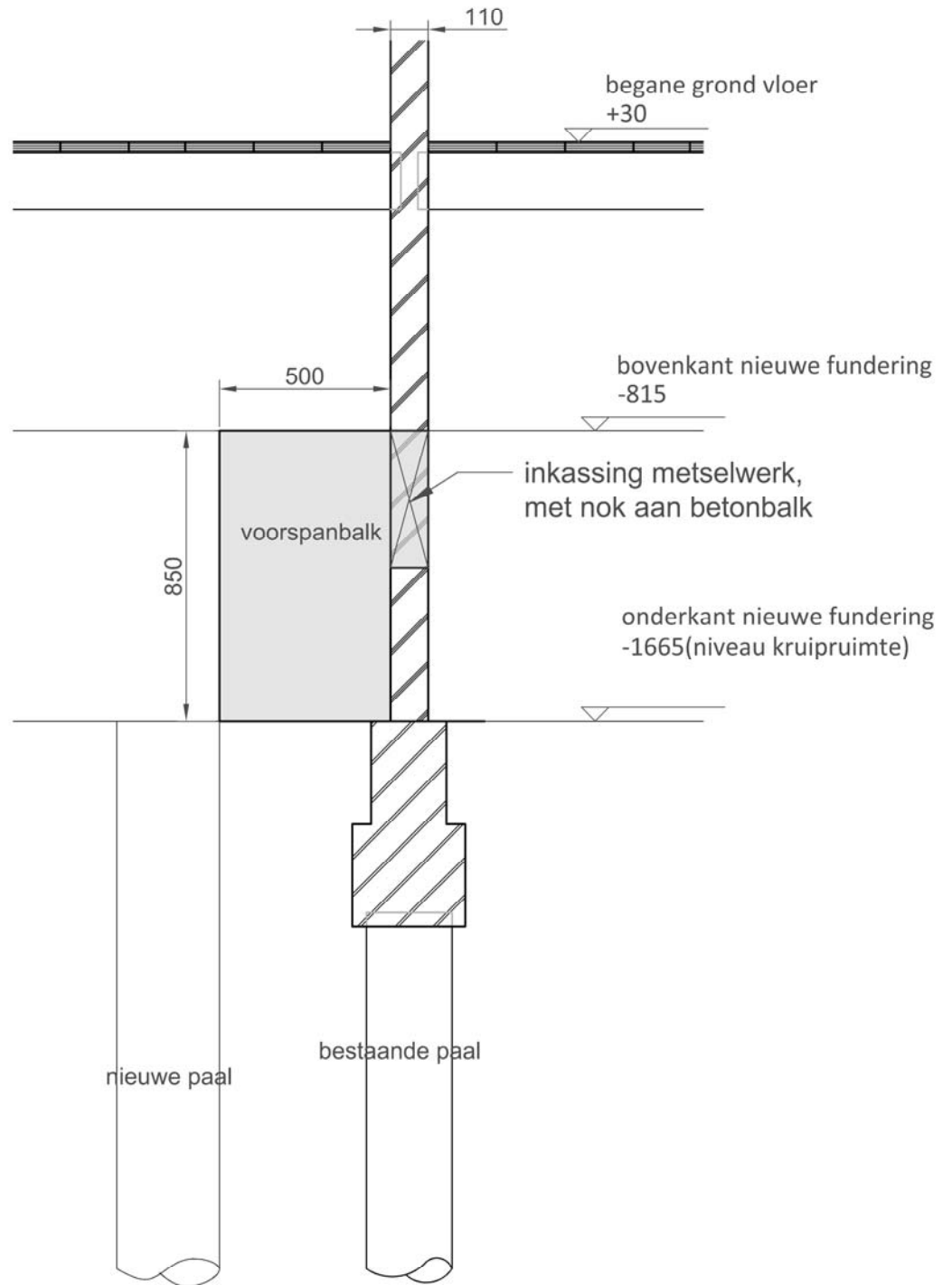
Plattegrond 1:100



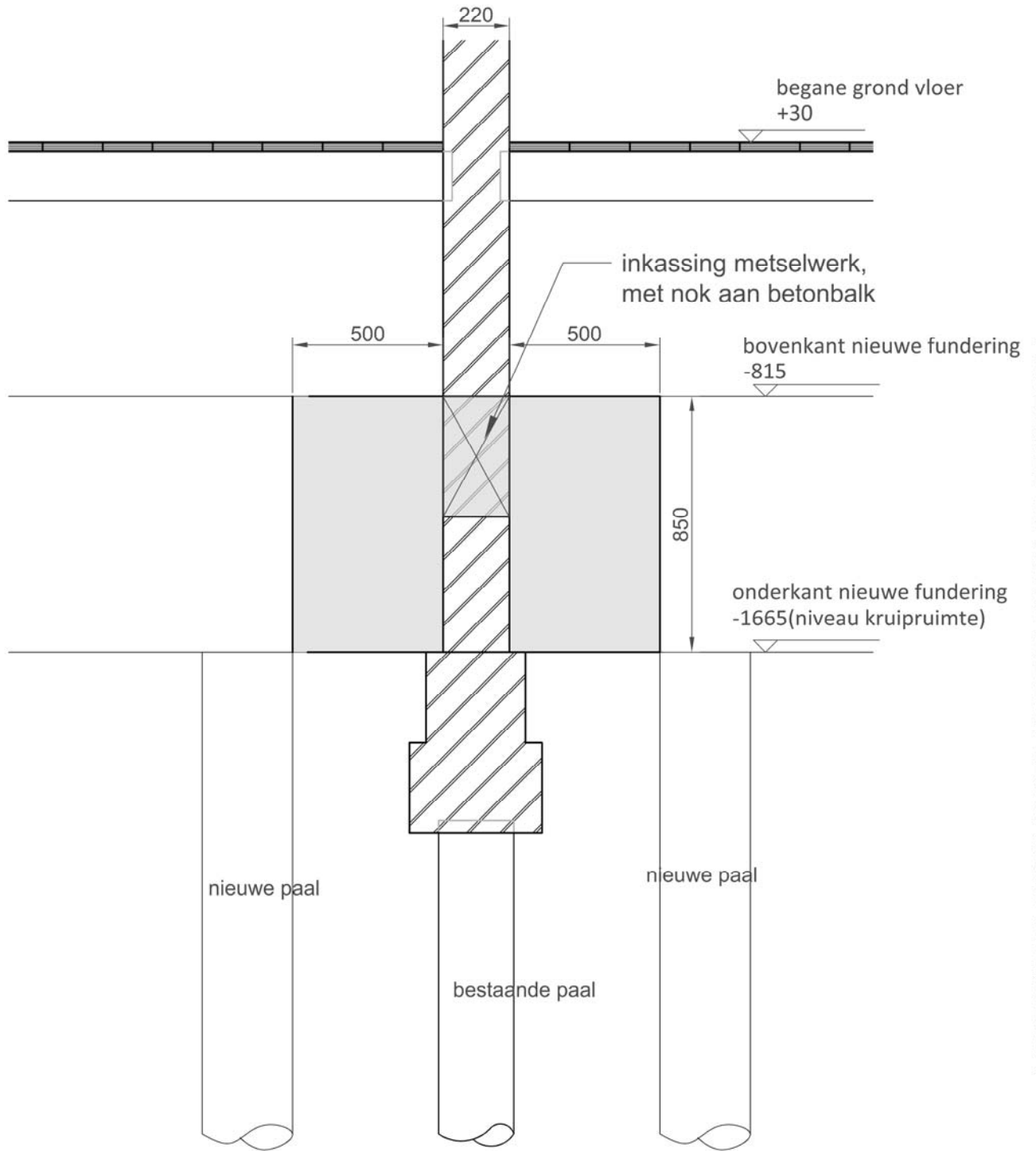
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

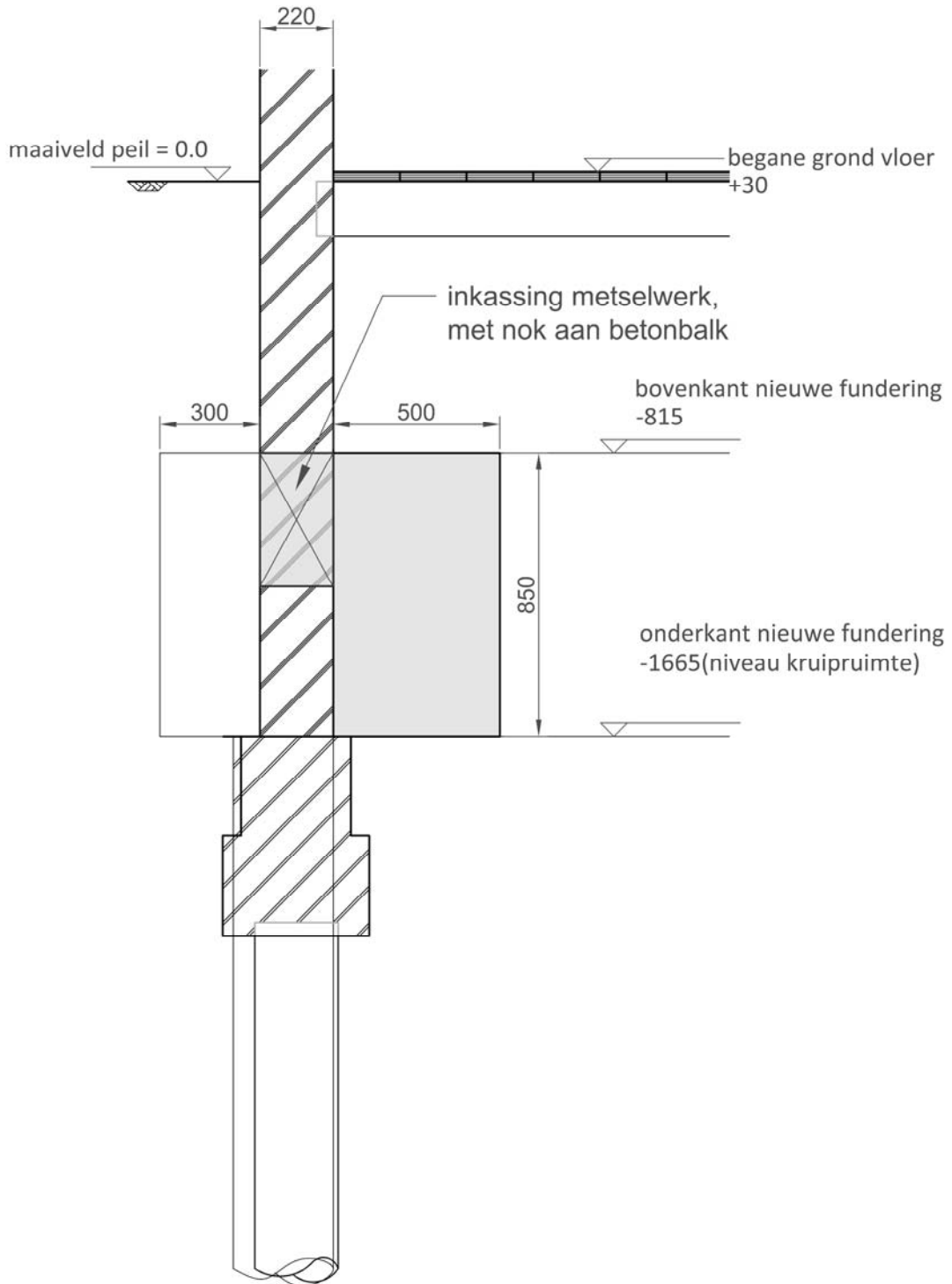
Herstelvariant 1B Volledig funderingsherstel Detail A 1:20



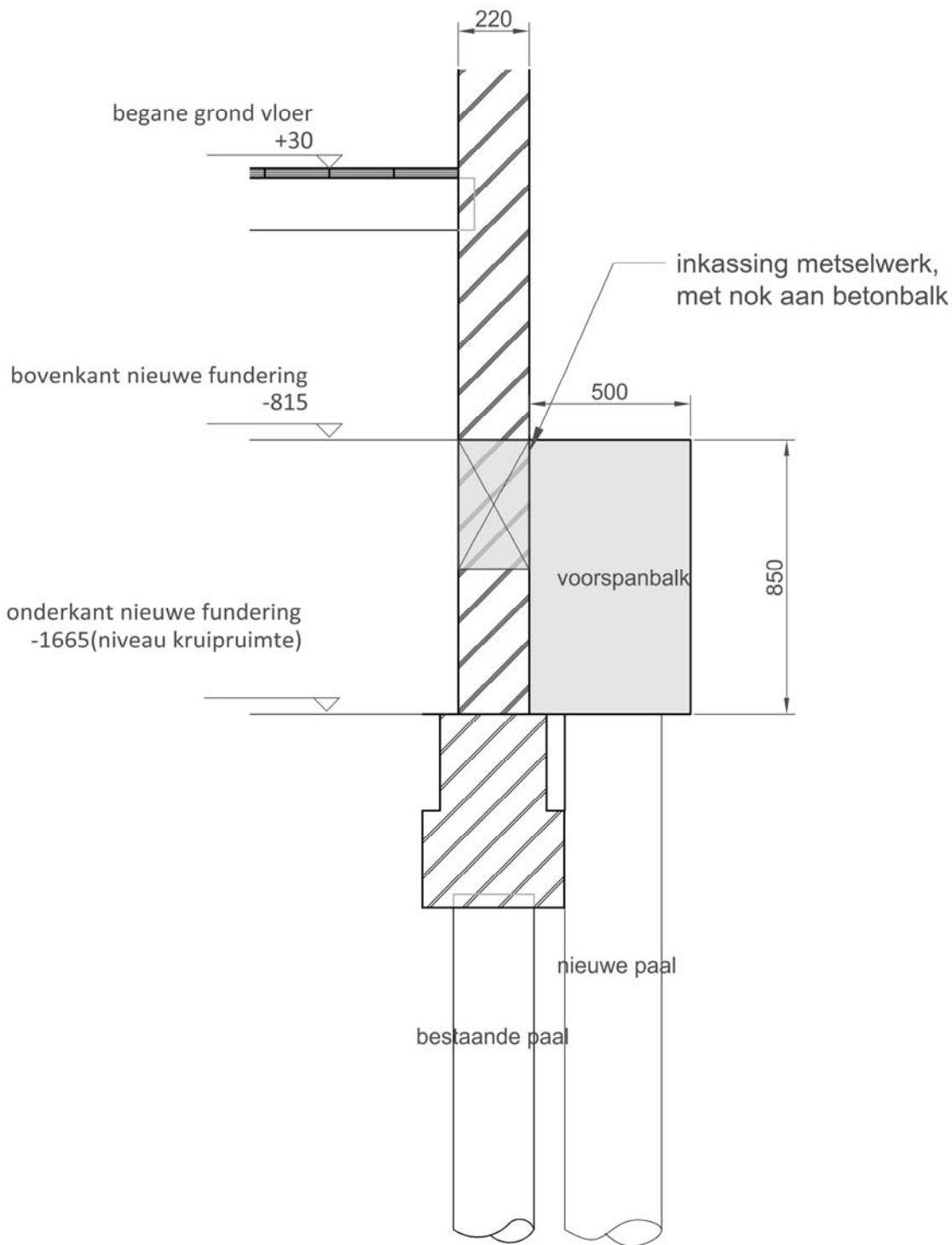
Herstelvariant 1B Volledig funderingsherstel Detail B 1:20



Herstelvariant 1B Volledig funderingsherstel Detail C 1:20

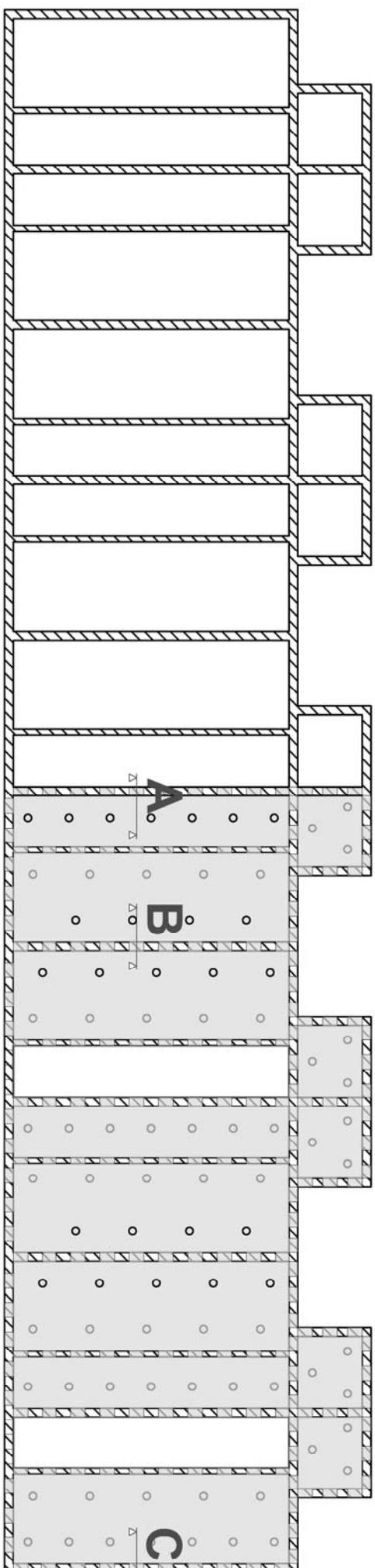
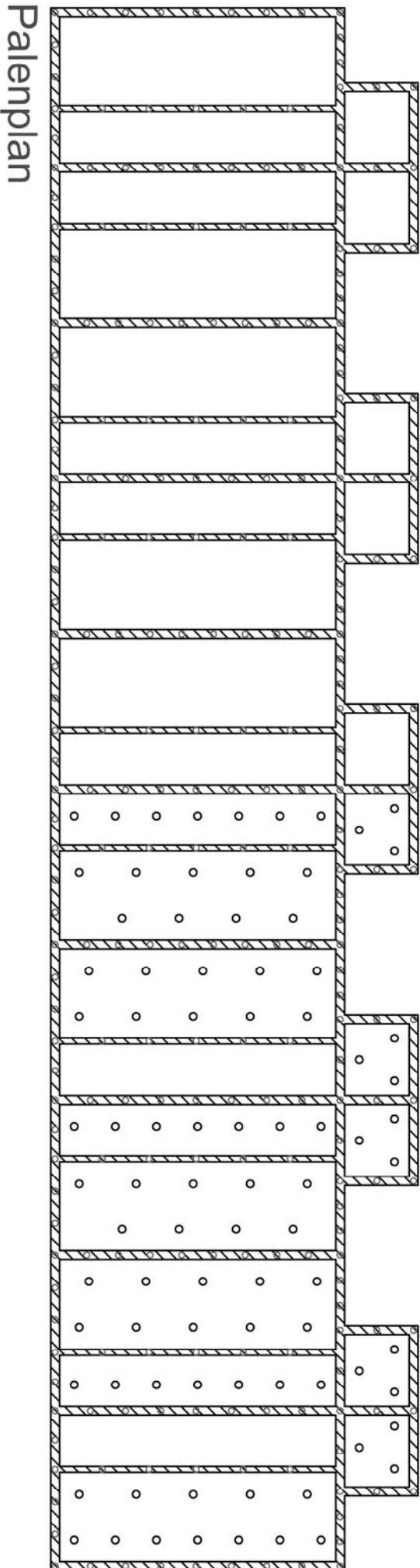


Herstelvariant 1B Volledig funderingsherstel Detail D 1:20



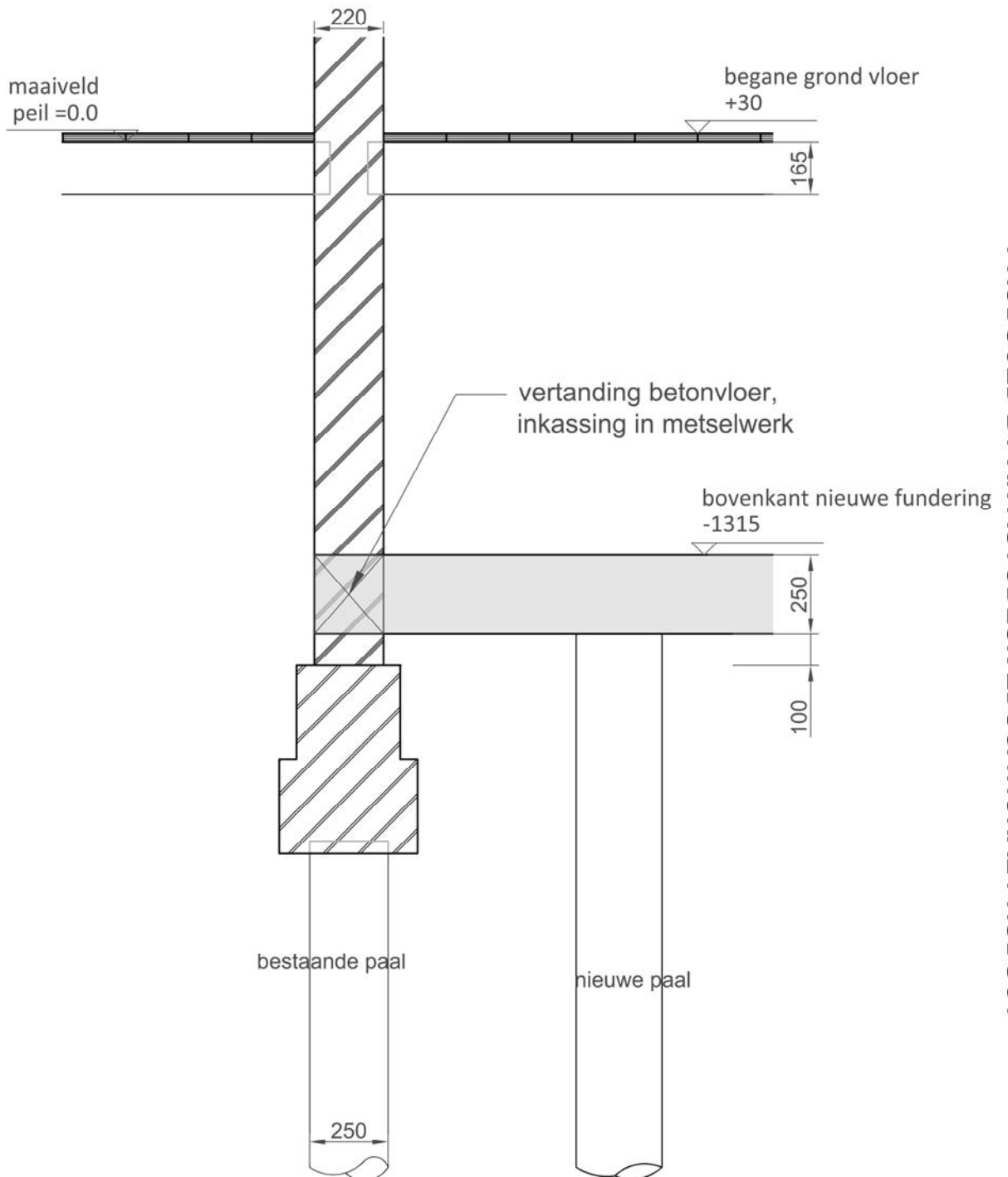
Herstelvariant 1B Volledig funderingsherstel Detail E 1:20

Herstelvariant 2 – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen

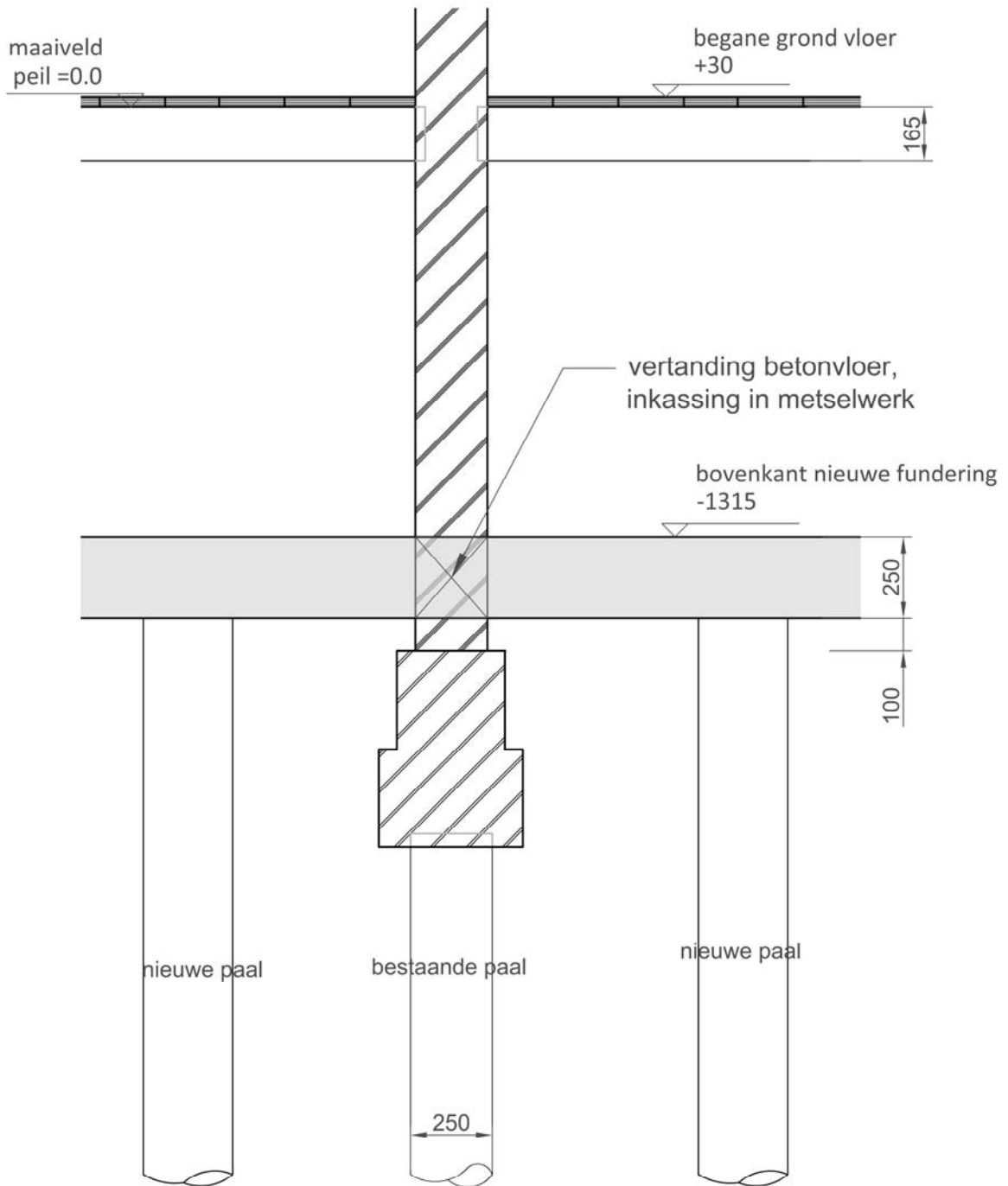


Herstelvariant 2A Partieel funderingsherstel -nieuwe palen, nieuwe vloer

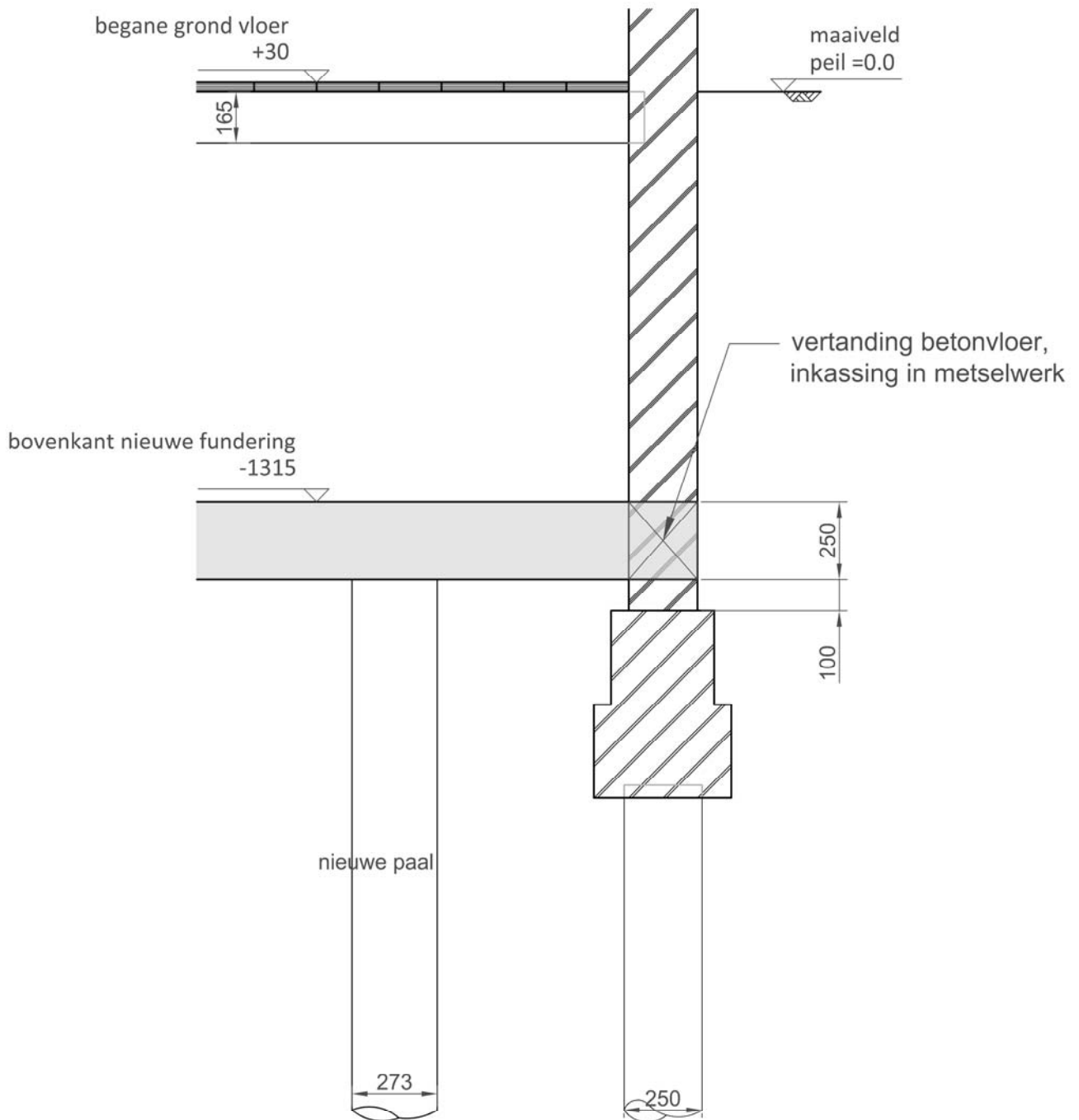
Overzicht 1:200



Herstelvariant 2A Partieel funderingsherstel Detail A 1:20



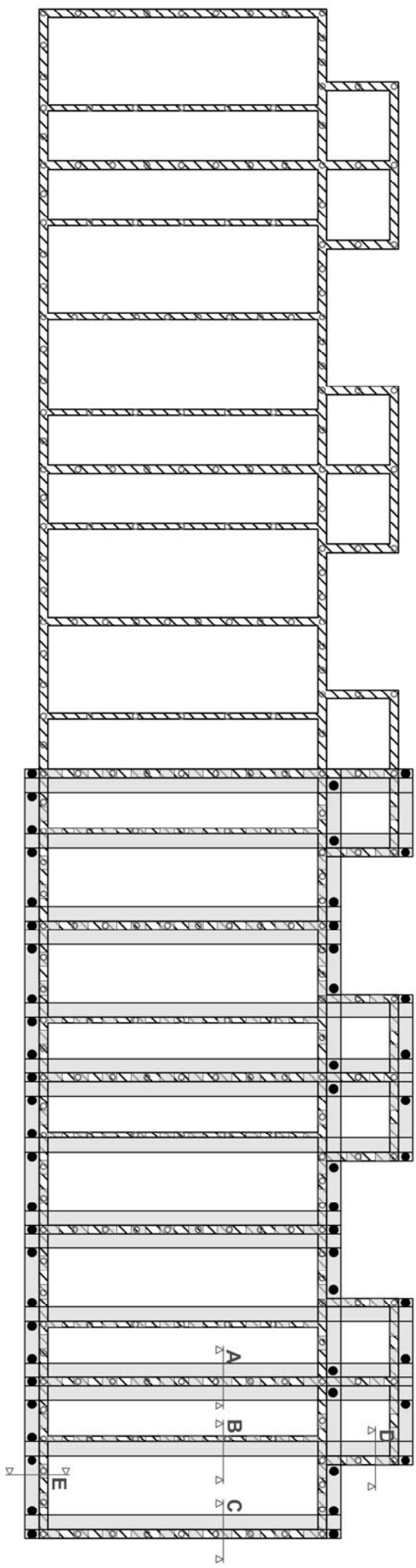
Herstelvariant 2A Partieel funderingsherstel Detail B 1:20



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

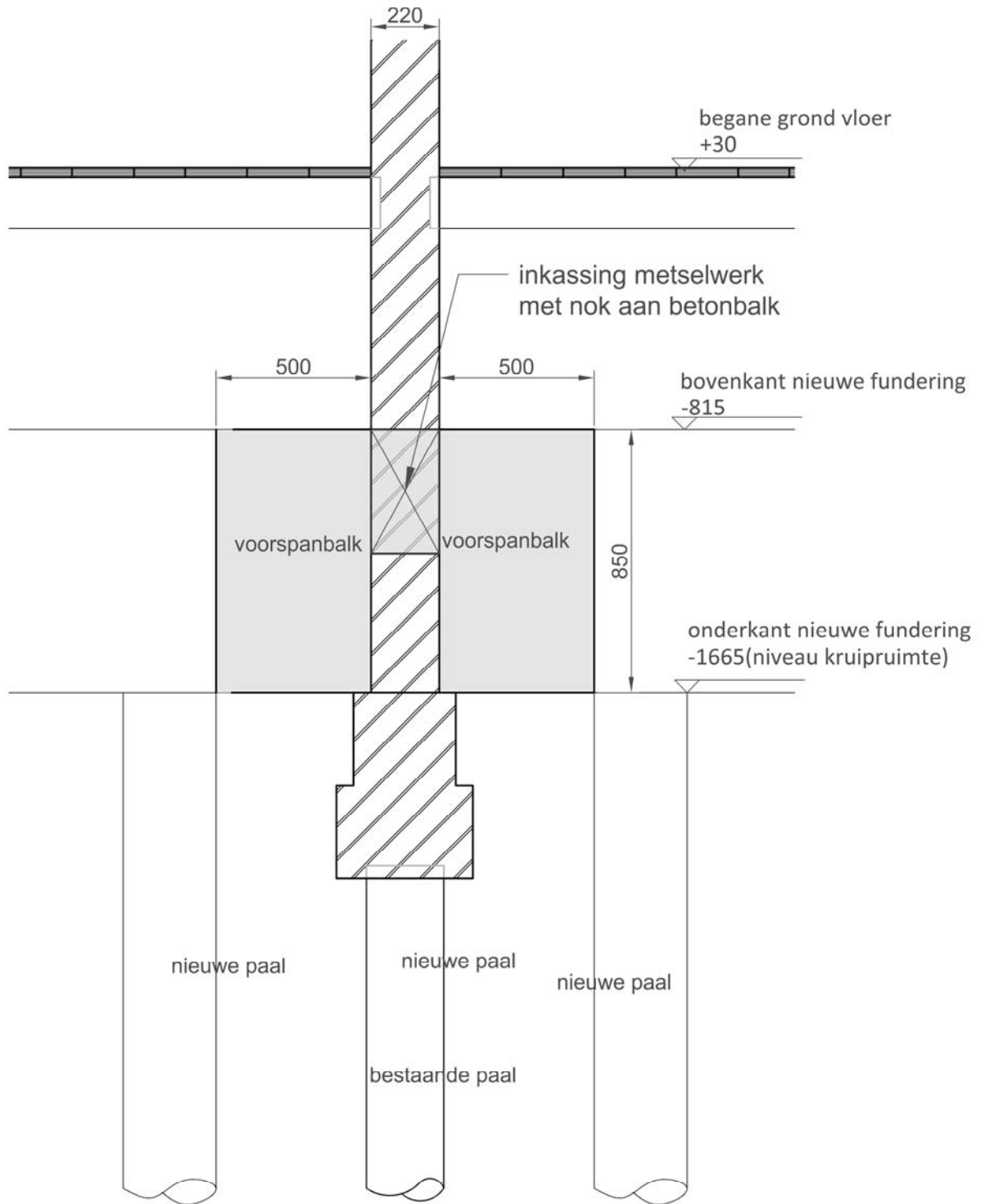
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Herstelvariant 2A Partieel funderingsherstel Detail C 1:20



Herstelvariant 2B Partieel funderingsherstel -voorspanbalken

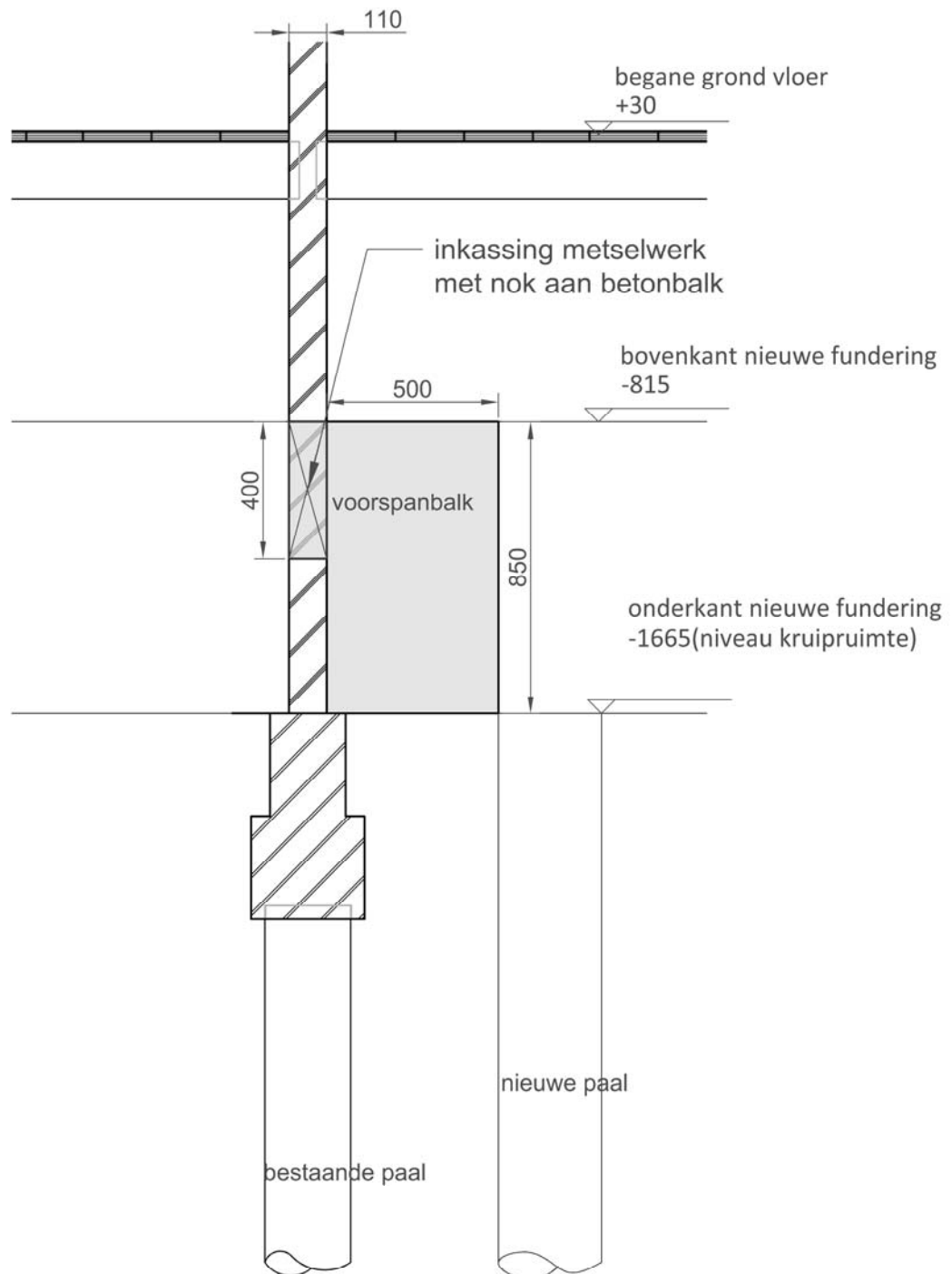
Overzicht 1:200



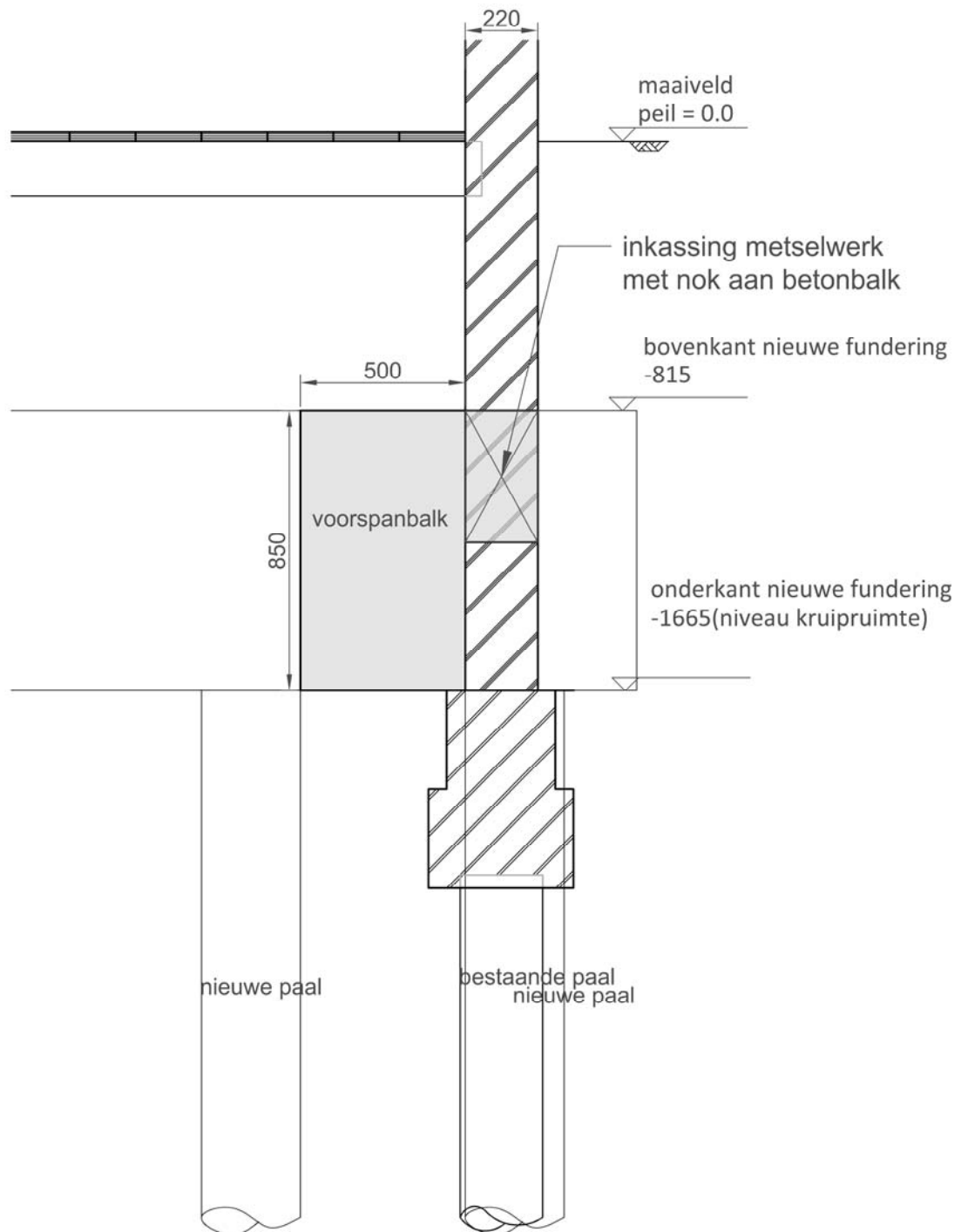
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

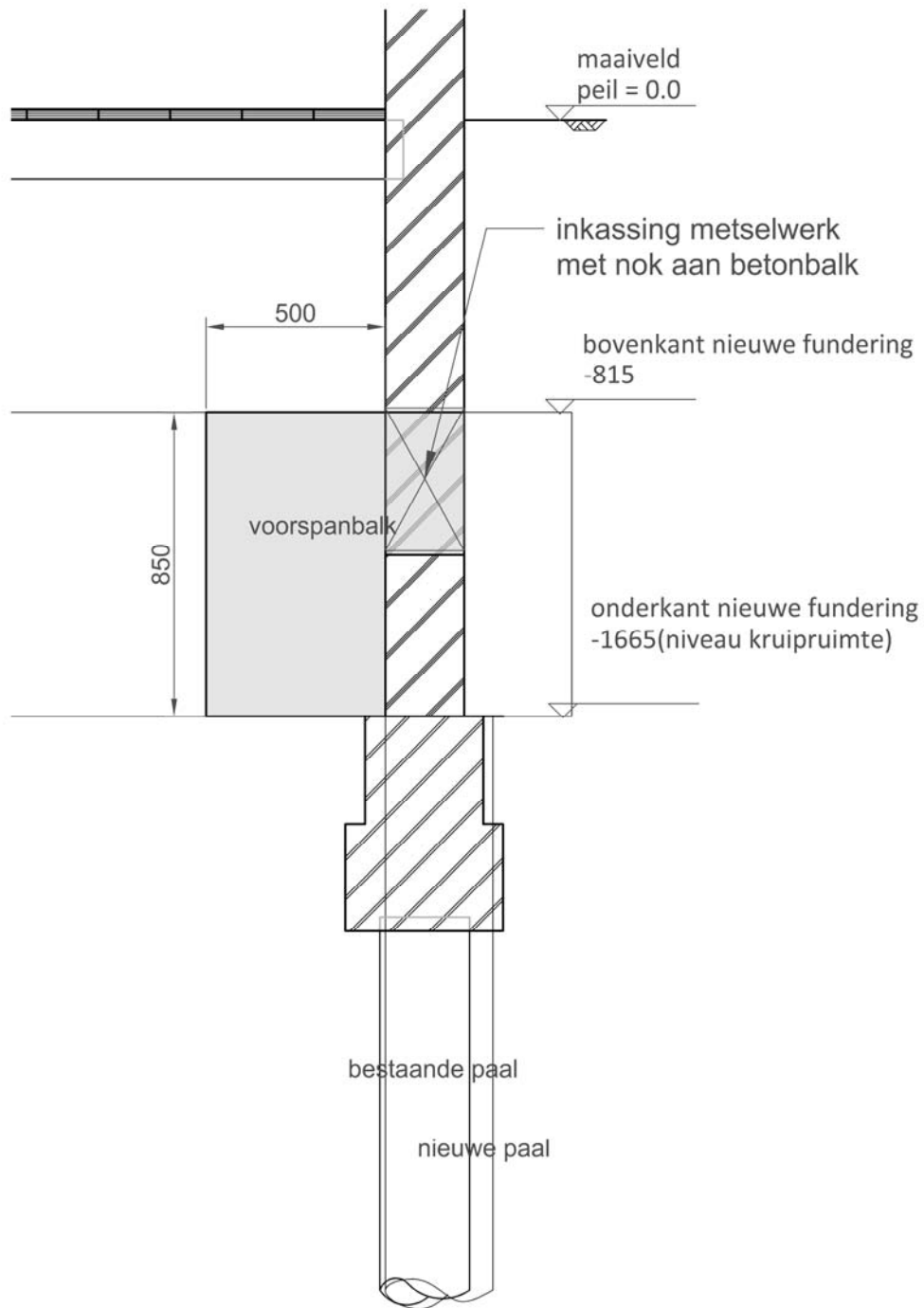
Herstelvariant 2B Partieel funderingsherstel Detail A 1:20



Herstelvariant 2B Partieel funderingsherstel Detail B 1:20



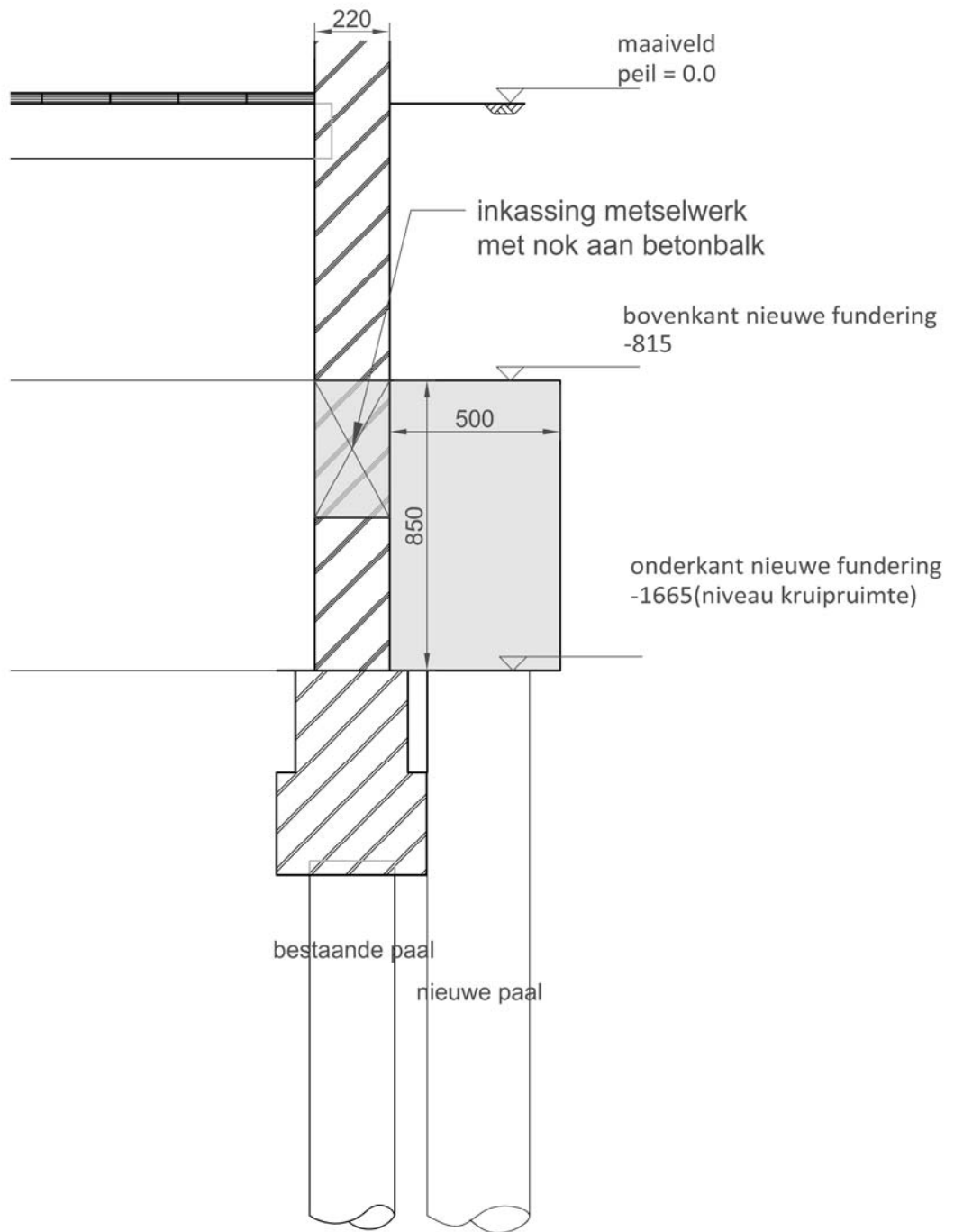
Herstelvariant 2B Partieel funderingsherstel Detail C 1:20



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

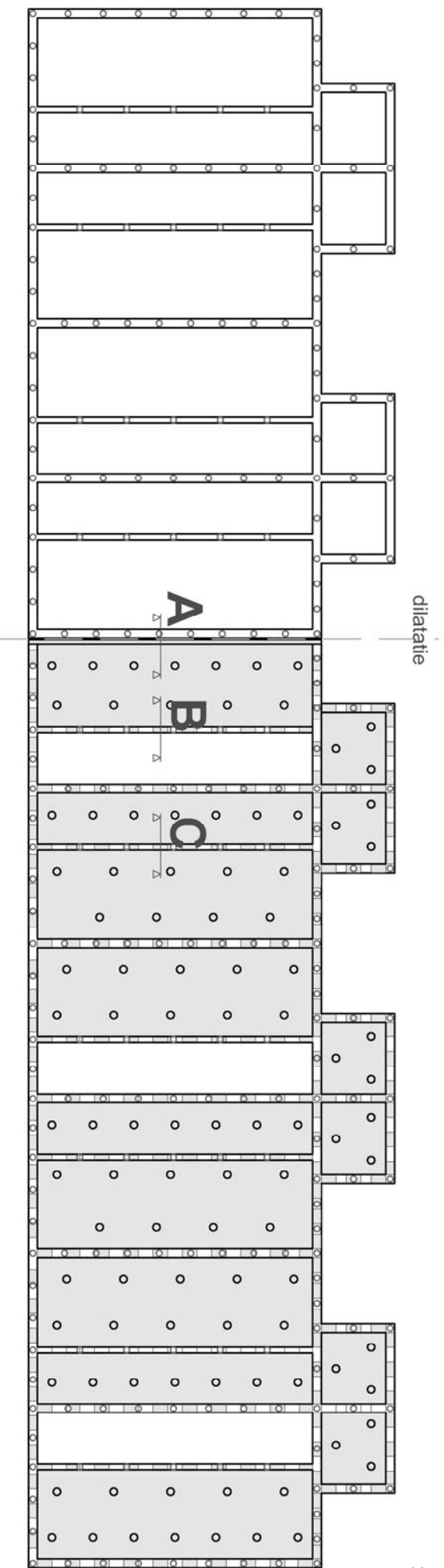
Herstelvariant 2B Partieel funderingsherstel Detail D 1:20



Herstelvariant 2B Partieel funderingsherstel

Detail E 1:20

Herstelvariant 3 – Partieel funderingsherstel met maatregelen

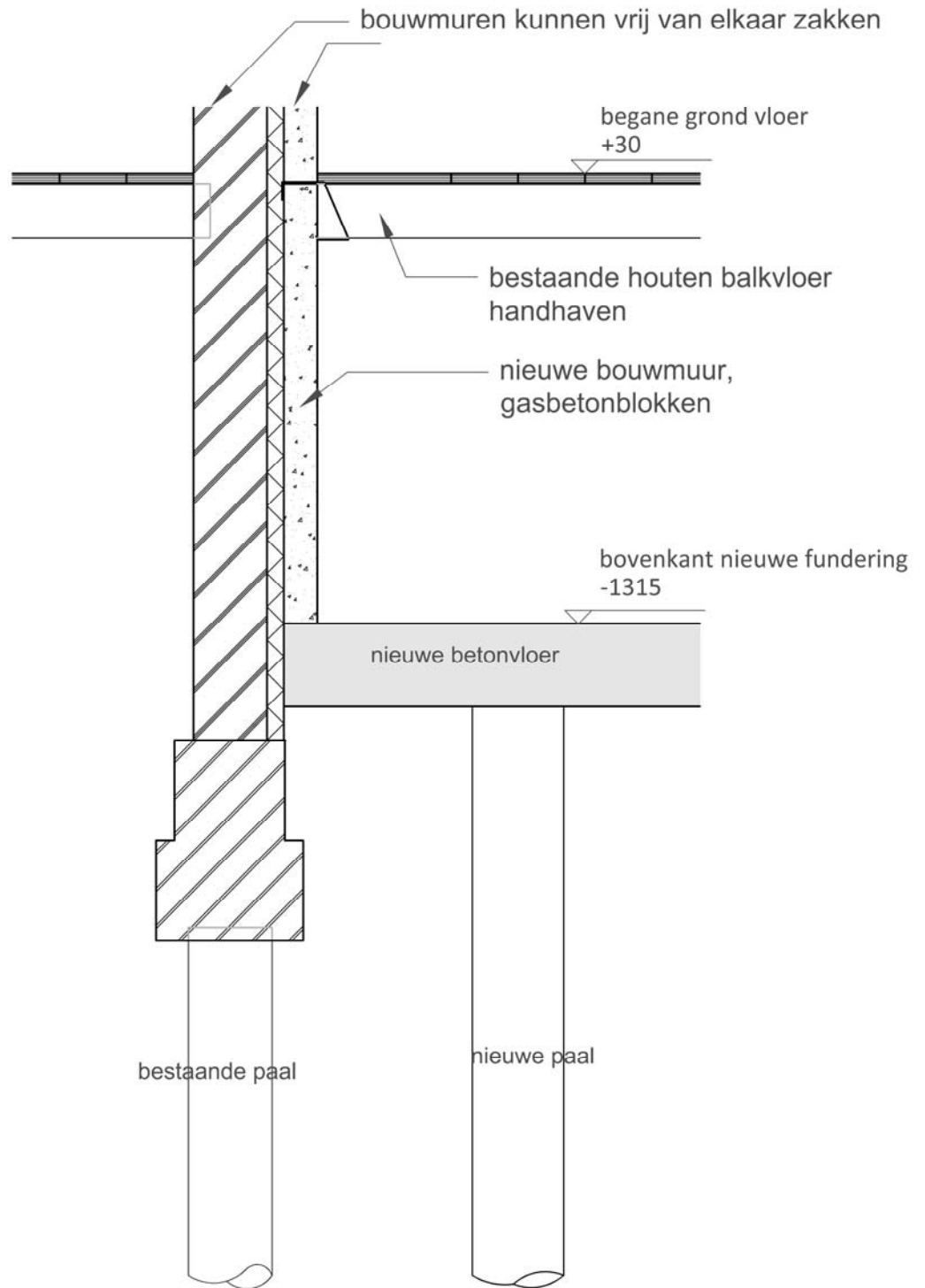


Overzicht nieuwe vloer

Partieel funderingsherstel, nieuwe palen, nieuwe vloer
stalen buispalen

Herstelvariant 3 Partieel funderingsherstel + voeg

Overzicht 1:200

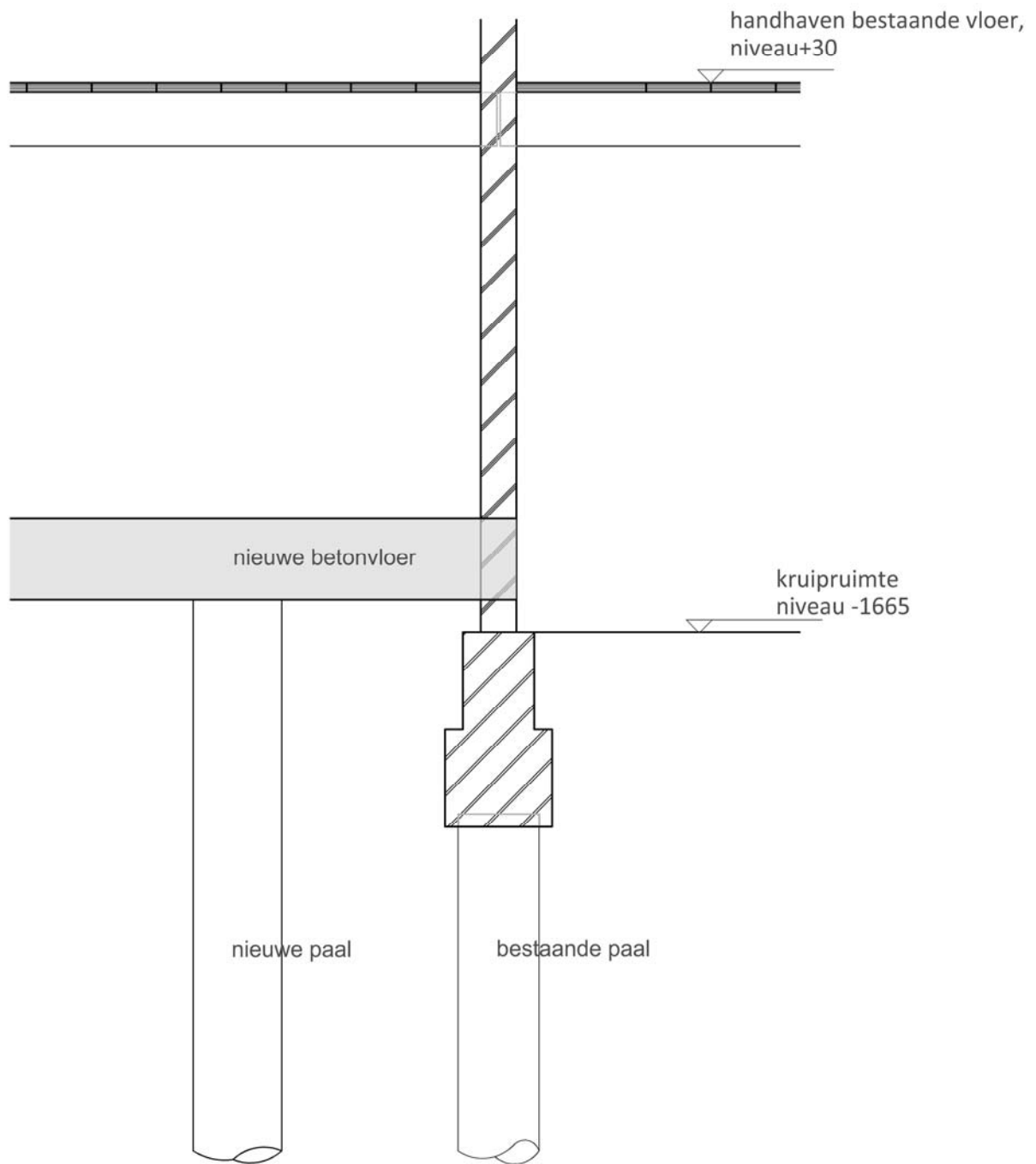


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

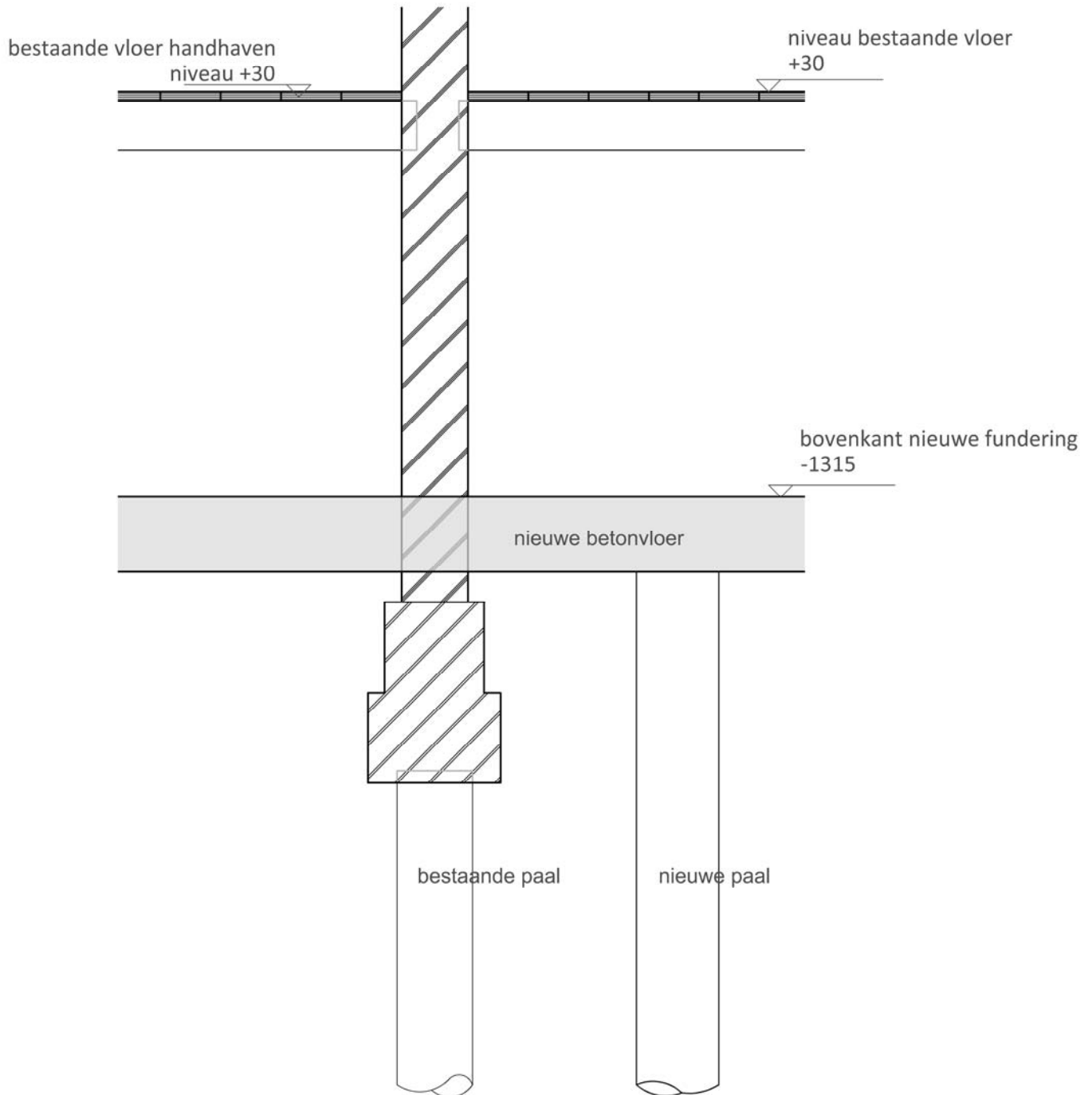
Herstelvariant 3 Partieel funderingsherstel + voeg

Detail A 1:20



Herstelvariant 3 Partieel funderingsherstel + voeg

Detail B 1:20



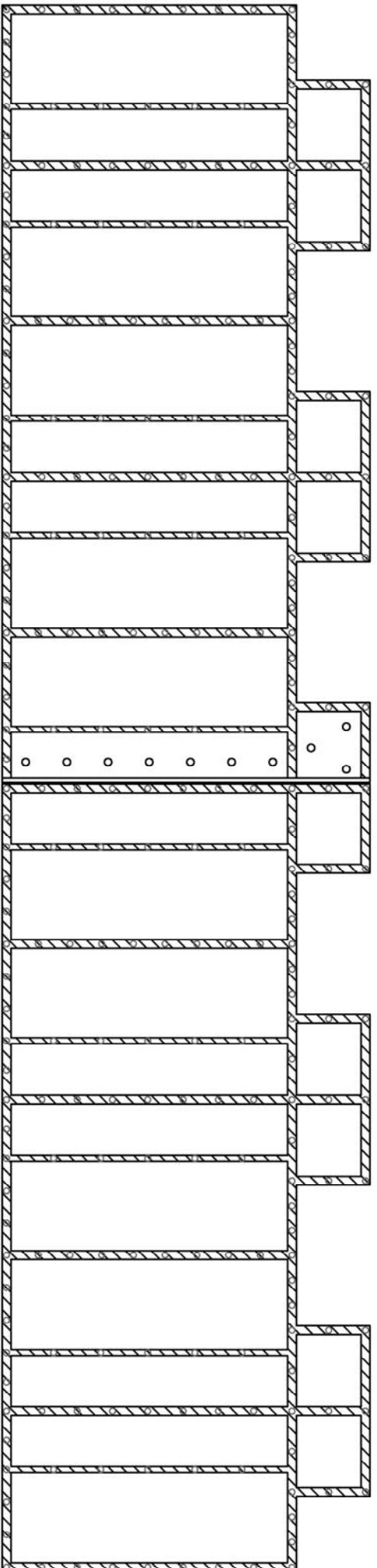
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

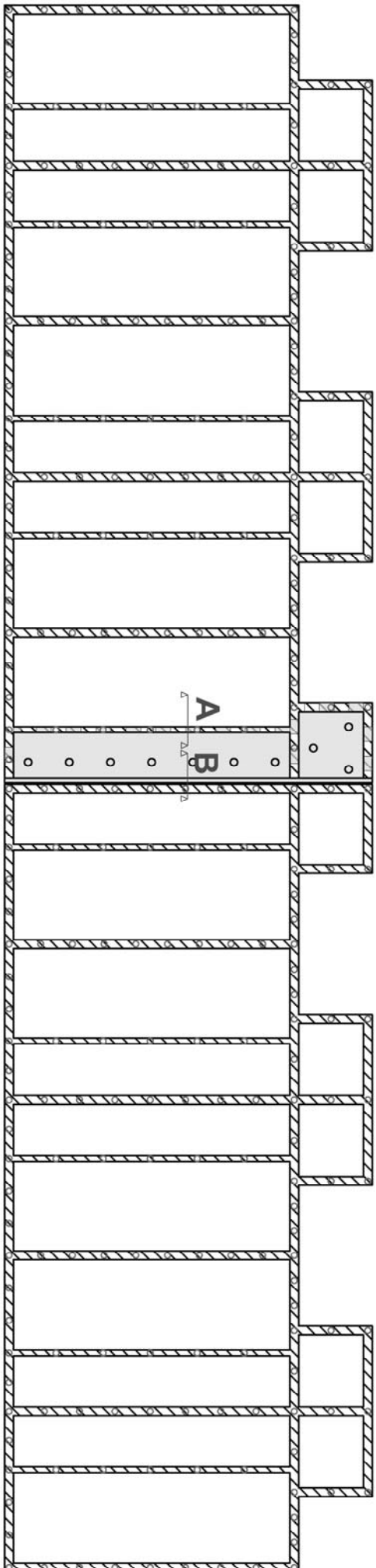
Herstelvariant 3 Partieel funderingsherstel + voeg

Detail C 1:20

Herstelvariant 4 – Partieel funderingsherstel met maatregelen, pand E



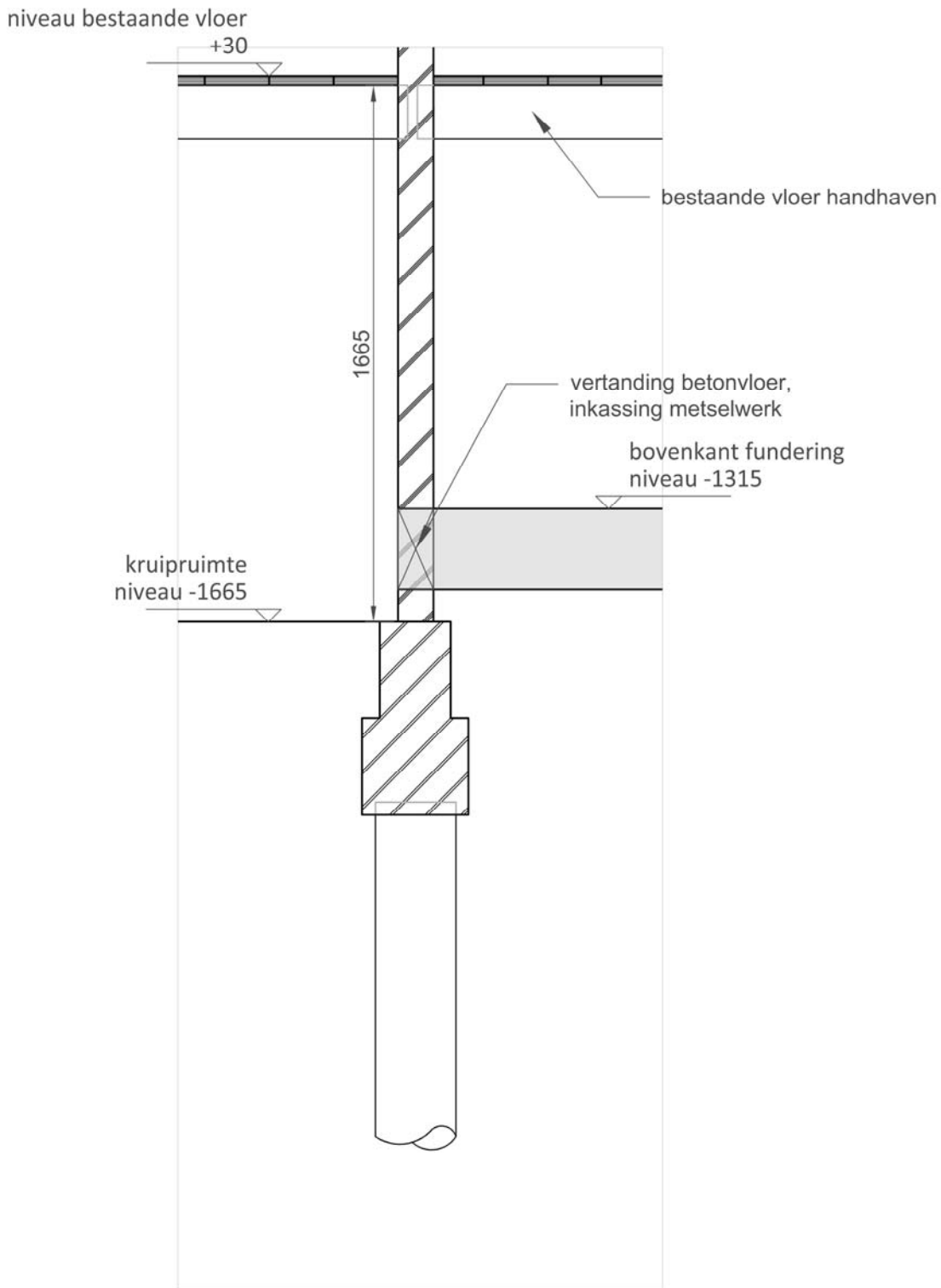
Palenplan



Overzicht nieuwe vloer

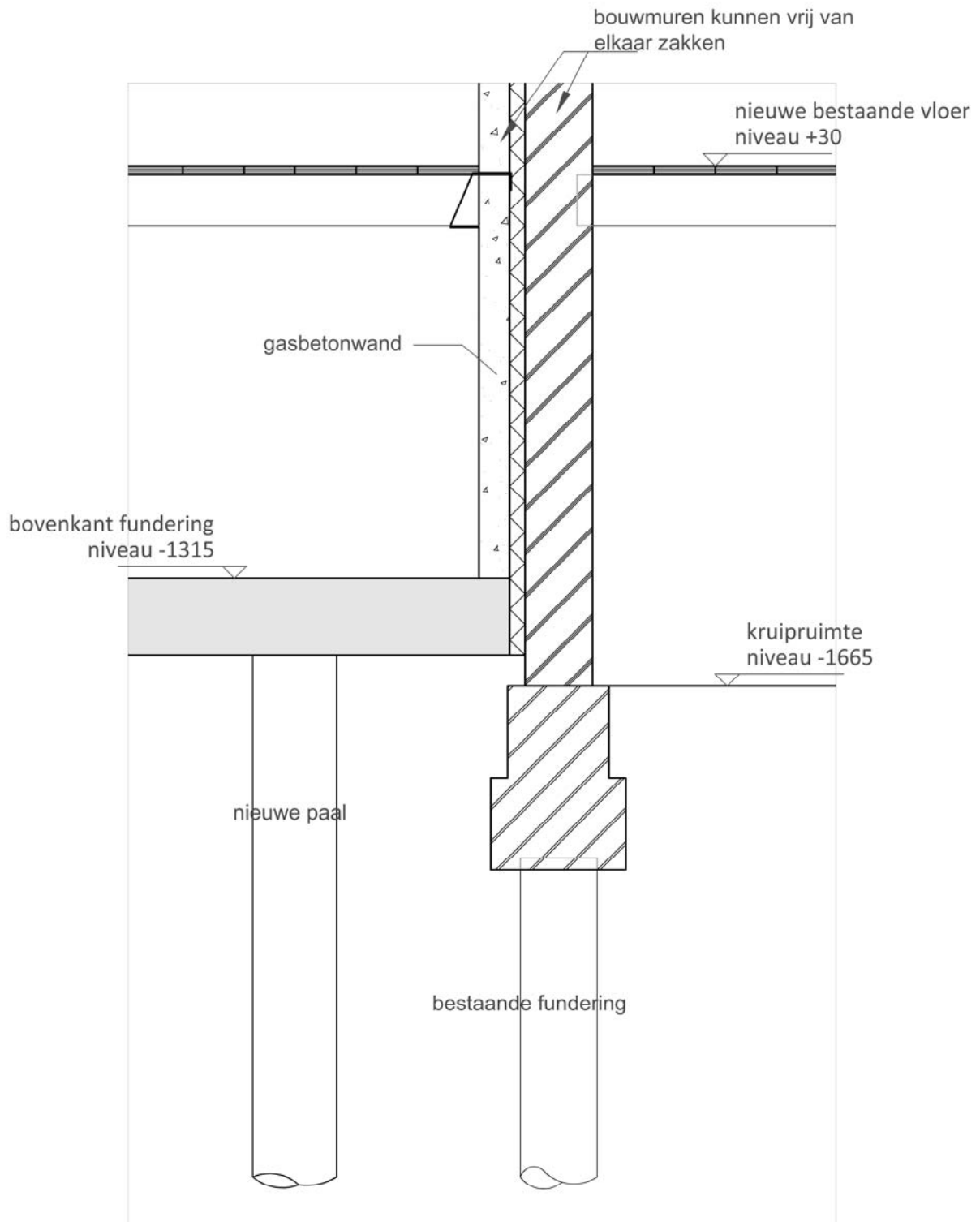
Herstelvariant 4 Partieel funderingsherstel pand E

Overzicht 1:200



Herstelvariant 4 Partieel herstel pand E

Detail A 1:20



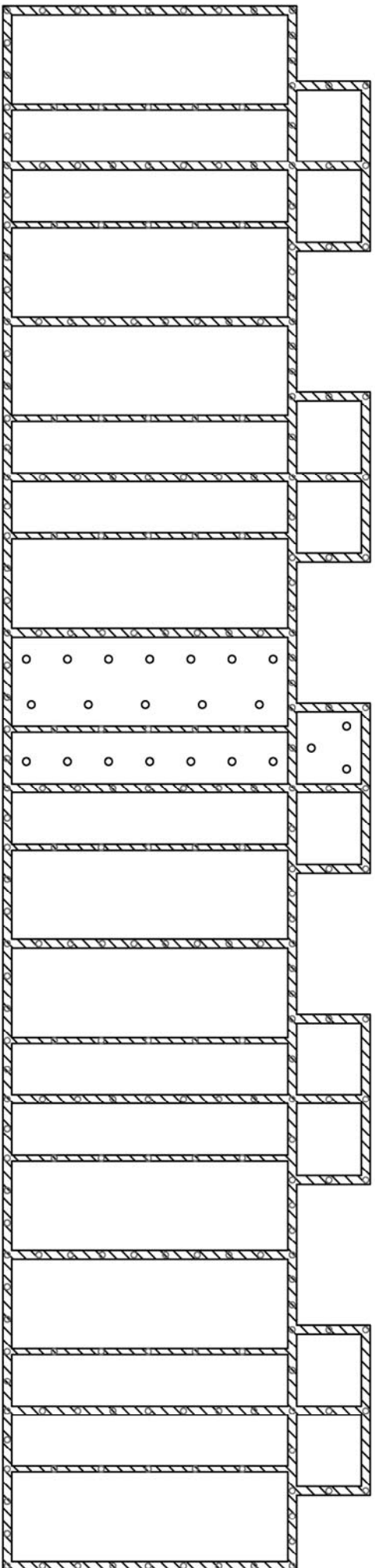
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

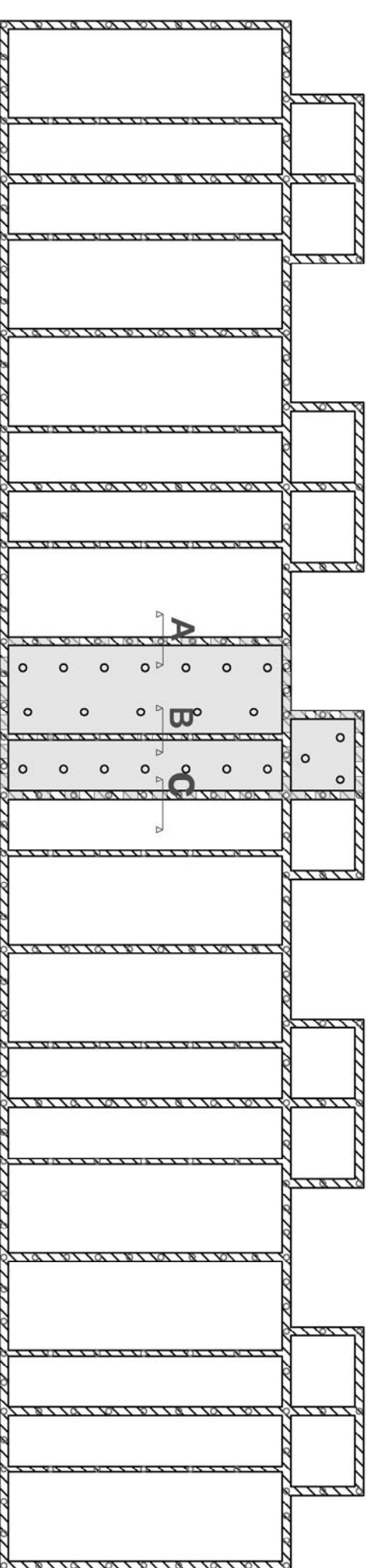
Herstelvariant 4 Partieel herstel pand E

Detail B 1:20

Herstelvariant 5 – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E



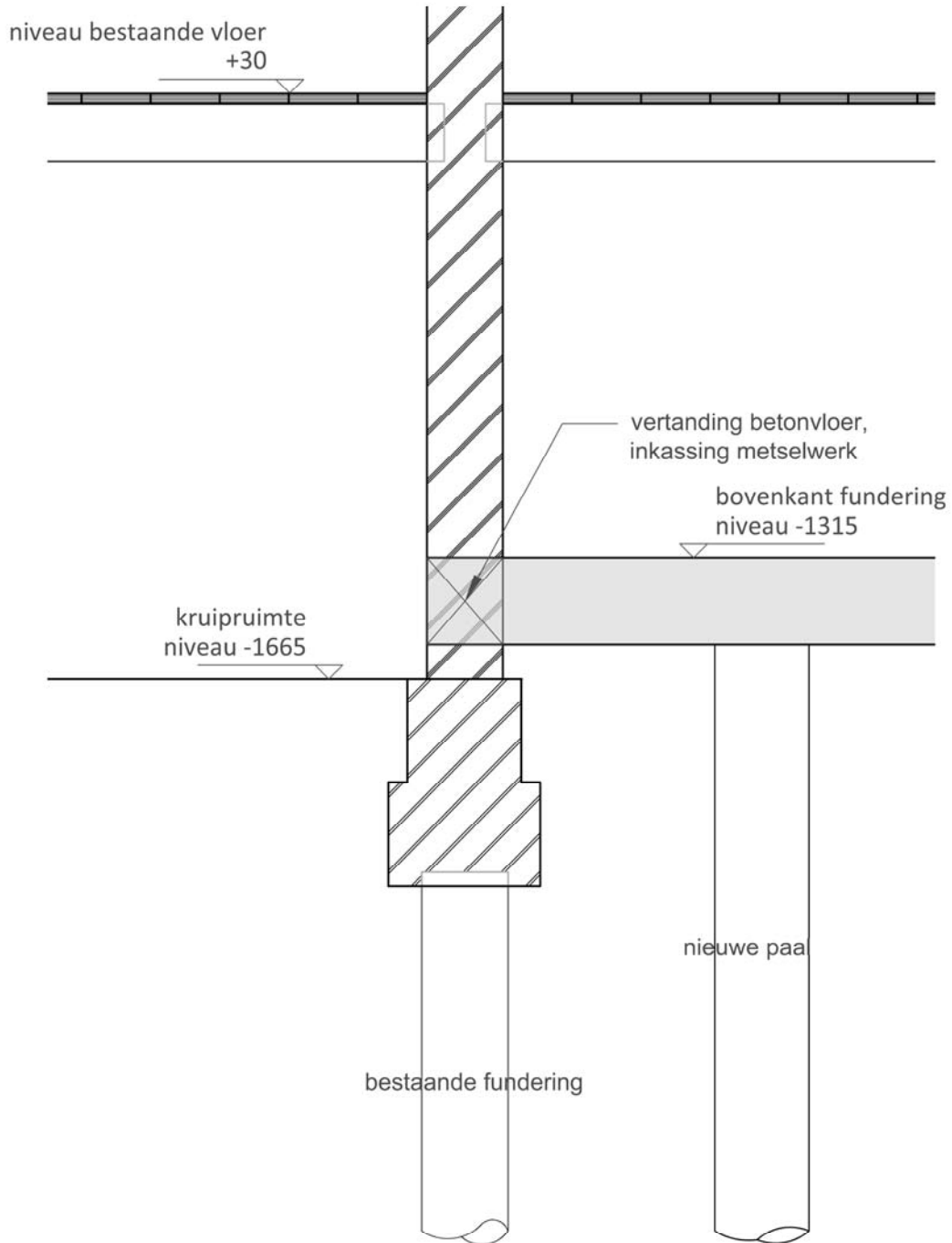
Palenplan



Overzicht nieuwe vloer

Herstellervariant 5A Partieel funderingsherstel: alleen pand E

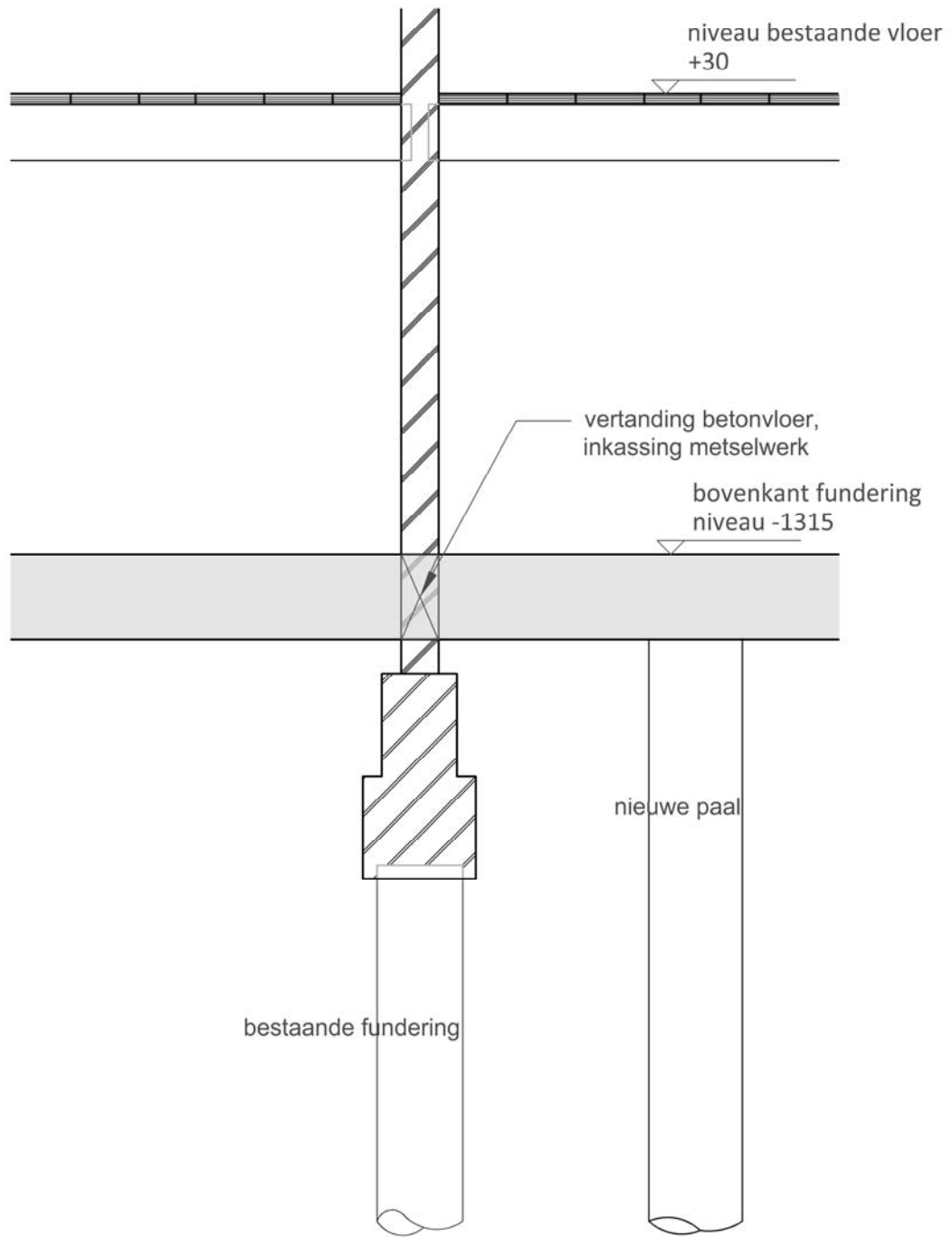
Overzicht 1:200



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

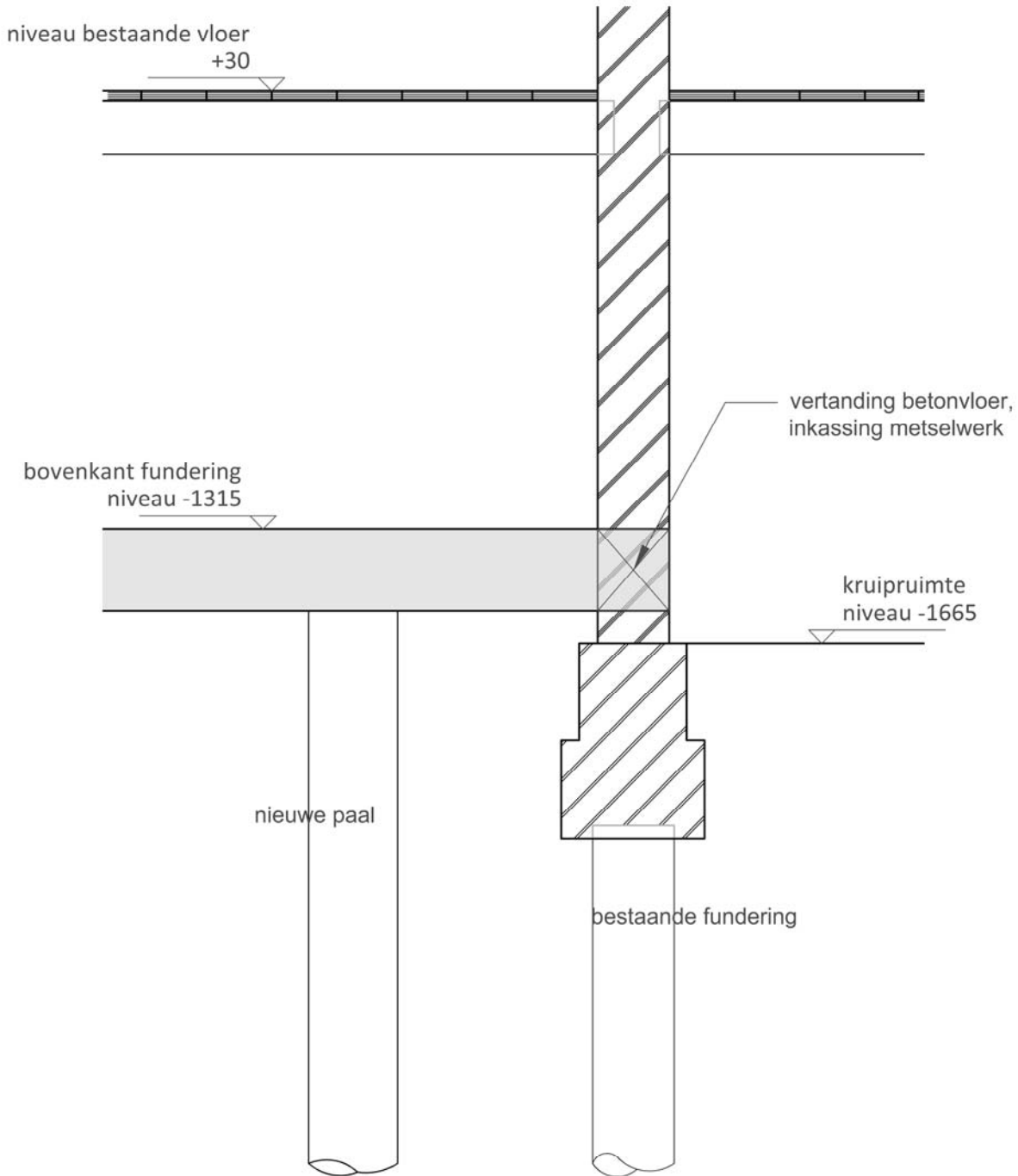
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Herstelvariant 5A Partieel funderingsherstel:
alleen pand E
Detail A 1:20



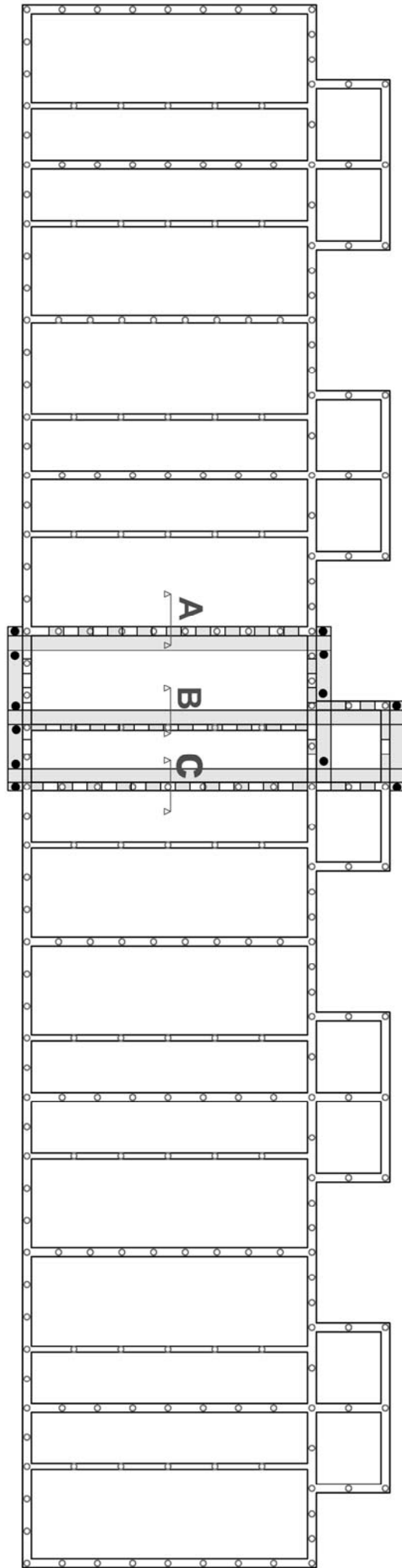
Herstelvariant 5A Partieel funderingsherstel:
alleen pand E

Detail B 1:20



Herstelvariant 5A Partieel funderingsherstel:
alleen pand E

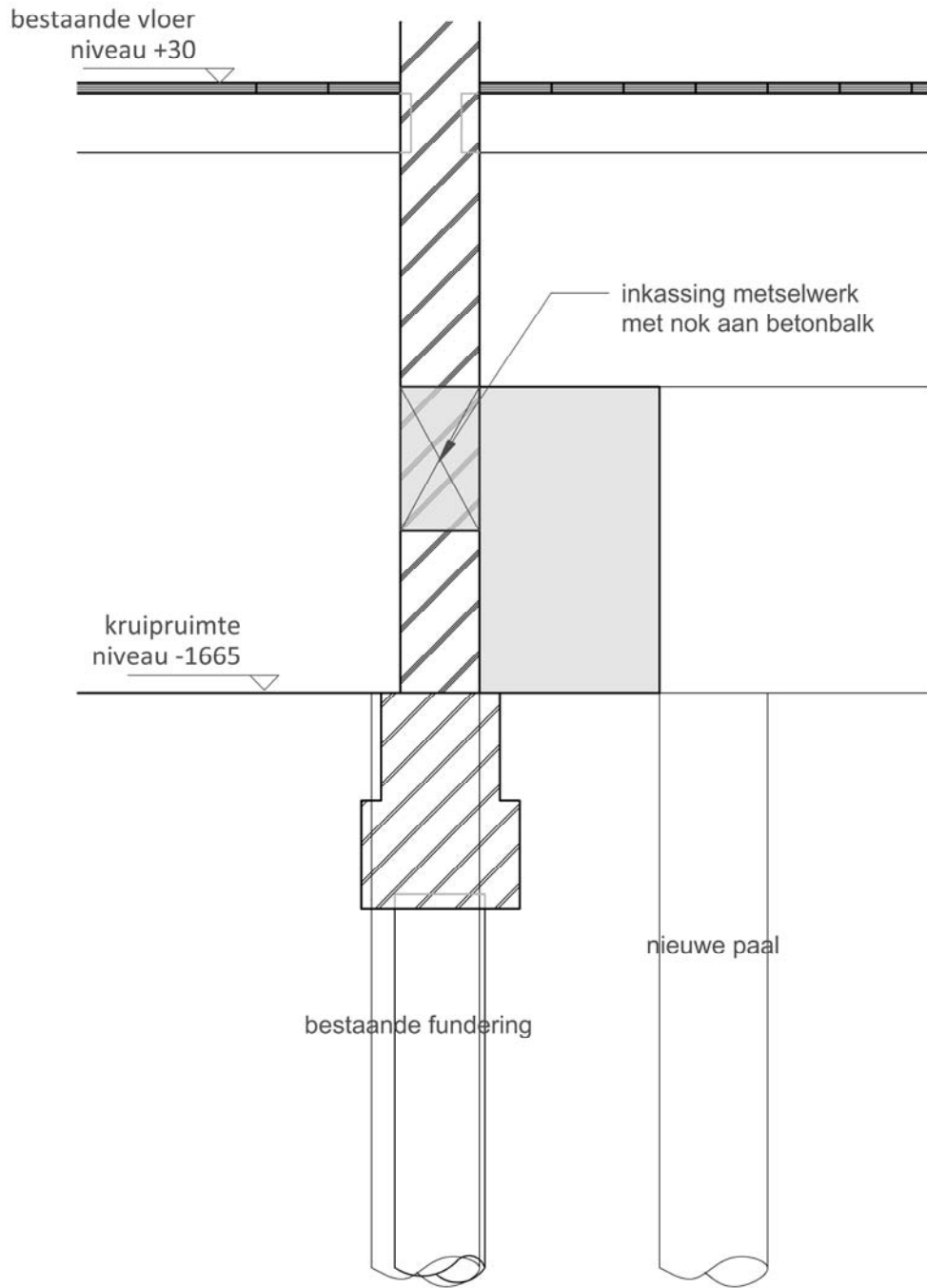
Detail C 1:20



Overzicht voorspanbalken

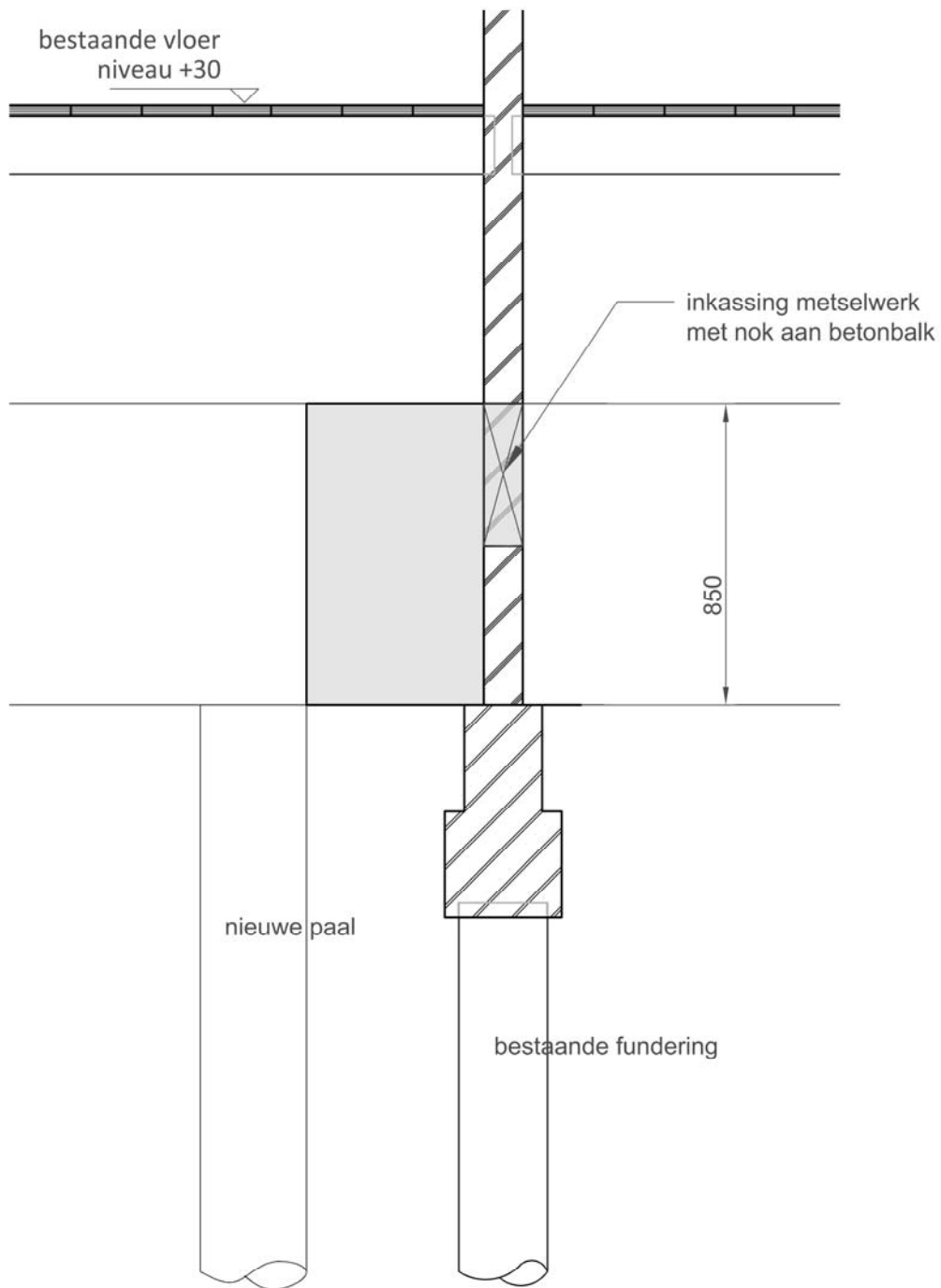
Herstelvariant 5B Partieel funderingsherstel: alleen pand E

Overzicht 1:200

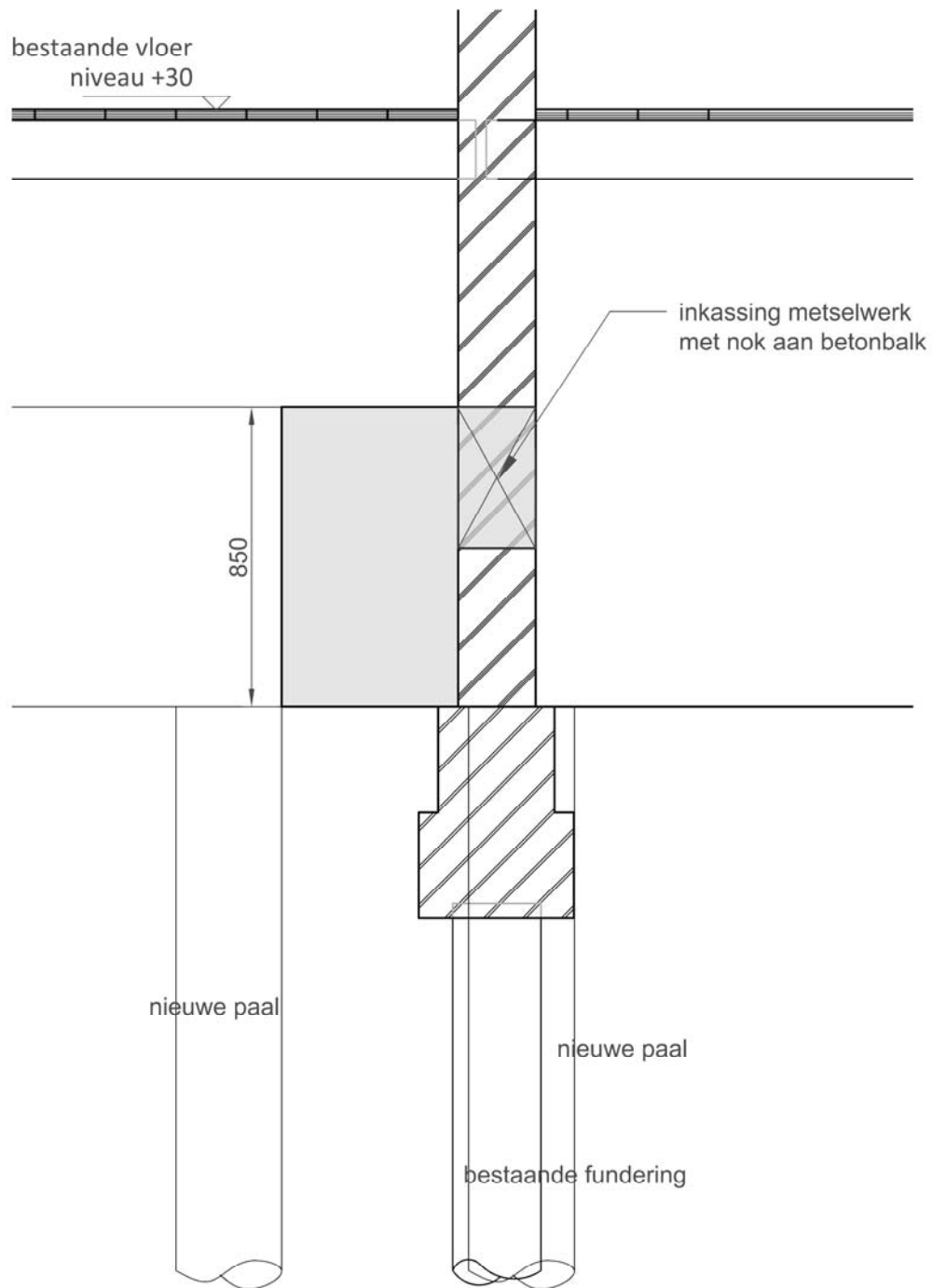


Herstelvariant 5B Partieel funderingsherstel:
alleen pand E

Detail A 1:20



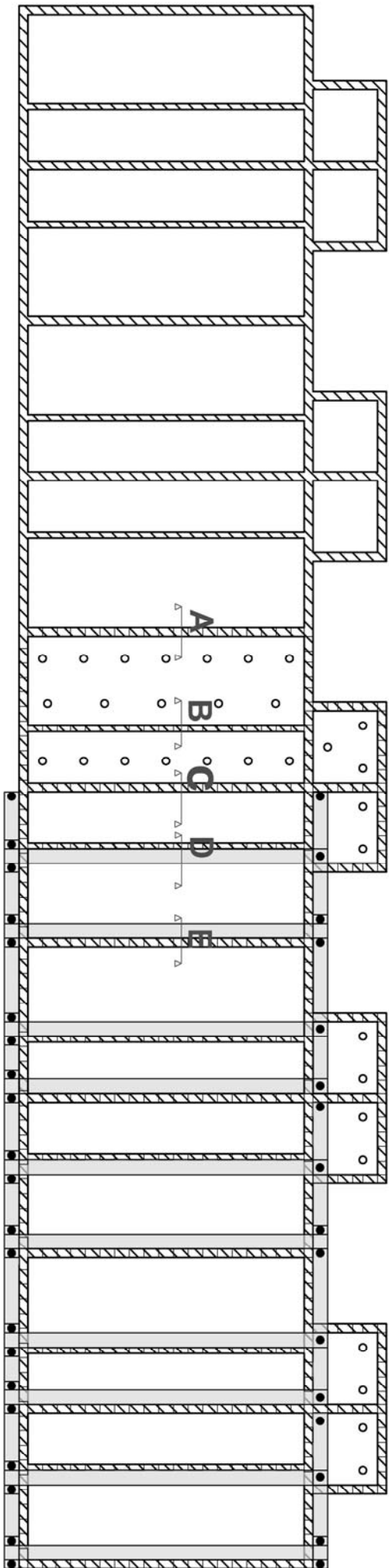
Herstelvariant 5B Partieel funderingsherstel:
alleen pand E
Detail B 1:20



Herstelvariant 5B Partieel funderingsherstel:
alleen pand E

Detail C 1:20

Herstelvariant 6 – Partieel funderingsherstel pand E, later
volgen resp. F, G, H, I, J



t=0
funderingsherstel
pand E

t=9
funderingsherstel
pand F

t=18
funderingsherstel
pand G

t=27
funderingsherstel
pand H

t=35
funderingsherstel
pand I

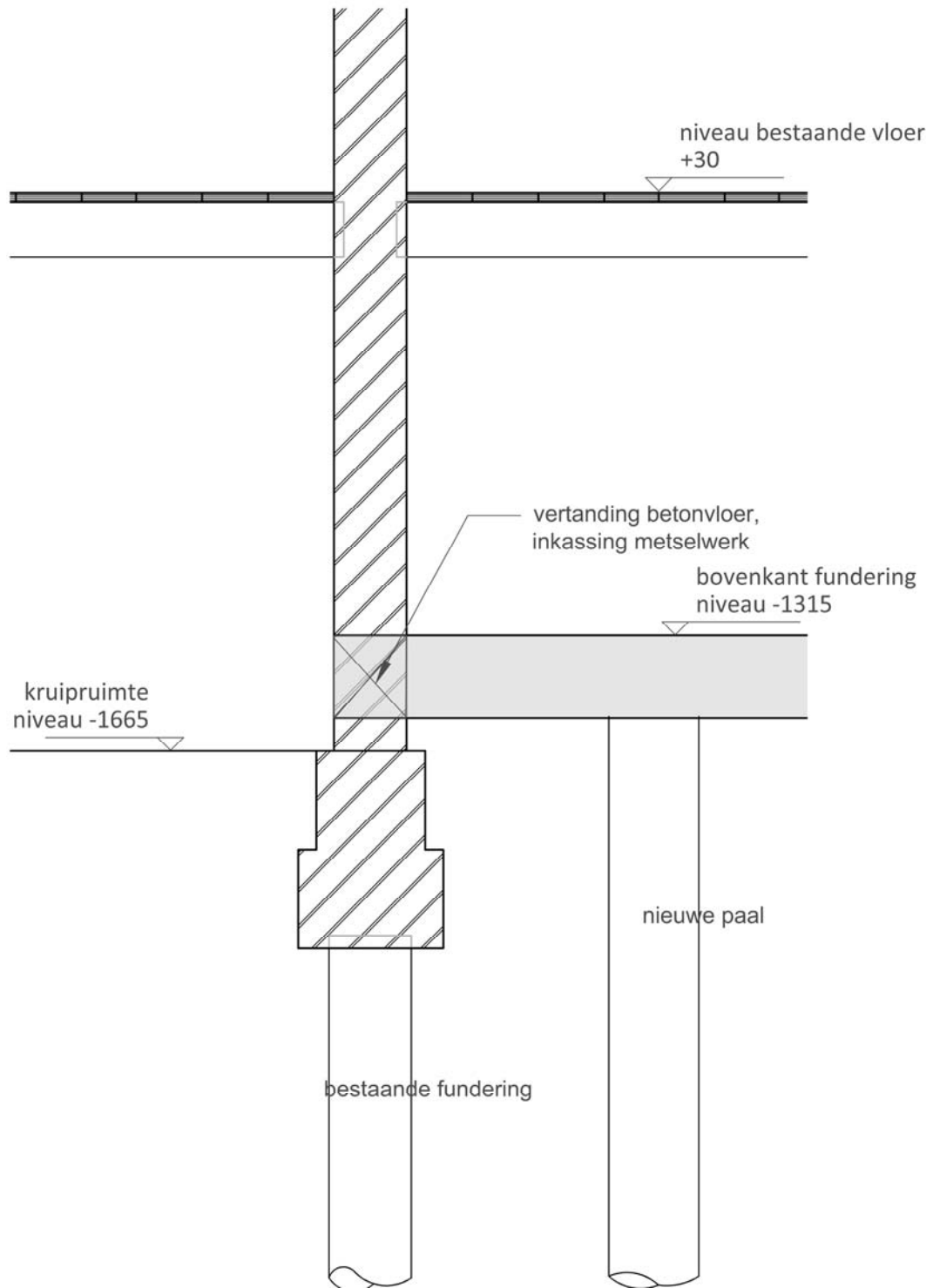
t=44
funderingsherstel
pand J

Overzicht nieuwe vloer

Herstelvariant 6 Partieel funderingsherstel:

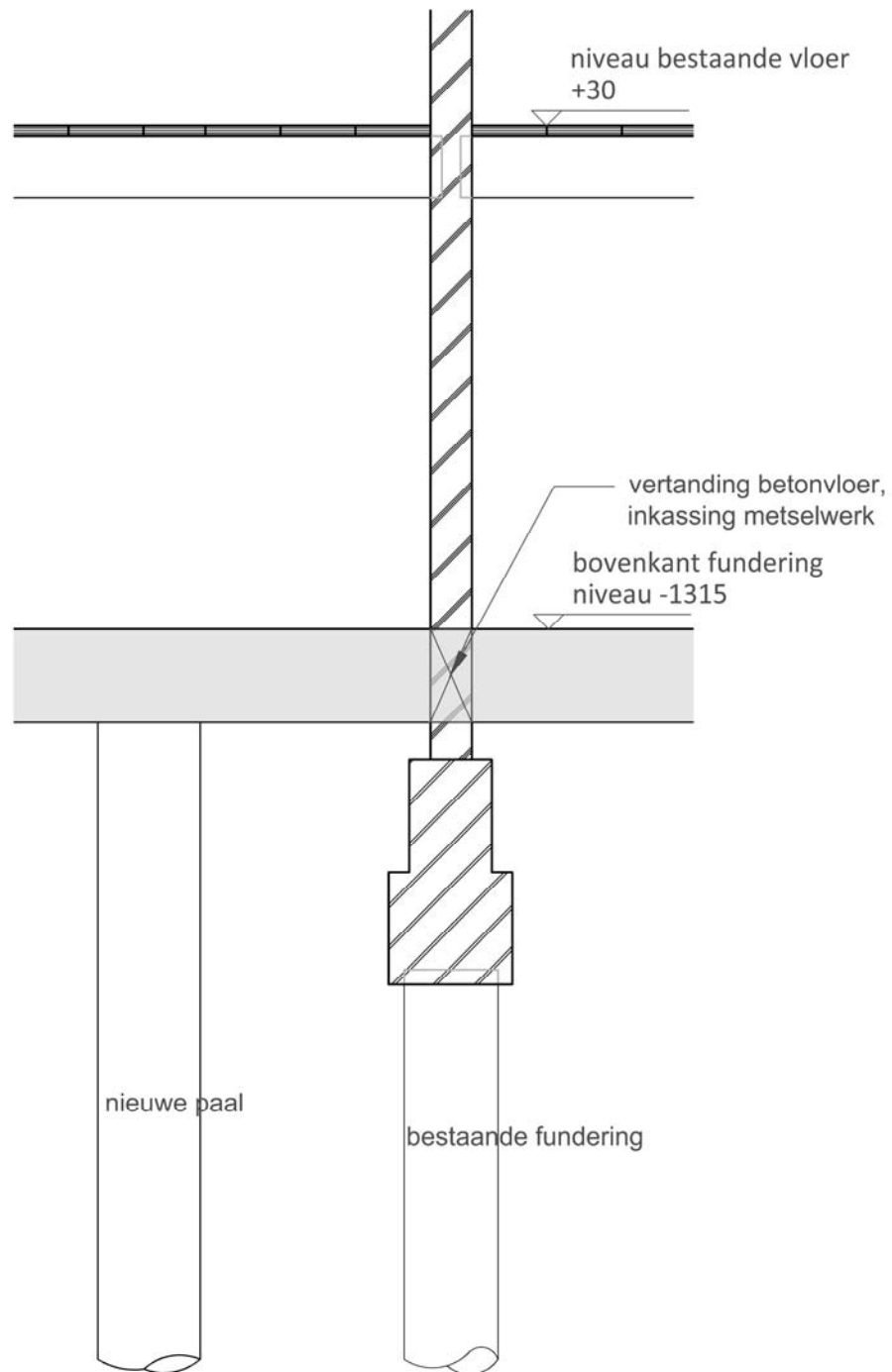
Eerst pand E, later in tijd volgen pand F t/m J

Overzicht 1:200



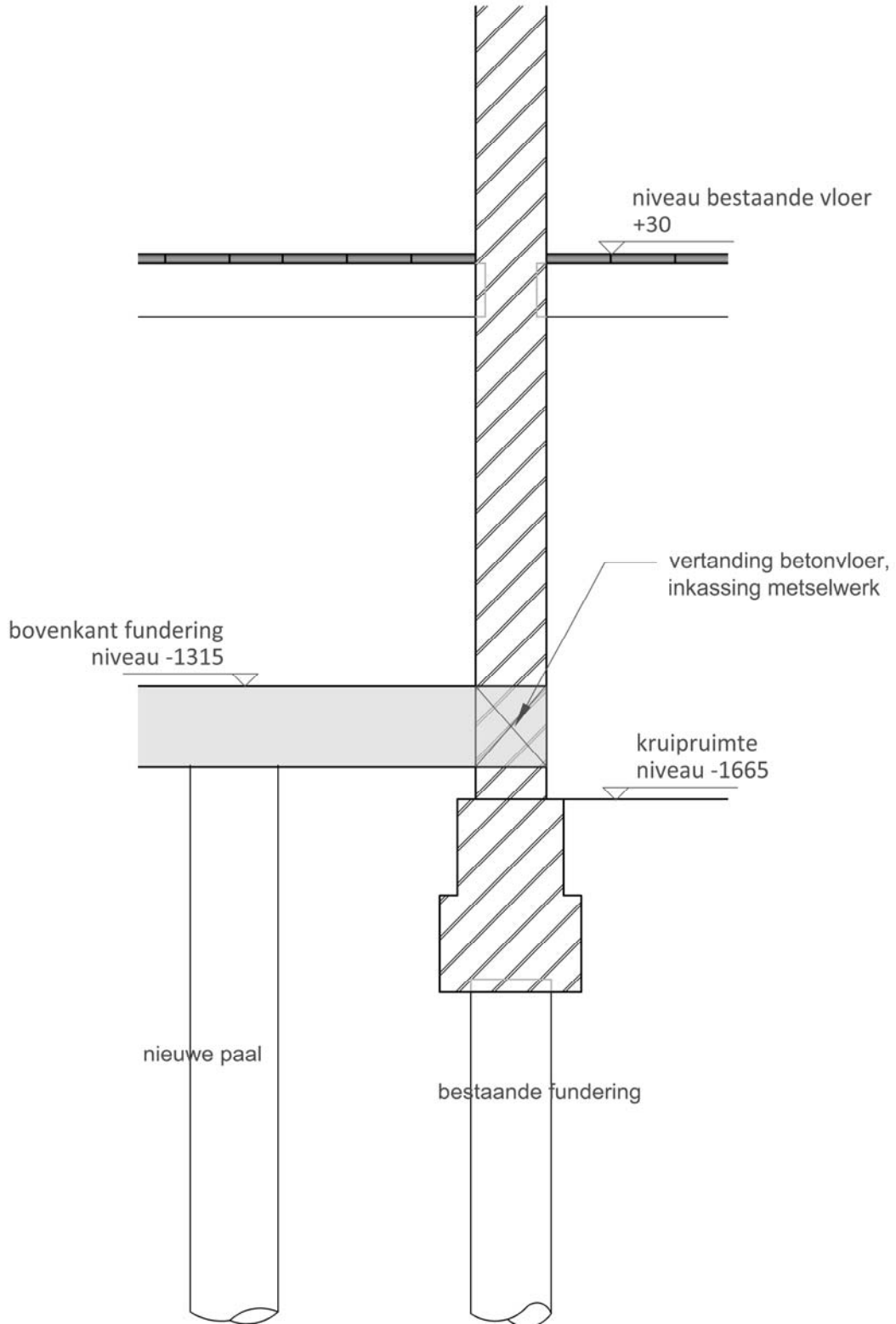
Herstelvariant 6 Partieel funderingsherstel:
eerst pand E, later F t/m J

Detail A 1:20



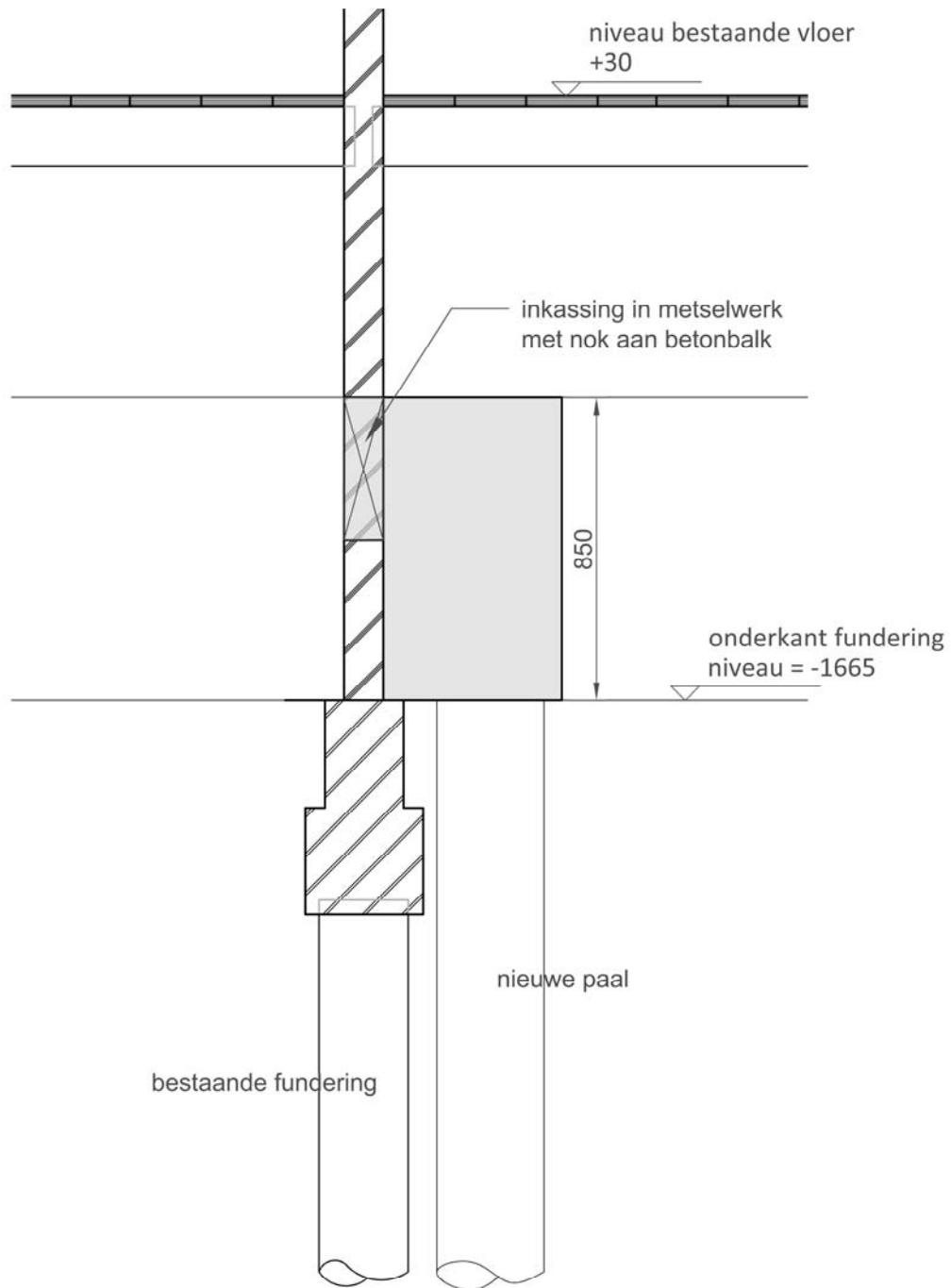
Herstelvariant 6 Partieel funderingsherstel:
eerst pand E, later F t/m J

Detail B 1:20

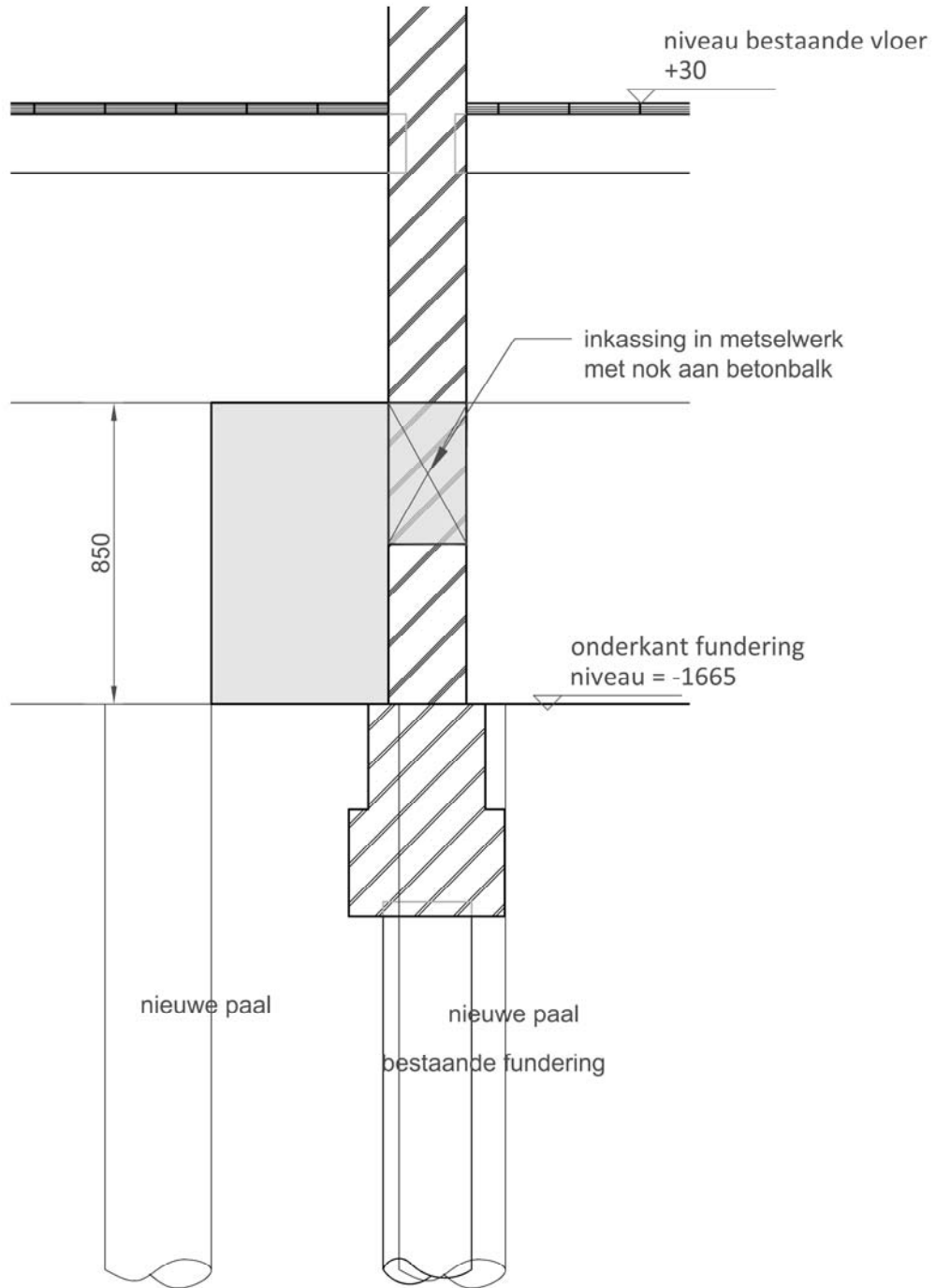


Herstelvariant 6 Partieel funderingsherstel:
eerst pand E, later F t/m J

Detail C 1:20

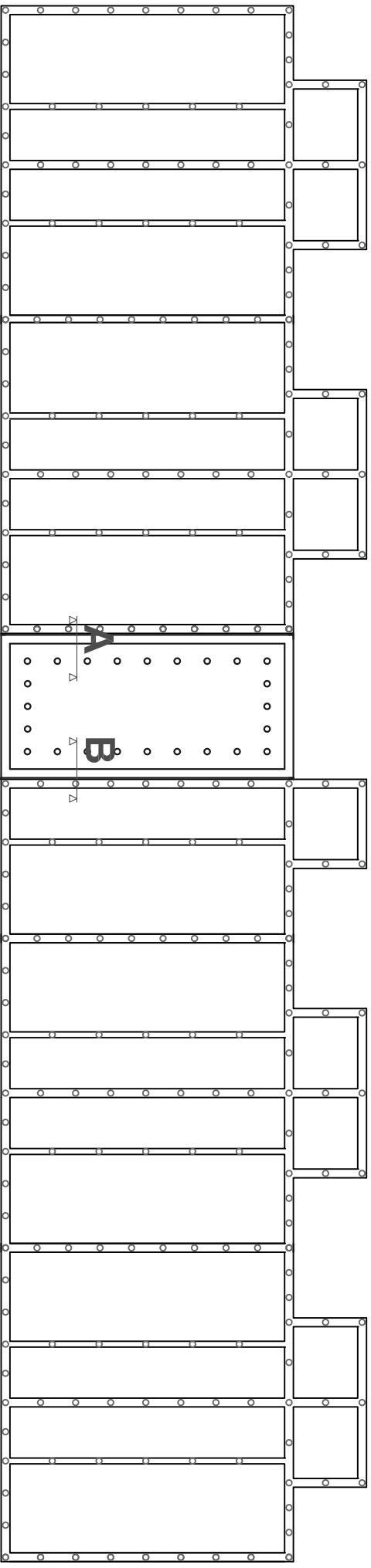


Herstelvariant 6 Partieel funderingsherstel:
eerst pand E, later F t/m J
Detail D 1:20



Herstelvariant 6 Partieel funderingsherstel:
eerst pand E, later F t/m J
Detail E 1:20

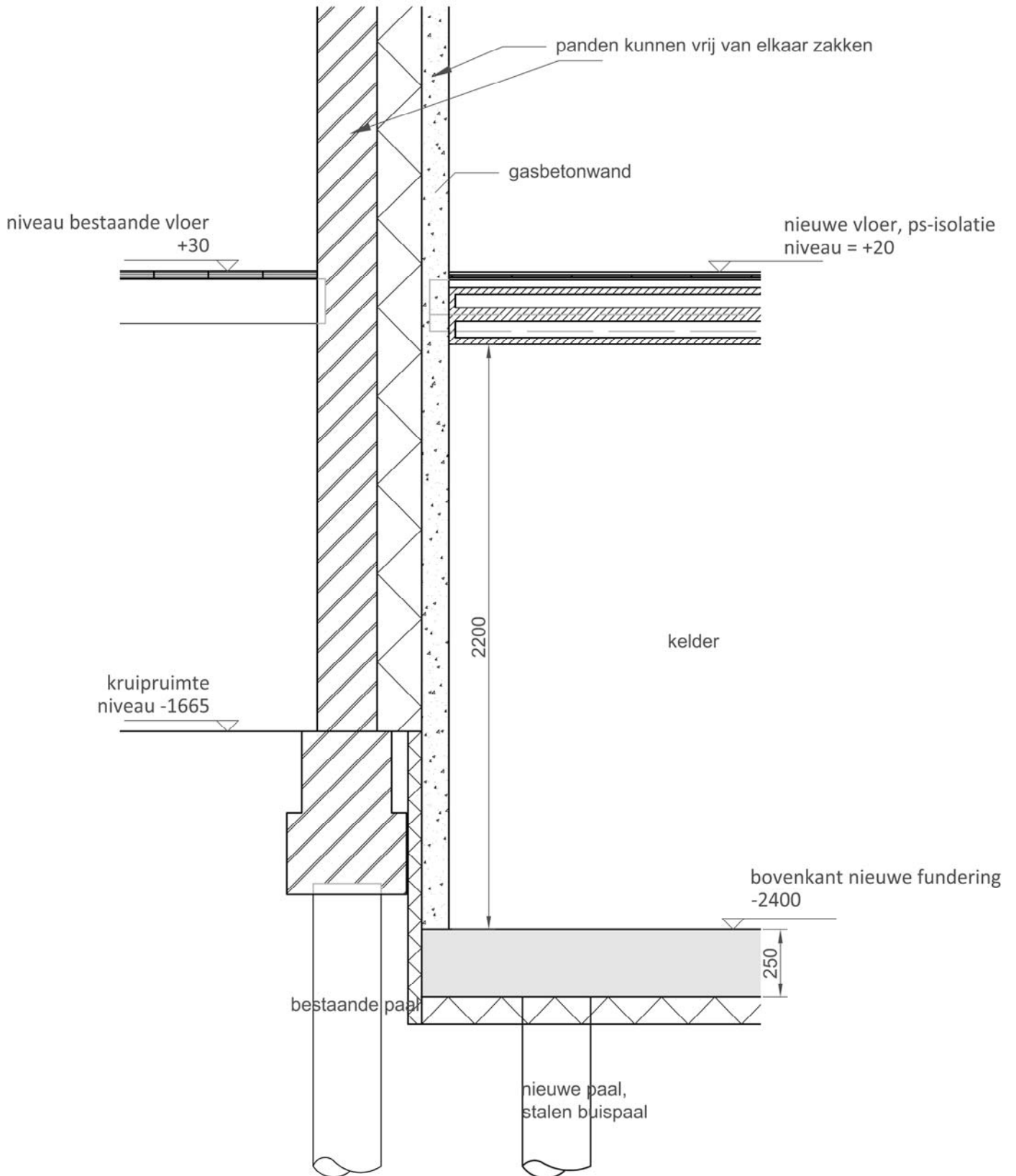
Herstelvariant 7 – Sloop en nieuwbouw pand E



Palenplan

Herstelvariant 7 Sloop en nieuwbouw pand E

Overzicht 1:200

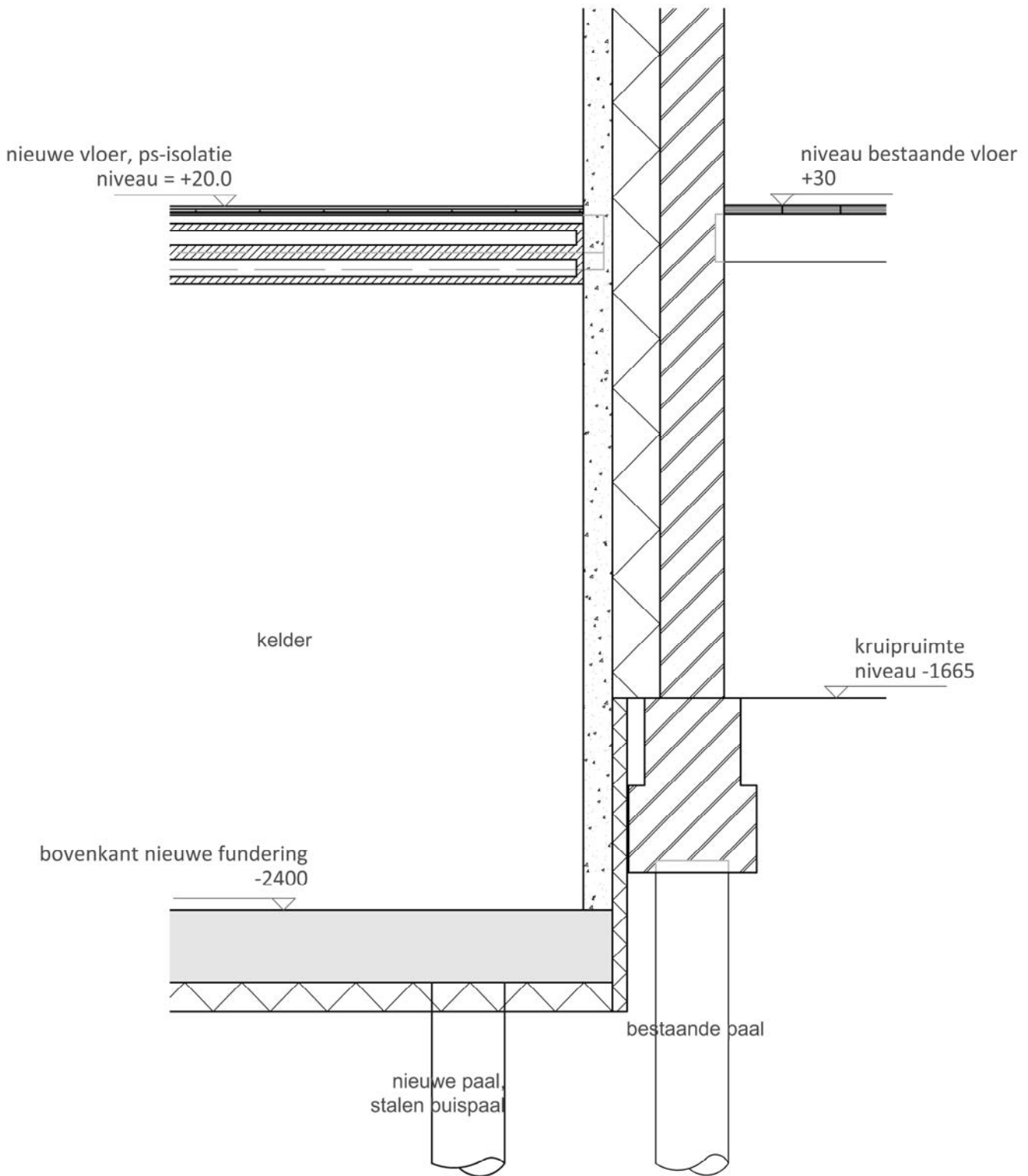


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Herstelvariant 7 Sloop en nieuwbouw

Detail A 1:20



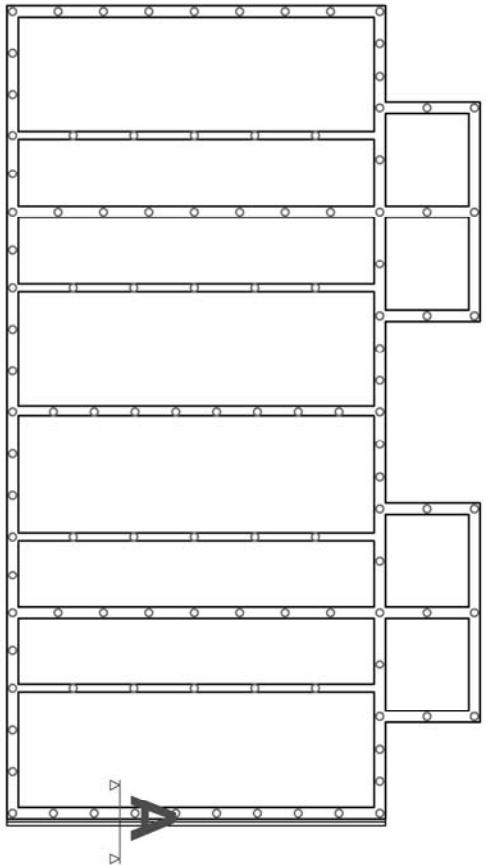
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

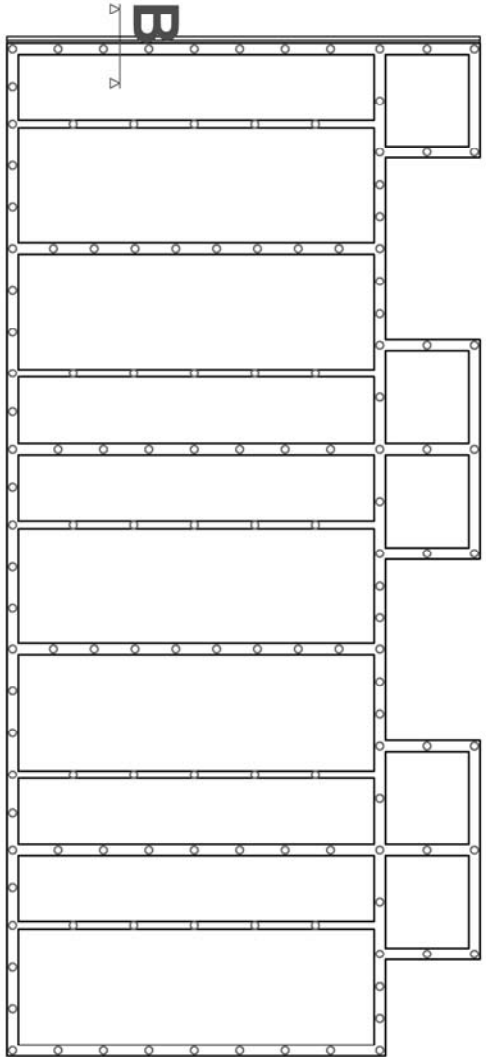
Herstelvariant 7 Sloop en nieuwbouw

Detail B 1:20

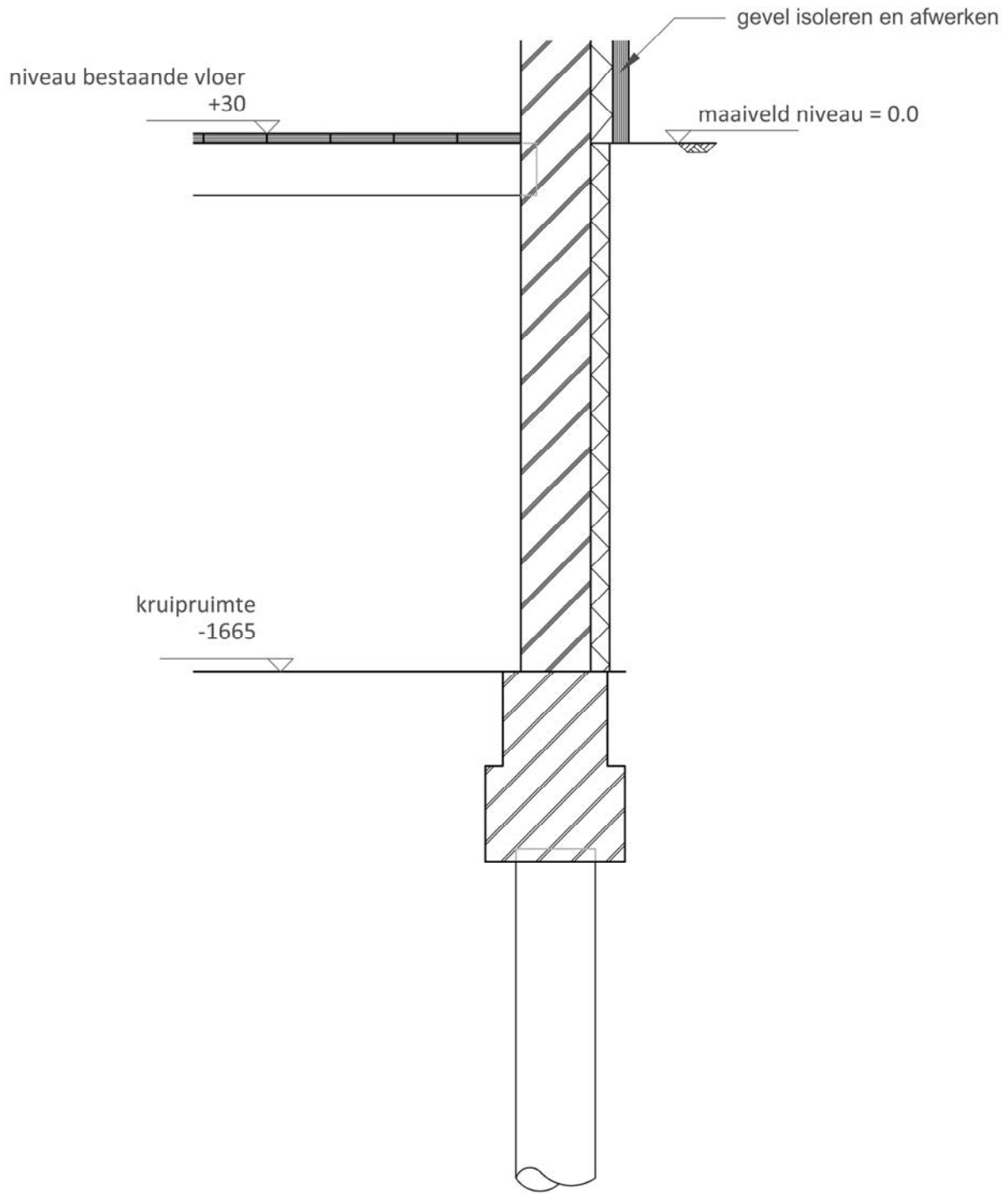
Herstelvariant 8 – Sloop pand E



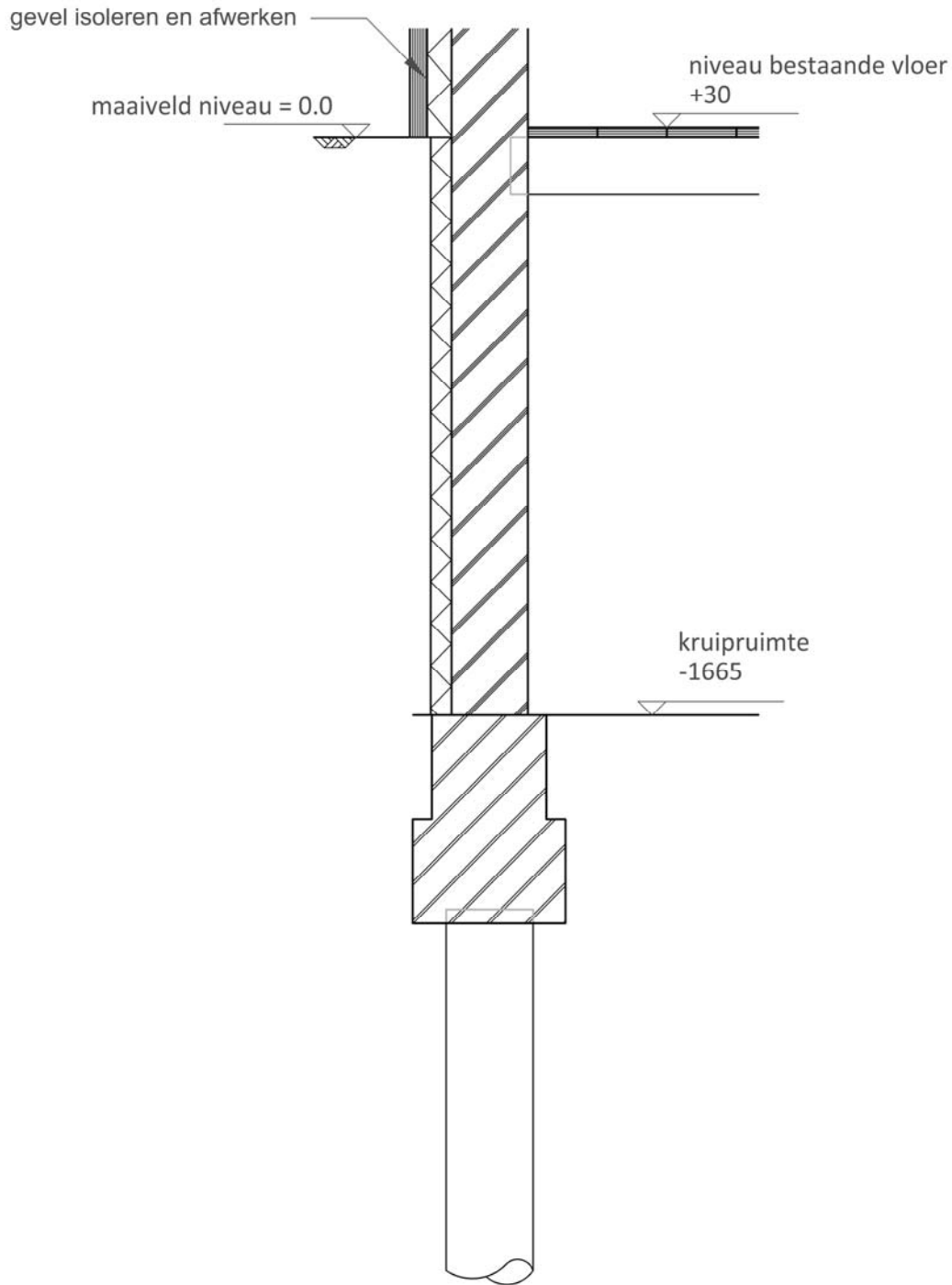
Palenplan



Herstelvariant 8 Sloop pand E
Overzicht 1:200



Herstelvariant 8 Sloop pand E Detail A 1:20



Herstelvariant 8 Sloop pand E

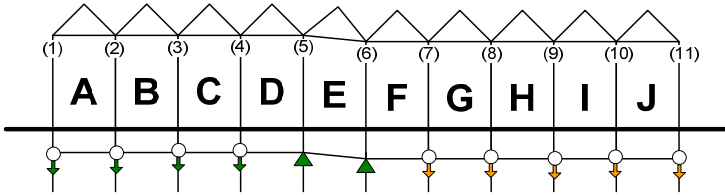
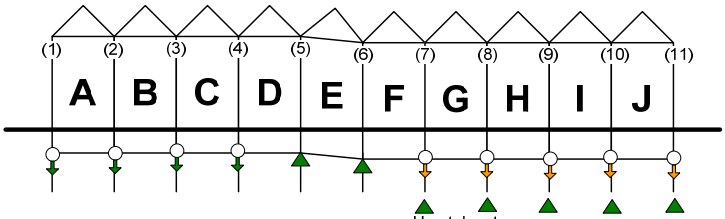
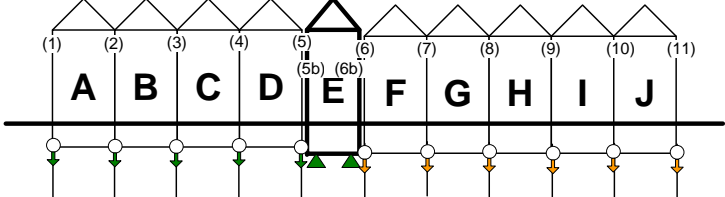
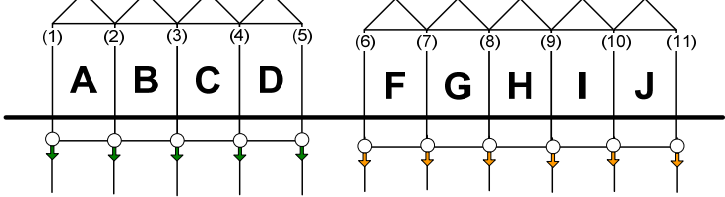
Detail B 1:20

Bijlage G.4

Uitwerking Case-study 2: Overzicht herstelvarianten

Overzicht herstelvarianten

Herstelvariant	Principe	Kosten totale investering	Maximale kosten per eigenaar (eigenaar)	Risico's (R) en Kansen (K)
	<p>Legenda:</p> <p>▲ Zakkingsnelheid 0 mm/jaar ○ Zakkingsnelheid 1-3 mm/jaar</p> <p>○ Zakkingsnelheid <1 mm/jaar ○ Zakkingsnelheid >3 mm/jaar</p>			
1A - Volledig funderingsherstel – Nieuwe palen, nieuwe vloer	<p>Herstelvariant 1 Volledig funderingsherstel</p>	€ 721.000,-	€ 72.100,- (A t/m J)	R) Veel weerstand te verwachten van pandeigenaren. K) Woningen meer waard door zekerheid over kwaliteit fundering K) Straat knapt op
1B - Volledig funderingsherstel – Voorspanbalken		€ 617.000,-	€ 61.700,- (A t/m J)	R) Veel weerstand te verwachten van pandeigenaren. K) Woningen meer waard door zekerheid over kwaliteit fundering K) Straat knapt op
2A - Partieel funderingsherstel zonder maatregelen – Nieuwe palen, nieuwe vloer	<p>Herstelvariant 2 Partieel funderingsherstel, zonder maatregelen</p>	€ 360.700,-	€ 65.580,- (F t/m J)	R) Pand E blijft mogelijk scharnierpand (onderhoud). R) Eigenaar F t/m J willen mogelijk niet investeren in deze herstelvariant.
2B - Partieel funderingsherstel zonder maatregelen – Voorspanbalken		€ 308.500,-	€ 56.090,- (F t/m J)	R) Pand E blijft mogelijk scharnierpand (onderhoud). R) Eigenaar F t/m J willen mogelijk niet investeren in deze herstelvariant. K) Kans dat pand E na verloop weer recht zakt
3 – Partieel funderingsherstel, met maatregelen	<p>Herstelvariant 3 Partieel funderingsherstel, met maatregelen</p>	€ 455.900,-	€ 95.150,- (E)	R) Kans op schade door het inbrengen van nieuwe fundering direct naast bestaande R) kwalitatief slechte fundering. R) Pand D gaat mogelijk licht scharnieren. R) Eigenaar F t/m J willen mogelijk niet investeren in deze herstelvariant.
4 – Partieel funderingsherstel met maatregelen, pand E	<p>Herstelvariant 4 Partieel funderingsherstel pand E-1</p>	€ 71.150,-	€ 71.150,- (E)	R) Kans op schade door het inbrengen van nieuwe fundering direct naast bestaande kwalitatief slechte fundering. R) Pand F gaat mogelijk licht scharnieren. R) Pand E blijft scharnierpand (onderhoud). K) Kans dat E na verloop van tijd weer recht zakt

<p>5A – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E Nieuwe palen, nieuwe vloer</p>	<p>Herstelvariant 5 Partieel funderingsherstel pand E-2</p> 	<p>€ 85.300,-</p>	<p>€ 42.650,- (E)</p>	<p>R) Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden D en F. R) Eigenaar D en F spannen mogelijk een rechtzaak aan tegen eigenaar E.</p>
<p>5B – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E Voorspansysteem</p>		<p>€ 81.300,-</p>	<p>€ 40.650,- (E)</p>	<p>R) Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden D en F. R) Eigenaar D en F spannen mogelijk een rechtzaak aan tegen eigenaar E.</p>
<p>6 – Partieel funderingsherstel pand E, later volgen resp. F, G, H, I, J</p>	<p>Herstelvariant 6 Partieel funderingsherstel pand E later volgen resp. F, G, H, I, J</p> 	<p>€ 299.000,-</p>	<p>€ 62.979,- (F)</p>	<p>R) Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden D en F. R) Eigenaar D en F spannen mogelijk een rechtzaak aan tegen eigenaar E. R) Als eigenaar F besluit ook te gaan herstellen, na verloop van tijd, verplaatst het probleem van het scharnierpand zich naar pand G. Enz.</p>
<p>7 – Sloop en nieuwbouw pand E</p>	<p>Herstelvariant 7 Sloop en nieuwbouw pand E</p> 	<p>€ 362.400,- (prijs is incl. nieuw pand)</p>	<p>€ 362.400,- (E)</p>	<p>R) Kans op schade door het inbrengen van nieuwe fundering direct naast bestaande kwalitatief slechte fundering. R) Pand D en F gaan mogelijk licht scharnieren. K) Waardevermeerdering pand E, deze wordt op nieuwbouw-niveau gebouwd K) Mogelijkheid om pand E in hoogte en diepte uit te breiden</p>
<p>8A – Sloop pand E Grond wordt verkocht</p>	<p>Herstelvariant 8 Sloop pand E</p> 	<p>€ 267.300,- (prijs is incl. nieuwe woning elders)</p>	<p>€ 267.300,- (E)</p>	<p>R) Weerstand van eigenaar E K) Mogelijkheid tot uitbreiden van kavel of woning voor pand D en F</p>
<p>8B – Sloop pand E Grond wordt niet verkocht</p>		<p>€ 315.000,- (prijs is incl. nieuwe woning elders)</p>	<p>€ 315.000,- (E)</p>	<p>R) Weerstand van eigenaar E</p>

Bijlage G.5

Uitwerking Case-study 2: Overzicht beoordeling herstelvarianten

Bijlage G5

Herstelvariant	Totale investering	Technische kwaliteit van de oplossing (5=goed tot 1=slecht) Afhankelijk van risico's op funderingsproblemen in toekomst	Maatschappelijke kwaliteit van de oplossing (5=goed tot 1=slecht) Afhankelijk van weerstand van de bewoners en maximale investeringskosten voor een individuele pandeigenaar			Hinder en overlast (1=groot, 3=midden, 5=klein)	Oordeel (5=goed tot 1=slecht) <i>Gewogen gemiddelde = ((techn. kw. *4)+(maatsch. kw. *2) + (hinder en overlast. *1))/7)</i>
			Te verwachten weerstand van pandeigenaren	Maximale investeringskosten voor een individuele pandeigenaar	Gemiddeld oordeel maatschappelijke kwaliteit		
1A - Volledig funderingsherstel – Nieuwe palen, nieuwe vloer	€ 721.000,-	5 – Goed	2 Matig	3 Redelijk € 72.100,- (A t/m J)	2.5	1 – Groot 10 panden betrokken bij ingreep	3.7
1B Volledig funderingsherstel – Voorspanbalken	€ 617.000,-	5 - Goed	2 Matig	3 Redelijk € 61.700,- (A t/m J)	2.5	1 – Groot 10 panden betrokken bij ingreep	3.7
2A - Partieel funderingsherstel zonder maatregelen – Nieuwe palen, nieuwe vloer	€ 360.700,-	3 – Redelijk Zakkingssnelheid A t/m D niet weggenomen Pand E mogelijk weer scharnieren	3 Redelijk	3 Redelijk € 65.580,- (F t/m J)	3	3– Midden 6 panden betrokken bij ingreep	3
2B - Partieel funderingsherstel zonder maatregelen – Voorspanbalken	€ 308.500,-	3 – Redelijk Zakkingssnelheid A t/m D niet weggenomen Pand E mogelijk weer scharnieren	3 Redelijk	4 Redelijk goed € 56.090,- (F t/m J)	3.5	3– Midden 6 panden betrokken bij ingreep	3.1
3 – Partieel funderingsherstel, met maatregelen	€ 455.900,-	4 – Redelijk goed Pand D mogelijk licht scharnieren Zakkingssnelheid A t/m D niet weggenomen	3 Redelijk	2 Matig € 95.150,- (E)	2.5	3– Midden 6 panden betrokken bij ingreep	3.4
4 – Partieel funderingsherstel met maatregelen, pand E	€ 71.150,-	3– Redelijk Pand E blijft mogelijk scharnierpand Pand F mogelijk licht scharnieren Zakkingssnelheid van bouwmuren niet weggenomen	5 Goed	3 Redelijk € 71.150,- (E)	4	3 – midden 1 pand betrokken bij ingreep, maar grote ingreep, door plaatsen nieuwe bouwmuur	3.3
5A – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E Nieuwe palen, nieuwe vloer	€ 85.300,-	1 – Slecht Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden	4 Redelijk goed	4 Redelijk goed € 42.650,- (E)	4	2 – Klein – Midden 3 panden betrokken bij ingreep	2
5B – Partieel funderingsherstel zonder maatregelen, pand E Voorspanstelsysteem	€ 81.300,-	1 – Slecht Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden	4 Redelijk goed	4 Redelijk goed € 40.650,- (E)	4	2 – Klein – Midden 3 panden betrokken bij ingreep	2
6 – Partieel funderingsherstel pand E, later volgen resp. F, G, H, I, J	€ 299.000,-	1 – Slecht Het probleem van het scharnierpand wordt verplaatst naar naastgelegen panden. Pas als er schade optreedt, wordt er hersteld.	3 Redelijk	3 Redelijk € 62.980,- (F)	3	3 – Midden Per ingreep 1 pand betrokken, maar gedurende langere periode meerdere panden	1.9
7 – Sloop en nieuwbouw pand E	€ 362.400,- (prijs is incl. nieuw pand)	4 – Redelijk goed Pand D en F mogelijk licht scharnieren	5 Goed	1 Slecht € 360.400,- (E)	3	3 – Midden 1 pand betrokken bij ingreep, maar gedurende langere periode, veel overlast (2xverhuizen)	3.6
8A– Sloop pand E Grond wordt verkocht	€ 267.300,- (prijs is incl. nieuwe woning elders)	4,5 – Redelijk goed – Goed Zakkingssnelheid van pand A t/m D en pand F t/m J niet weg genomen	5 Goed	1 Slecht € 267.300,- (E)	3	3 – Midden 1 pand betrokken bij ingreep, maar moet verhuizen	3.9
8B – Sloop pand E Grond wordt niet verkocht	€ 315.000,- (prijs is incl. nieuwe woning elders)	4,5 – Redelijk goed – Goed Zakkingssnelheid van pand A t/m D en pand F t/m J niet weg genomen	5 Goed	1 Slecht € 315.000,- (E)	3	3 – Midden 1 pand betrokken bij ingreep, maar moet verhuizen	3.9

Bijlage H

Definitieve Richtlijn Partieel Funderingsherstel

Richtlijn Partieel Funderingsherstel

Richtlijn voor het bepalen van de te herstellen eenheid voor woningblokken
met funderingsschade

Inhoud

1. Inleiding	2
2. Gebruik	2
3. Doel	2
4. Toepassingsgebied	2
5. Normatieve verwijzingen	2
6. Termen en definities	3
7. Uitgangspunten aanpak	6
8. Aanpak	7
9. Referenties	21

1 Inleiding

Funderingsherstel van woningblokken is een technisch lastige opgave. Door de constructieve samenhang van de woningen heeft funderingsherstel van de ene woning invloed op de naastgelegen panden. Dit heeft er toe geleid dat tegenwoordig in veel gevallen funderingsherstel per bouweenheid wordt aangepakt. Het ontstaan van scharnierpanden op overgangen tussen wel en niet herstelde panden wordt zo voorkomen. Nadeel van deze methode is dat niet alleen de woningen met funderingsschade worden aangepakt, maar ook de woningen die op dat moment nog geen schade ondervinden ten gevolge van funderingsproblemen.

Partieel funderingsherstel wordt in veel gevallen afgeraden, om de kans op schade aan naastgelegen panden te voorkomen. Maar er zijn situaties waarin partieel funderingsherstel een goede oplossing is.

In deze richtlijn worden handvaten gegeven om te beoordelen of in een specifieke situatie partieel funderingsherstel een mogelijke oplossing is. Er wordt een methode aangereikt om de hersteleenheid te bepalen in geval van woningblokken met funderingsschade.

2 Gebruik

Deze richtlijn zal in de praktijk gebruikt worden door funderingsonderzoekers en –adviseurs om te bepalen wat de hersteleenheid is binnen woningblokken met funderingsschade. Deze richtlijn kan gebruikt worden als aanvulling op de richtlijn ‘Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen’ [F3O, 2011].

3 Doel

Het doel van deze richtlijn is het geven van handvaten om te bepalen wat de te herstellen eenheid is in geval van woningblokken met funderingsschade.

4 Toepassingsgebied

De richtlijn richt zich op woningblokken met funderingsschade. Hier volgt een nadere specificatie van het toepassingsgebied van de richtlijn:

- Onder woningblokken wordt hier verstaan: een aaneenschakeling van 2 of meer woningen, die constructief met elkaar verbonden zijn. Een woningblok kan uit meerdere bouweenheden bestaan.
- De richtlijn is geldig voor woningen gebouwd op houten paalfunderingen.
- De richtlijn is alleen geldig voor woningen met een draagconstructie van constructief metselwerk.
- De richtlijn is alleen geldig voor laagbouw woningen. Dat wil zeggen de woningen hebben ≥ 1 en ≤ 3 verdiepingen. Gebouwen met >3 verdiepingen worden hier als middelhoog- en hoogbouw beschouwd.

5 Normatieve verwijzingen

De volgende documenten waar in de tekst naar wordt verwezen, zijn essentieel voor de toepassing van dit document:

Bouwbesluit (2003), *Artikel 2 Algemene voorschriften uit het oogpunt van veiligheid, afdeling 2.1 Algemene sterkte van een bouwconstructie – bestaande bouw.*

Eurocode 7, Geotechnisch ontwerp - deel 1: Algemene regels.

NEN 6743-1 *Geotechniek, Berekeningsmethoden voor funderingen op palen – drukpalen*, november 2006.

Organisatie Onafhankelijk Onderzoek Funderingen, F3O (2011), *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen*, Versie 1 - 18 januari 2011.

6 Termen en definities

6.1 Termen

Bouweenheid of bouwkundige eenheid

Groep panden, die tegelijkertijd zijn gebouwd volgens een gezamenlijk ontwerp. De groep is constructief onlosmakelijk aan elkaar verbonden en heeft gewoonlijk dezelfde fundering. Ingebinte panden behoren per definitie niet tot de bouweenheid waarbij zij zijn ingebint. Wordt ook wel bouwkundige eenheid of bouwstroom en soms bouwblok genoemd.

Funderingsschade

De (waarneembare) vertoning van een gebrek of mankement aan een fundering, leidend tot een verminderde vertoning en/of een minder functioneren van de fundering, en evt. ook leidend tot een minder functioneren van de bovengrondse constructie. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie schadecategorieën:

- Esthetische schade (ook wel: architectonische schade)
De vertoning van een gebrek dat, in eerste instantie, geen functionele of constructieve gevolgen met zich mee brengt voor de prestatie van een gebouw. De gebreken uiten zich in een mindere vertoning.
- Functionele schade
De vertoning van een gebrek dat leidt tot een verminderde prestatie van het bouwwerk. De bruikbaarheidsgrenstoestand van een gebouw wordt overschreden. Dit betekent dat een gebouw niet meer voldoet aan de eisen voor vooropgesteld gebruik.
- Constructieve schade
De vertoning van een gebrek, leidend tot een verminderde prestatie van de constructie van een gebouw. Dit kan zijn dat de constructie niet meer voldoet aan de sterkte, stijfheids- en/of stabiliteitseisen.

Grondwaterdekking

Maat voor het hoogteverschil tussen de bovenkant van het funderingshout en de freatische grondwaterstand. Het funderingshout bevindt zich bij een positieve grondwaterdekking onder het grondwaterpeil.

Handhavingstermijn

Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee handhavingstermijnen: verwachte en gewenste handhavingstermijn:

Verwachte handhavingstermijn

De periode waarbinnen de fundering op de huidige wijze bij gelijkblijvende omstandigheden zal blijven functioneren zonder dat herstel maatregelen nodig zijn (=restlevensduur).

Gewenste handhavingstermijn

Periode waarbinnen geen schade mag optreden aan het betreffende pand en aan naastgelegen panden als gevolg van funderingsproblemen.

Hersteleenheid

Het deel van de woningen uit een woningblok of binnen een bouweenheid waarvan de fundering hersteld moet worden. In geval van partieel funderingsherstel is per definitie de bouweenheid niet gelijk aan de hersteleenheid.

Hogging

Engelse term voor: opwaartse buigingsvorm



Figuur 1 Hogging

Lintvoegwaterpassing

Meting van de hoogte van een lintvoeg. Men gaat ervan uit dat een lintvoeg bij aanleg zuiver horizontaal is.

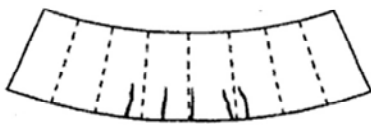
Partieel funderingsherstel

In deze context wordt onder partieel funderingsherstel verstaan: Funderingsherstel waarbij van slechts enkele woningen binnen een bouweenheid de fundering wordt hersteld.

NB. Er wordt hier niet gesproken van partieel funderingsherstel in die zin dat er binnen een woning een gedeelte van de fundering wordt hersteld en een gedeelte niet. Dat is bijvoorbeeld het geval als binnen een woning alleen aan de straatzijde funderingsherstel plaats vindt en aan de achterzijde van de woning niet.

Sagging

Engelse term voor: neerwaartse buigingsvorm



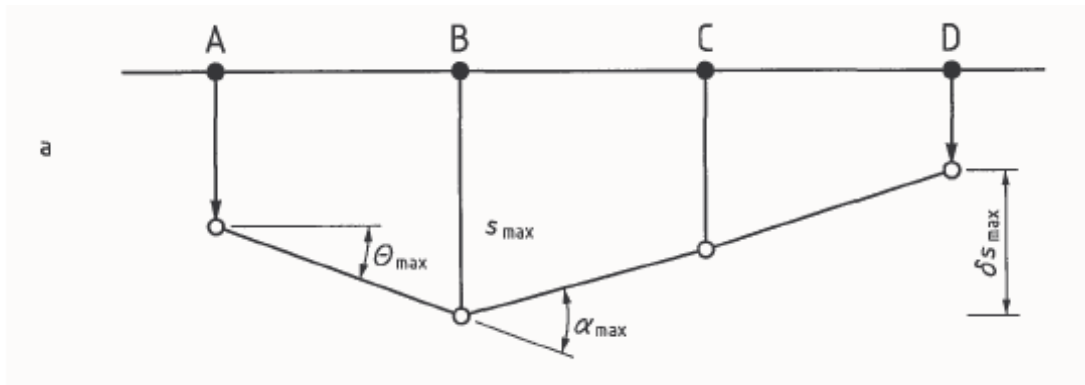
Figuur 2 Sagging

Scharnierpand

Pand waarbij tussen de belendende panden of bouweenheden aan weerszijden van dit pand een zettingsverschil aanwezig is of zal optreden. Hierdoor vertoont het pand een scheefstand ten opzichte van de horizontaal (of zal dit in de toekomst gaan vertonen).

6.2 Definities

Definities volgens Eurocode 7 [Eurocode 7, deel 1]:



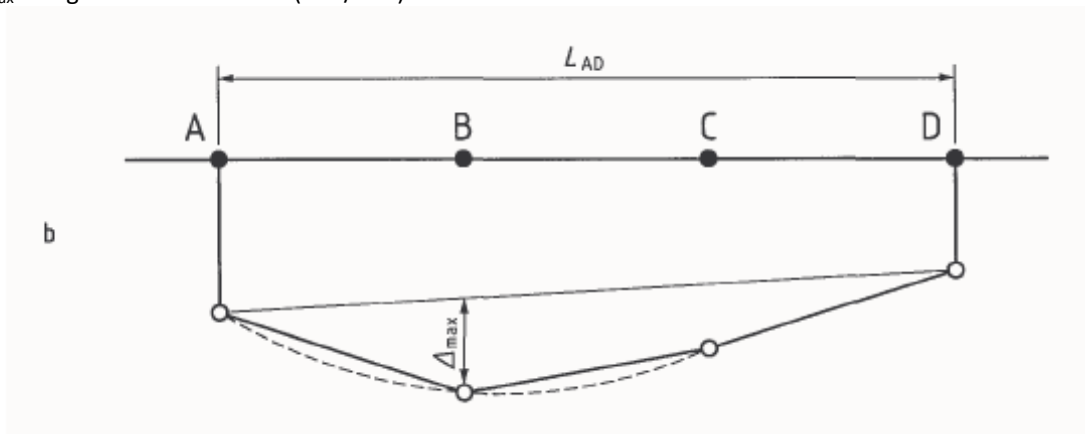
Figuur 3 Weergave parameters zetting, relatieve zetting, hoekverdraaiing en rotatie

s = settlement = zetting (mm)

δs_{\max} = differential settlement = relatieve zetting (mm)

α_{\max} = rotation = hoekverdraaiing (mm/mm)

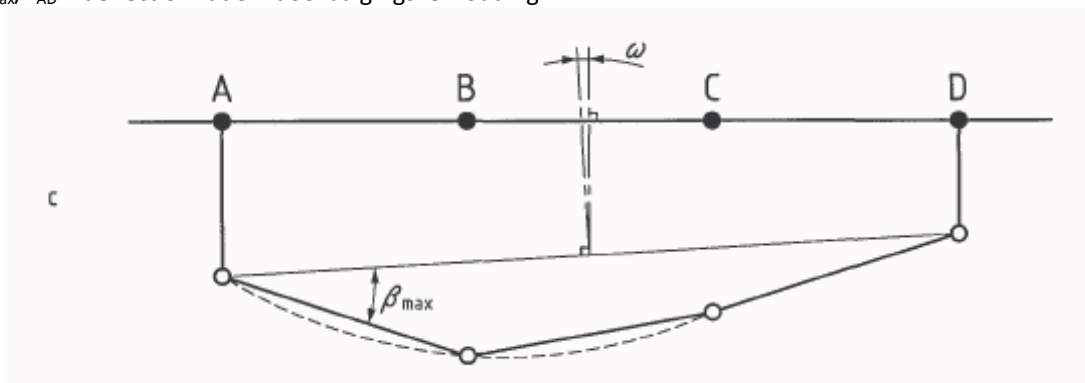
θ_{\max} = angular strain = rotatie (mm/mm)



Figuur 4 Weergave parameters doorbuiging en doorbuigingsverhouding

Δ = deflection = doorbuiging

Δ_{\max}/L_{AD} = deflection ratio = doorbuigingsverhouding



Figuur 5 Weergave parameters scheefstand en relatieve rotatie

ω = tilt = scheefstand ($^{\circ}$)

β = relative rotation (angular distortion) = relatieve rotatie ($^{\circ}$)

7 Uitgangspunten aanpak

Hierna wordt een aanpak aangereikt om de funderingshersteleenheid te bepalen voor woningblokken met funderingsproblemen. Deze heeft als doel dat partieel funderingsherstel kan worden toegepast, zonder dat daarbij in gedurende een vooraf gekozen aantal jaren in de toekomst schade ontstaat aan naastgelegen panden, die constructief verbonden zijn met de funderingshersteleenheid.

Allereerst worden de uitgangspunten van de methode genoemd:

- Er moet van elke woning uit het woningblok aangetoond worden wat de kwaliteit van de fundering is;
- Alle panden met funderingsschade moeten hersteld worden;
- Woningen waarvan de fundering nog in goede staat verkeert, hoeven niet aangepakt te worden;
- Er moet rekening gehouden worden met de toekomstsituatie, d.w.z. met de gevolgen van het herstel voor de buurpanden. Binnen een periode van X jaar mag er geen schade ontstaan aan de buurpanden. Waarbij X afhankelijk is van het gemeentelijk beleid.

Schadecategorieën

In deze richtlijn wordt onderscheid gemaakt tussen drie vormen van schade: esthetische, functionele en constructieve schade:

- **Esthetische schade (ook wel: architectonische schade)**
De vertoning van een gebrek dat, in eerste instantie, geen functionele of constructieve gevolgen met zich mee brengt voor de prestatie van een gebouw. Bij deze vorm van schade wordt alleen het uiterlijk van het gebouw negatief beïnvloed.
- **Functionele schade**
De vertoning van een gebrek dat leidt tot een verminderde prestatie van het bouwwerk. De bruikbaarheidsgrenstoestand van een gebouw, zoals gedefinieerd in NEN 6702, wordt overschreden. Dit betekent dat een gebouw niet meer voldoet aan de eisen voor vooropgesteld gebruik [NEN 6702, 2007].
- **Constructieve schade**
De vertoning van een gebrek, leidend tot een verminderde prestatie van de constructie van een gebouw. Dit kan zijn dat de constructie niet meer voldoet aan de sterkte, stijfheids- en/of stabiliteitseisen. In NEN 6702 wordt hiervoor het begrip: uiterste grenstoestand gebruikt. De uiterste grenstoestand is: de grenstoestand die wordt gebruikt voor de toetsing van de constructieve veiligheid [NEN 6702, 2007]. Als deze wordt overschreden, is de constructieve veiligheid niet langer gegarandeerd.

Er worden grenswaarden gegeven, behorend bij de verschillende schadecategorieën. Geadviseerd wordt om voor partieel funderingsherstel van woningblokken de grenswaarden voor functionele schade te hanteren. In sommige gevallen wordt er gekozen de grenswaarden voor esthetische schade aan te houden, bijvoorbeeld bij monumenten. Ook voor situaties waarbij als gevolg van de realisering van een project (bijvoorbeeld een tunnel) kans is op schade aan panden in de nabije omgeving, worden soms strengere eisen gesteld.

Gewenste handhavingstermijn

Afhankelijk van het gemeentelijk beleid zal er een periode gelden, waarbinnen geen schade aan panden mag optreden ten gevolge van funderingsproblemen en -herstelwerkzaamheden. Dit wordt de gewenste handhavingstermijn genoemd. Geadviseerd wordt om voor deze periode 30 jaar aan te houden omdat dit voor veel woningeigenaren een belangrijke financiële periode is.

8 Aanpak

8.1 Draagkrachtproblemen

Dit hoofdstuk beschrijft een methode om partieel funderingsherstel toe te passen, waarbij wordt voorkomen dat er binnen een periode van X jaar schade ontstaat aan de panden op de overgang tussen wel en niet herstelde funderingen als gevolg van draagkrachtproblemen.

8.1.1 Aanpak grenzen funderingsherstel

De aanpak voor het bepalen van de grenzen van de funderingshersteleenheid, waarbij schade aan de panden op het overgangsgebied wordt voorkomen, is gebaseerd op de toelaatbare scheefstand en vervorming van het metselwerk, uitgedrukt in de parameters scheefstand (ω), relatieve rotatie (β), doorbuigingsverhouding (Δ/L). De toelaatbare scheefstand, relatieve rotatie en doorbuiging mogen gedurende een periode van X jaar niet overschreden worden. Deze periode wordt de gewenste handhavingstermijn genoemd en is afhankelijk van het gemeentelijk beleid.

De grenzen van de te herstellen eenheid komen daar te liggen, waar uit het opstellen van de prognose blijkt dat, de scheefstand van, de doorbuiging van en de toelaatbare rotatie in het metselwerk na herstel niet meer worden overschreden gedurende de gewenste handhavingstermijn van X jaar.

De toekomstige vervorming van de panden moet bepaald worden uit een serie metingen, zoals omschreven in de richtlijn *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen [F30, 2011]*. Voor het herstel van funderingen met draagkrachtproblemen, is het essentieel om de zakkingsnelheid te kennen. Deze moet bepaald worden aan de hand van meetbouten en een waterpasinstrument. Een metingenreeks van 2 à 3 jaar met een meetinterval van 0,5 jaar geeft een betrouwbaar beeld van de zakkingsnelheid.

Er wordt bij draagkrachtproblemen onderscheid gemaakt tussen twee vervormingen die kunnen optreden in het metselwerk: afschuifvervorming en buigingsvervorming.



Figuur 6 Afschuifvervorming

Afschuifvervorming, inpandige bouwmuren blijven recht

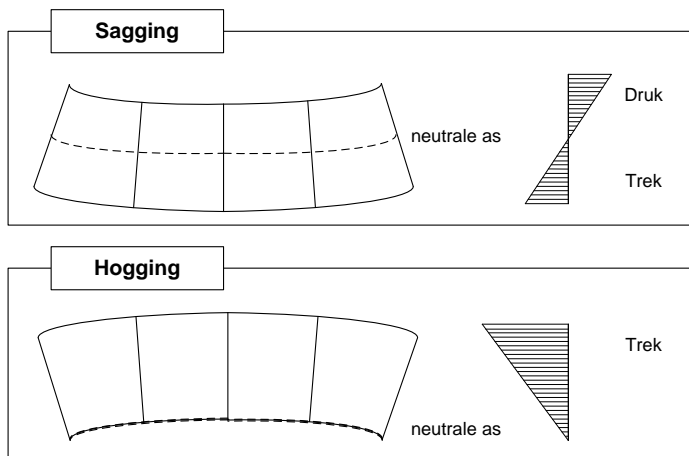


Figuur 7 Buigingsvervorming

Buigingsvervorming, scheefstand inpandige bouwmuren

Bijlage H

In geval van buigingsvervorming wordt nog onderscheid gemaakt tussen sagging en hogging. Voor hogging gelden strengere eisen dan voor sagging.



Figuur 8 Boven: sagging, Onder: hogging

In de hierna volgende paragraaf zullen grenswaarden worden gegeven voor de toelaatbare vervormingen van de bovengrondse constructie, afhankelijk van de buigingsvorm.

Opmerkingen

De grenswaarden zijn alleen geldig als na partieel funderingsherstel ook de constructieve samenhang van het gevelmetselwerk en de bouwmuren volledig wordt hersteld.

Naast de bovengrondse vervorming moet ook de restlevensduur en draagkracht van het funderingshout worden getoetst. Hiervoor wordt verwezen naar paragraaf 8.2.

8.1.2 Grenswaarden

Afschuifvervorming

Dit is de vervorming die in de praktijk bij woningblokken regelmatig voorkomt. Bij deze buigingsvorm blijven de inpandige bouwmuren rechtstaan, maar verzakken ten opzichte van elkaar.



Figuur 9 Afschuifvervorming

Toelaatbare rotatie (β) - Zie figuur 5 p.5

Esthetische eis

In bijzondere gevallen, bijvoorbeeld voor monumenten, of onder uitzonderlijke omstandigheden, zal de eis zijn dat er helemaal geen schade als gevolg van funderingsproblemen mag optreden in de gevels. Een rotatie (β) kleiner of gelijk aan 1/500 is in deze situatie een veilige benadering.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

De te verwachten rotatie (β) mag in een periode van X jaar niet groter zijn dan 1/300.

Constructieve eis

Een rotatie (β) van 1/150 leidt in geval van neerwaartse buiging tot constructieve schade. Deze rotatie moet voorkomen worden, om de constructieve veiligheid te blijven garanderen.

Toelaatbare doorbuigingsverhouding (Δ/L) – Zie figuur 4 p.5

Voor de toelaatbare doorbuigingsverhouding wordt in de literatuur alleen een grenswaarde gegeven voor functionele schade.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

Voor de te verwachten doorbuigingsverhouding Δ/L geldt dat deze in een periode van X jaar niet groter mag zijn dan:

$$\begin{aligned} \Delta/L &\leq 1/2500 \text{ als } L/H=1; \\ \Delta/L &\leq 1/1250 \text{ als } L/H=5. \end{aligned}$$

Waarbij: L = Lengte-afstand tussen bouwmuren waartussen de doorbuiging optreedt
H=Hoogte van het pand
 Δ =Doorbuiging

Toelaatbare scheefstand (ω) – Zie figuur 5 p.5

Door zakkingsverschillen tussen bouwmuren komen woningen scheef te staan. Een bepaalde mate van scheefstand is acceptabel. De scheefstand mag de functionaliteit van de woning niet beïnvloeden. Daarnaast moet de constructieve veiligheid van een woning gewaarborgd blijven. Voor deze twee situaties worden grenswaarden gesteld. Deze grenswaarden mogen binnen de gewenste handhavingstermijn niet overschreden worden.

Functionele eis

Vanuit het gebruikersperspectief mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde 1/300 niet overschrijden.

Constructieve eis

Vanuit het oogpunt van constructieve veiligheid mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde 1/100 niet overschrijden.

Zakkingssnelheidsverschil tussen bouwmuren

Deze eisen voor de toelaatbare scheefstand van een gebouw leiden ertoe dat er grenzen aan het verschil in zakkingssnelheid tussen twee opeenvolgende bouwmuren worden gesteld.

In de tabel wordt afhankelijk van de breedte van de woning het maximale zakkingssnelheidsverschil tussen twee bouwmuren gegeven voor verschillende periodes waarbinnen geen schade mag ontstaan op overgangen tussen wel en niet herstelde panden. Daarbij uitgaande van een maximale bijkomende rotatie van 1/300.

Uitgaande dat de zakkingssnelheid van de herstelde fundering gelijk is aan 0 mm/jaar, kunnen de waarden in de tabel ook gelezen worden als maximale zakkingssnelheden.

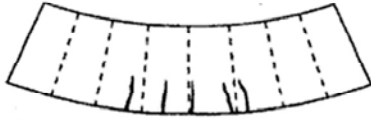
Tabel 1 Eisen zakkingssnelheidsverschil tussen bouwmuur, bij scheefstand $\leq 1/300$

Breedte woning (m)	Max. zakkingverschil tussen twee bouwmuren na X jaar (mm)	Max. zakkingssnelheidsverschil tussen twee bouwmuren, geen schade binnen een periode van X jaar. Op grond van scheefstand $\leq 1/300$. (mm/jr)				
		15 jaar	20 jaar	25 jaar	30 jaar	50 jaar
4	13.3	0.4	0.7	0.5	0.4	0.3
4.5	15	1.00	0.8	0.6	0.5	0.3
5	16.7	1.13	0.8	0.7	0.6	0.3
5.5	18.3	1.2	0.9	0.7	0.6	0.4
6	20	1.3	1.0	0.8	0.7	0.4
6.5	21.7	1.5	1.1	0.9	0.7	0.4
7	23.3	1.5	1.2	0.9	0.8	0.5

Er wordt geadviseerd om voor de gewenste handhavingstermijn 30 jaar aan te houden, maar gemeentes kunnen hier van afwijken.

Buigingsvervorming – Sagging

Sagging ontstaat als gevolg van een zakkingsnelheidsverschil tussen bouwmuren binnen een woningblok. De bouwmuren verzakken niet alleen ten opzichte van elkaar, maar kantelen ook. Aan de onderzijde van de woningen zullen in het metselwerk de grootste trekspanningen ontstaan. Dit is de plek waar kans is op scheurvorming.



Figuur 10 Buigingsvervorming - Sagging

Voor de buigingsvorm sagging gelden dezelfde eisen als voor de hiervoor genoemde afschuifvervorming. Het verschil tussen beide vervormingen is dat bij afschuifvervorming in veel gevallen β het maatgevende criterium zal zijn. Voor sagging zal Δ/L in veel gevallen het maatgevende criterium zijn. De constructie echter moet aan beide eisen voldoen.

Toelaatbare rotatie (β)- Zie figuur 5 p.5

Esthetische eis

In bijzondere gevallen, bijvoorbeeld voor monumenten, of onder uitzonderlijke omstandigheden, zal de eis zijn dat er helemaal geen schade als gevolg van funderingsproblemen mag optreden in de gevels. Een rotatie (β) kleiner of gelijk aan 1/500 is in deze situatie een veilige benadering.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

De te verwachten rotatie (β) mag in een periode van X jaar niet groter zijn dan 1/300.

Constructieve eis

Een rotatie (β) van 1/150 leidt in geval van neerwaartse buiging tot constructieve schade. Deze rotatie moet voorkomen worden, om de constructieve veiligheid te blijven garanderen.

Toelaatbare doorbuigingsverhouding (Δ/L) – Zie figuur 4 p.5

Voor de toelaatbare doorbuigingsverhouding wordt in de literatuur alleen een grenswaarde gegeven voor functionele schade.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

Voor de te verwachten doorbuigingsverhouding Δ/L geldt dat deze in een periode van X jaar niet groter mag zijn dan:

$$\Delta/L \leq 1/2500 \text{ als } L/H=1;$$

$$\Delta/L \leq 1/1250 \text{ als } L/H=5.$$

Waarbij: L = Lengte-afstand tussen bouwmuren waartussen de doorbuiging optreedt

H=Hoogte van het pand

Δ =Doorbuiging

Bijlage H

Toelaatbare scheefstand (ω) – Zie figuur 5 p.5

Voor de toelaatbare scheefstand gelden alleen functionele en constructieve eisen. Zie ook tabel 1 p.10.

Functionele eis

Vanuit het gebruikersperspectief mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde 1/300 niet overschrijden.

Constructieve eis

Vanuit het oogpunt van constructieve veiligheid mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde 1/100 niet overschrijden.

Buigingsvervorming – Hogging

Hogging ontstaat als gevolg van een zakkingsnelheidsverschil tussen bouwmuren binnen een woningblok. Binnen het blok hebben een aantal bouwmuren een lage zakkingsnelheid, terwijl de naastgelegen bouwmuren een grotere zakkingsnelheid hebben. Er ontstaat een opwaartse buigingsvorm, waarbij de trekspanningen met name in de bovenste lagen van het metselwerk optreden. Dit is de plek waar scheurvorming ontstaat.

In de praktijk zal de buigingsvorm hogging niet heel vaak voorkomen, alleen onder uitzonderlijke externe omstandigheden. Bijvoorbeeld als gevolg van bouwwerkzaamheden in de directe omgeving.



Figuur 11 Buigingsvervorming - Hogging

Hogging is een kritischer vorm van buiging dan sagging. Uit verschillende studies [Burland, Wroth, 1975], [Polshin, Tokar, 1975] is gebleken dat er een factor 2 zit tussen de toelaatbare vervorming van het metselwerk onder de buigingsvorm sagging vergeleken met hogging.

Toelaatbare rotatie (β) – Zie figuur 5 p.5

Esthetische eis

In bijzondere gevallen, bijvoorbeeld voor monumenten, of onder uitzonderlijke omstandigheden, zal de eis zijn dat er helemaal geen schade als gevolg van funderingsproblemen mag optreden in de gevels. Een rotatie (β) kleiner of gelijk aan $1/1000$ is in deze situatie een veilige benadering.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

De te verwachten rotatie (β) mag in een periode van X jaar niet groter zijn dan $1/600$.

Constructieve eis

Een rotatie (β) van $1/300$ leidt in geval van neerwaartse buiging tot constructieve schade. Deze rotatie moet voorkomen worden, om de constructieve veiligheid te blijven garanderen.

Toelaatbare doorbuigingsverhouding (Δ/L) – Zie figuur 4 p.5

Voor de toelaatbare doorbuigingsverhouding wordt in de literatuur alleen een grenswaarde gegeven voor functionele schade.

Functionele eis

Vanuit gebruikersperspectief wordt geadviseerd:

Voor de te verwachten doorbuigingsverhouding Δ/L geldt dat deze in een periode van X jaar niet groter mag zijn dan:

$$\Delta/L \leq 1/5000 \text{ als } L/H=1;$$

$$\Delta/L \leq 1/2500 \text{ als } L/H=5.$$

Waarbij: L = Lengte-afstand tussen bouwmuren waartussen de doorbuiging optreedt

H=Hoogte van het pand

Δ =Doorbuiging

Toelaatbare scheefstand (ω) – Zie figuur 5 p.5

Voor de toelaatbare scheefstand gelden alleen functionele en constructieve eisen. Zie ook tabel 1 p.10.

Functionele eis

Vanuit het gebruikersperspectief mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde 1/300 niet overschrijden.

Constructieve eis

Vanuit het oogpunt van constructieve veiligheid mag de scheefstand (ω) van een gebouw gedurende de gewenste handhavingstermijn de grenswaarde 1/100 niet overschrijden.

8.1.3 Uitzonderingen

Indien de onderzoeker aanwijzingen vindt, waaruit blijkt dat de gegeven criteria niet strict genoeg zijn voor de betreffende situatie, dan kan er gekozen worden de criteria zelf af te leiden uit de aanwezige scheurvorming in het metselwerk:

Als er al scheurvorming in het metselwerk aanwezig is, dan kan uit een lintvoegwaterpasmetering afgeleid worden wat de rotatie is, waarbij de scheurvorming is opgetreden. Als blijkt dat scheurvorming optreedt bij een rotatie kleiner dan de hiervoor gegeven waarden, is het van belang de criteria (toelaatbare rotatie) hierop aan te passen. Gebruik deze waarde dan als criterium.

8.1.4 Draagkrachtberekening

Een draagkrachtberekening van de fundering kan een indicatie geven van de omvang van het funderingsprobleem. Als er een functiewijziging of een verbouwing van een pand plaats vindt, kan een draagkrachtberekening een indicatie geven of de bestaande fundering gehandhaafd kan worden of dat er aanvullend draagvermogen nodig is.

In NEN 6743-1 wordt de berekeningsmethode besproken om de draagkracht van funderingspalen te bepalen.

In veel gevallen zullen gegevens ontbreken over de paallengte en de paalpunt diameter, dit leidt er toe dat de berekening moet worden gebaseerd op aannamen, wat de nauwkeurigheid van een dergelijke berekening niet ten goede komt.

8.1.5 Samenvattend draagkrachtproblemen

De volgende regel wordt gehanteerd voor het bepalen van de funderingshersteleenheid in geval van draagkrachtproblemen:

De grenzen van de te herstellen eenheid komen daar te liggen, waar uit het opstellen van de prognose blijkt dat, de scheefstand van, de doorbuiging van en de toelaatbare rotatie in het metselwerk na herstel niet meer worden overschreden gedurende de gewenste handhavingstermijn van X jaar.

Tabel 2 geeft de grenswaarden voor toelaatbare scheefstand, doorbuiging en relatieve rotatie afhankelijk van de buigingsvorm.

Tabel 2 Samenvattend criteria draagkrachtproblemen

	Esthetische eis	Functionele eis	Constructieve eis
Afschuifvervorming			
Relatieve rotatie β (mm/m)	$\leq 1/500$	$\leq 1/300$	$\leq 1/150$
Doorbuigingsverhouding Δ/L (mm/m)	-	L/H=1 eis: $\Delta/L \leq 1/2500$ L/H=5 eis: $\Delta/L \leq 1/1250$	-
Scheefstand ω (mm/m)	-	$\leq 1/300$	$\leq 1/100$
Buigingsvervorming - Sagging			
Relatieve rotatie β (mm/m)	$\leq 1/500$	$\leq 1/300$	$\leq 1/150$
Doorbuigingsverhouding Δ/L (mm/m)	-	L/H=1 eis: $\Delta/L \leq 1/2500$ L/H=5 eis: $\Delta/L \leq 1/1250$	-
Scheefstand ω (mm/m)	-	$\leq 1/300$	$\leq 1/100$
Buigingsvervorming - Hogging			
Relatieve rotatie β (mm/m)	$\leq 1/1000$	$\leq 1/600$	$\leq 1/300$
Doorbuigingsverhouding Δ/L (mm/m)	-	L/H=1 eis $\Delta/L \leq 1/5000$ L/H=5 eis $\Delta/L \leq 1/2500$	-
Scheefstand ω (mm/m)	-	$\leq 1/300$	$\leq 1/100$

Opmerkingen

Als blijkt dat draagkrachtproblemen en houtaantastingsproblemen een rol spelen in de funderingsproblematiek, dan moet op grond van beide beschreven criteria de hersteleenheid bepaald worden. Funderingen onder bouwmuren die aan één van de twee criteria of aan beide criteria niet voldoen, behoren tot de hersteleenheid.

Een draagkrachtberekening kan gemaakt worden om een indicatie te krijgen van de omvang van het funderingsprobleem.

8.2 Aantasting van het funderingshout

In geval van paalrot en in geval van bacteriële aantasting wordt het draagvermogen van de fundering aangetast. In deze paragraaf wordt de aanpak besproken, die gebruikt wordt om de grenzen van de funderingshersteleenheid te bepalen in geval van paalrot en in geval van bacteriële aantasting. Een toetsing van de maximale houtspanningen is daarvoor een veel gebruikte methode.

8.2.1 Grenzen funderingsherstel

Schimmelaantasting treedt op aan de bovenzijde van de paal in tijden van droogstand, terwijl bacteriële aantasting over de gehele lengte van de paal optreedt. Een toetsing van de maximale houtspanning, geeft een indicatie van de restlevensduur van een fundering. De onderzoeker zal moeten vaststellen wat de positie van de maximaal optredende houtspanningen is.

In geval van schimmelaantasting is het waarschijnlijk dat de maximale houtspanningen ter plaatse van de paalkop optreden. In geval van bacteriële aantasting wordt de paal over de gehele lengte aangetast en is het waarschijnlijk dat de maximale houtspanningen lager in de paal optreden.

De grenzen van de hersteleenheid komen daar te liggen, waar de maximaal optredende houtspanningen de toelaatbare houtspanningen niet overschrijden binnen de vastgestelde periode van X jaar (de gewenste handhavingstermijn).

8.2.2 Toetsing maximale houtspanningen

Met de limit-state-functie (1) kunnen de maximale houtspanningen getoetst worden. De spanningen ten gevolge van bovengrondse belasting en negatieve kleeft mogen de toelaatbare houtspanningen niet overschrijden. De toelaatbare houtspanningen zijn, ten gevolge van het aanwezige aantastingsmechanisme, een functie van de tijd. De limit-state-functie:

$$Z(t) = R(t) - S(t) \quad (1)$$

Met:

$Z(t)$ is de grenswaarde of ook wel: de limit state

$R(t)$ is de weerstand (=resistance)

$S(t)$ is de belasting (=solicitation)

De constructie zal niet bezwijken, zolang $Z(t) > 0$.

Bepalen van de belasting $S(t)$

De belasting op de funderingspalen bestaat uit een bovengrondse belasting en negatieve kleeft.

De grootte van de bovengrondse belasting kan bepaald worden op grond van het Bouwbesluit [Bouwbesluit, 2003]. Een aanname die gedaan wordt, is dat de bovengrondse belasting lineair over de funderingspalen wordt verdeeld.

De negatieve kleeft belasting kan bepaald worden met formule (2). Om deze berekening te kunnen maken is een sondering noodzakelijk. [Tol, 1993]

$$F_{s;nk} = O_s * h * K_0 * \sigma_v' * \tan(\delta) \quad (2)$$

Met:

$F_{s;nk}$ Wrijvingskracht ten gevolge van negatieve kleeft

O_s Omtrek van de paalschacht

h Dikte van de laag waarvan de negatieve kleeft wordt berekend

K_0 Neutrale horizontale gronddrukcoëfficiënt

σ_v' Gemiddelde verticale effectieve spanning in de laag waarvoor de negatieve kleeft wordt berekend

δ Wrijvingshoek tussen paal en grond

Of de bijdrage van de negatieve kleeft moet worden meegenomen in de berekening, is afhankelijk van de positie van de maximale houtspanningen in de funderingspaal.

Er wordt verondersteld dat $S(t)$ is constant. Dat wil zeggen: de bovengrondse belasting wijzigt niet. Indien de functie van het bouwwerk verandert of als er bijvoorbeeld een opbouw wordt geplaatst op de woning, zal $S(t)$ wijzigen in de tijd.

Voor bestaande bouw zijn de belastingfactoren gelijk aan 1.0. Dat wil zeggen er is geen veiligheidsmarge in de berekening meegenomen.

Bepalen van de weerstand $R(t)$

Voor het bepalen van de weerstand van de funderingspaal zijn de volgende gegevens noodzakelijk: afmetingen paalkop, restdiameter funderingshout, totale diameter funderingshout, toelaatbare houtspanningen en aantastingssnelheid. In geval dat de maximale houtspanningen optreden ter plaatse van de paalkop wordt de berekening als volgt uitgevoerd:

De afmetingen van de paalkop kunnen opgemeten worden. Met een pylodin wordt de indringing gemeten: de dikte van de zachte schil van het funderingshout. Met deze twee gegevens kan de restdiameter (mm) van het hout bepaald worden. Het nemen van een boorkern kan informatie verschaffen over de sterkte van het kernhout (N/mm^2) en de aantastingssnelheid (mm/jr).

De weerstand wordt bepaald met de functie [Kuilen, 2006]:

$$F_u = f_{c,0} * A_{rem} + f_{c,0,dec} * A_{dec} \quad (3)$$

Met:

F_u	de draagkracht van het hout
$f_{c,0}$	de druksterkte van het hout evenwijdig aan vezelrichting
A_{rem}	de onaangetaste houtoppervlakte (te bepalen met de restdiameter)
$f_{c,0,dec}$	de druksterkte van het aangetaste hout evenwijdig aan vezelrichting
A_{dec}	de oppervlakte van het aangetaste hout

Op deze manier wordt een berekening gemaakt van de reststerkte van het funderingshout. Daarbij kan in twijfel worden getrokken of de laatste term $f_{c,0,dec} * A_{dec}$ mee moet worden genomen in de berekening. Het aangetaste deel van het funderingshout kan namelijk nagenoeg geen constructieve functie meer vervullen. Zonder deze term wordt de vergelijking:

$$F_u = f_{c,0} * A_{rem} \quad (4)$$

Vergelijking (4) is echter nog geen functie van de tijd. Daarvoor moet de aantastingssnelheid van het hout betrokken worden in de functie. Deze kan verkregen worden uit een boorkern. Stichting Hout Research kan op grond van microscopisch onderzoek van de betreffende boorkern de aantastingssnelheid (mm/jaar) van het hout bepalen. Met deze aantastingssnelheid is de weerstand van het hout in de tijd ($R(t)$) te berekenen.

$$F_u(t) = R(t) = f_{c,0} * A_{rem}(t) \quad (5)$$

Waarbij

$$A_{rem}(t) = \pi * r(t)^2 \quad (6)$$

Met:

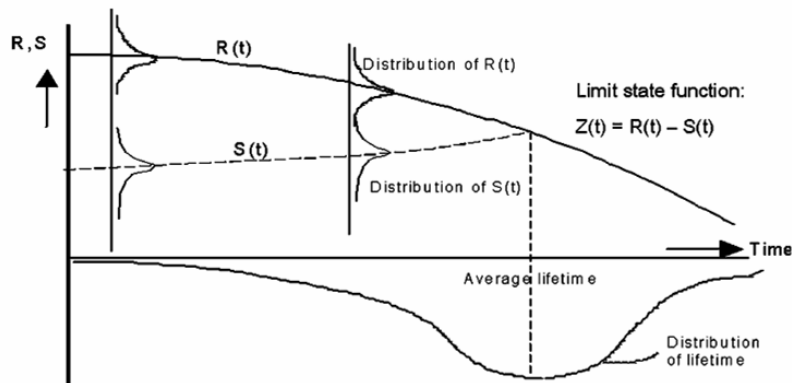
$$r(t) = r_0 - \alpha * t \quad (7)$$

r	straal van funderingshout (mm)
α	aantastingssnelheid in (mm/jaar)
t	tijd (jaren)

In geval van bacteriële aantasting zullen de maximale houtspanningen niet per sé optreden ter plaatse van de paalkop, maar op een andere, lagere, positie in de funderingspaal. De restdiameter van de paal zal dan benaderd moeten worden uit de beschikbare gegevens. Indien de afmetingen van de paal bekend zijn, kan het resterende houtoppervlakte worden bepaald ter hoogte van de maximale houtspanningen. Verondersteld wordt dat bacteriële aantasting over de gehele lengte van de funderingspaal optreedt. Dat betekent dat de dikte van de aangetaste houtschil over de gehele lengte van de paal gelijk is.

Op grond van de belasting en de weerstand in de tijd kan een uitspraak gedaan worden over de restlevensduur van een funderingspaal. Op het moment dat $Z(t) < 0$ wordt de toelaatbare houtspanning overschreden en bezwijkt de funderingspaal.

In onderstaande grafiek [Kuilen, 2006] is e.e.a. weergegeven:



Grafiek 1

Het bepalen van de restlevensduur van een constructie of van een constructieonderdeel op grond van de limit-state functie. Waarbij de levensduur wordt bereikt als de belasting (S =Sollicitance) groter of gelijk is aan de weerstand (R =Resistance).

Funderingsonderzoekers zijn verdeeld over de waarde die gehecht moet worden aan een dergelijke berekening, de nauwkeurigheid is discutabel.

NB1. In geval van dunne grenen houten palen (diameter ≤ 150 mm), waarbij bacteriële aantasting optreedt, wordt aangeraden het funderingsherstel per bouweenheid aan te pakken. Fouten uit het verleden laten zien dat partieel funderingsherstel in deze gevallen geen oplossing biedt.

NB2. Bij een jaarlijkse droogstand van enkele centimeters van het funderingshout hoeft bovengenoemde berekening niet gemaakt te worden.

Geadviseerd wordt dan de fundering te herstellen, dan wel de grondwaterstand te beheersen. Indien gekozen wordt voor het beheersen van de grondwaterstand, kan formule (6) gebruikt worden om het restdraagvermogen van de funderingspalen te bepalen, om te controleren of de sterkte van het hout nog voldoende is.

8.3 Aanvullende bepalingen

8.3.1 Aanvullende maatregelen

Indien partieel funderingsherstel wordt toegepast, kan de technische kwaliteit van de hersteloplossing worden vergroot door het treffen van aanvullende maatregelen: door het loskoppelen van de twee panden op de grens van de funderingshersteleenheid, kunnen de wel- en niet-herstelde panden in de toekomst vrij van elkaar zakken. Het risico op scheefstand van de niet herstelde panden, op de grenzen van de hersteleenheid, kan zo gereduceerd worden.

Rekening moet worden gehouden met:

Het herstelde pand, dat losgekoppeld wordt van het niet herstelde pand, moet worden voorzien van een nieuwe bouwmuur. De consequenties hiervan zijn: extra overlast tijdens de uitvoering, extra kosten en een verlies aan pandbreedte van ongeveer 200 mm.

Per situatie moet worden ingeschat of deze aanvullende maatregel kosten-technisch en ruimtelijk haalbaar is.

8.3.2 Sloop Nieuwbouw

In sommige gevallen zal het mogelijk zijn om de gewenste handhavingstermijn te halen, zonder dat daarvoor funderingsherstel noodzakelijk is. Dit zijn gevallen waar slechts één pand in een bouweenheid een zakkingsverschil tussen twee bouwmuren moet overbruggen, terwijl de andere opeenvolgende bouwmuren een gelijkmatig zakkingsgedrag vertonen.

Er kan gekozen worden om dit scharnierpand, te slopen en er evt. nieuwbouw voor in de plaats te zetten. Door het slopen van het scharnierpand, kunnen de twee overgebleven delen van de bouweenheid vrij van elkaar zakken. Er moet bij deze oplossing wel aangetoond worden dat er binnen de gewenste handhavingstermijn geen ontoelaatbare vervormingen optreden in de overige panden uit de bouweenheid.

8.3.3 Risico's

Aan partieel funderingsherstel zijn een aantal risico's verbonden:

- Door het plaatsen van nieuwe funderingspalen naast bestaande funderingspalen is er een kans dat de bestaande funderingspalen stijver in de grond komen te staan. Gevolg is dat de zakkingsnelheid van deze bestaande palen afneemt. Er kan een klein zakkingsnelheidsverschil ontstaan tussen de bestaande funderingspalen van opeenvolgende bouwmuren.
- Het aanbrengen van nieuwe funderingspalen direct naast een slechte fundering brengt in de bouwfase een zeker risico op schade met zich mee.
- Indien de hersteleenheid niet juist wordt gekozen, is er een kans dat op de overgang tussen panden met de bestaande fundering en panden met een nieuwe fundering, een scharnierpand ontstaat.

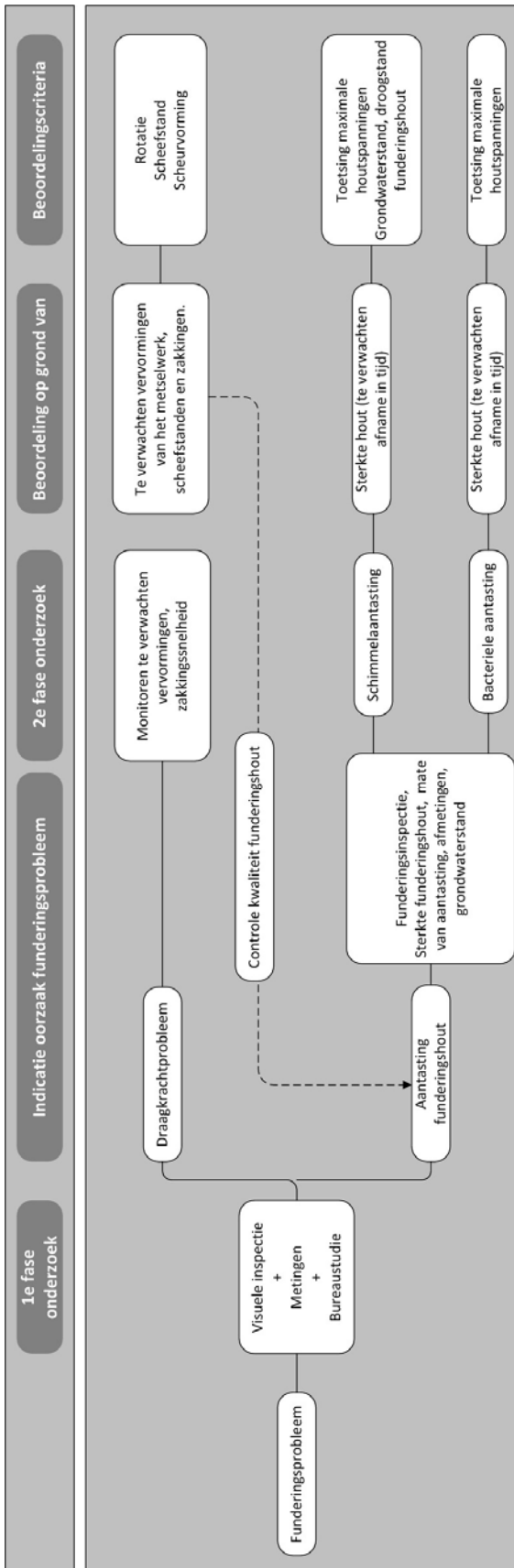
Per situatie moet worden ingeschat hoe groot het risico op schade in de betreffende situatie is. Er moet een afweging worden gemaakt of het risico acceptabel is, voor de investering die er wordt gedaan.

8.3.4 Individuele investeringskosten voor betrokken pandeigenaren

Voor sommige situaties zullen meerdere hersteloplossingen voldoen aan de schadecriteria in deze richtlijn. In deze situaties kan de parameter *de individuele investeringskosten van een pandeigenaar* het doorslaggevende argument geven, om een bepaalde herstelvariant wel of niet te kiezen. Oplossingen met lagere individuele investeringskosten moeten dan worden verkozen boven oplossingen met hogere individuele investeringskosten.

8.4 Samenvatting aanpak funderingsherstel

In onderstaand schema is de aanpak voor het funderingsherstel weergegeven.



Figuur 12 Aanpak funderingsherstel

9 Referenties

Bouwbesluit (2003), *Afdeling 2: Voorschriften uit het oogpunt van veiligheid*.

Burland J.B., Wroth, C.P. (1975), *Settlement of buildings and associated damage*, Building Research Establishment.

Eurocode 7, Geotechnisch ontwerp - deel 1: Algemene regels.

Kuilen, J.W. van der (2006), *Service life modelling of timber structures*, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen TU Delft.

Organisatie Onafhankelijk Onderzoek Funderingen, F3O (2011), *Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen*, Versie 1 - 18 januari 2011.

Polshin, D.E., Tokar, R.A. (1975), *Maximum allowable non-uniform settlement of structures*, 4th International conference of soil mechanics and foundation engineering, Vol.1, p. 402-406.

Skempton, A.W., MacDonald, D.H. (1956), *The allowable settlement of buildings*, Structural and Building Division Meeting.

Tol, A.F. van, (1993), *Funderingstechnieken, ontwerpaspecten*, collegediktaat Civiele Techniek en Geowetenschappen, TU Delft, hoofdstuk 3, p.25.