Tauw

Notitie

Contactpersoon [redacted]
2e lezer [redacted]

Datum 26 november 2020
Kenmerk N001-1275582THI-V03-nja-NL

3 Alternatieven voor behoud van monumentale bomen bij kadewerkzaamheden in Amsterdam

1 Inleiding

Een aantal kades in Amsterdam zijn er dusdanig aan toe dat er op korte termijn werkzaamheden verricht moeten worden om de stabiliteit ervan te waarborgen. Afhankelijk van de locatie en de huidige staat van de kade zijn hier verschillende opties voor. Nabij een aantal van deze kades bevinden zich bomen met een monumentale status of 'parels'. Deze bomen zijn gezien hun grootte extra de moeite waard om te behouden, maar zijn vanwege de leeftijd ook vaak kwetsbaarder dan jongere, kleinere bomen. In deze notitie is gekeken naar wat gedaan kan worden om deze bomen te behouden terwijl de kade weer hersteld kan worden zodat de veiligheid van de kade voor de voorzienbare toekomst weer voldoet.

Doel van de oplossingsrichtingen is dat de boom geen negatieve, lange termijn effecten ondervindt van de kadewerkzaamheden die de levensduur van de boom beïnvloeden. Dit beperkt de mogelijke ingrepen en dus zal deze oplossing niet voor alle kades geschikt zijn. Tevens is in deze notitie van een aantal zeer algemene uitgangspunten uitgegaan maar blijft dit in de praktijk maatwerk en zal per situatie gekeken moeten worden of de in deze notitie beschreven methodes afdoende zijn. Voorbeelden van de algemene uitgangspunten die het ervoor zorgen dat vrijwel ieder geval apart bekeken moet worden zijn; afstand boom tot kade, wortelgroei van de betreffende boom, staat van de kade en wat er dus vernieuwd moet worden.

In hoofdstuk 2 zijn beperkingen op de werkzaamheden voortvloeiend uit het doel om de boom te behouden weergegeven, in hoofdstuk 3 worden de achtergronden van de oplossingsrichtingen toegelicht met een selectie van oplossingsrichting in hoofdstuk 4. Deze keuze is in hoofdstuk 5 indicatief doorgerekend en indicatief afgeprijsd in hoofdstuk 6 (met bijbehorende werkzaamheden). In hoofdstuk 7 is dit document kort samengevat.

Vanwege prioritering van kades die vervangen moeten worden zijn deze als eerste aan beurt. Omdat de in deze notitie beschreven oplossingen daar niet voor van toepassing zijn is dit project afgerond en kan dit later weer opgepakt worden. Voor de terugvindbaarheid zijn daarom alle relevante documenten als bijlage bij deze notitie gevoegd, zoals bijvoorbeeld een separatie uitgangspunten notitie.

2 Beperkingen in werkzaamheden ten gevolge van het doel om de boom te behouden

In dit hoofdstuk zijn een aantal gevolgen van typische werkzaamheden bij kadeconstructies opgedeeld naar bij welk deel van de boom schade optreedt en de gevolgen daarvan. Dit is een kort overzicht, maar een bomen effect analyse (BEA) zit bijgevoegd in Bijlage 4 die een uitgebreider overzicht geeft.

2.1 Wortelschade

Schade aan de dikkere wortels kan leiden tot een nare gevolgen voor de boom. Deze dikkere wortels zijn niet alleen belangrijk voor de stabiliteit en overdracht van krachten van de boom op de ondergrond maar ook belangrijk voor de vochtopnamecapaciteit. Schade aan deze wortels kan leiden tot schimmelaantasting (dit kan met jaren vertraging de boom alsnog fataal worden) maar ook afsterven van een deel van de boom door verlies aan vochtopnamecapaciteit wat dan weer kan leiden tot instabiliteit.

Wortelschade kan ook optreden bij (gedeeltelijk) verwijderen van de kade muur en deze opnieuw metselen. Wortels kunnen namelijk in verloop van tijd in de muur zijn gaan groeien maar ook zullen veel wortels op het grensvlak zitten omdat hier de grond vaak minder verdicht is en er condensatie op grensvlakken kan plaatsvinden. Dit wordt verstoord bij verwijderen en weer aanbrengen van de muur en dit is dus niet wenselijk.

Beperking van wortelgroei kan ook optreden door verdichting bijvoorbeeld door inzet van zwaar materieel of trillingen ten gevolge van het aanbrengen van een damwand in de nabijheid van de boom. De voornaamste reden om geen damwand aan te brengen is echter de benodigde werkhoogte.

2.2 Schade aan de stam

Door inzet van (zwaar) materieel kan de stam tijdens uitvoeringswerkzaamheden beschadigd raken. Dit wordt vaak voorkomen door tijdens de werkzaamheden beschermingsmaatregelen te nemen door onder andere bomen met dikke planken af te schermen.

2.3 Schade aan kroon

Schade aan de kroon kan optreden door werken met hijsmachines en bijvoorbeeld bij het aanbrengen van een damwand.

2.4 Verplaatsing van gehele boom

Hiermee wordt zakken of schuiven bedoeld en dit kan optreden bij ontgravingen of (tijdelijk) verwijderen van de kademuur. Dit risico neemt toe wanneer er dan ook nog werkzaamheden worden uitgevoerd waarbij trillingen op treden.

2.5 Verdroging

Bij bemalingen in de omgeving met verlaging van de grondwaterstand ter plaatse van de boom is het van belang om dit te doen buiten het groeiseizoen (november t/m maart en vaak tot medio april). Tijdens deze periode is de vochtbehoefte van de boom beperkt en het risico op langdurige schade dus gering.

Bij bemalingen in het groeiseizoen of bij blootlegging van de wortels gedurende het hele jaar moet gekeken worden of het nodig is om de boom van extra water te voorzien. Eventueel kan gericht water gegeven worden door middel van injectie en kunnen de wortels afgedekt en vochtig gehouden worden of dit nodig is hangt van de werkzaamheden af.

3 Oplossingrichtingen

De kades kunnen op een aantal manieren hersteld worden. Voor dit project zijn een aantal alternatieven bedacht met in acht neming van de monumentale bomen en parels. Een tijdelijke damwand met bemaling zodat de kademuur tijdelijk weggehaald kan worden en weer opnieuw kan worden opgebouwd is vanuit dit oogpunt al geen optie, de gehele kade vervangen is dus geen optie als de boom behouden moet blijven, gezien de gegeven afstanden van kade tot boom. Bij damwanden is het voornaamste bezwaar de benodigde werkhoogte in verband met bescherming van de kroon van de boom. Wanneer deze afstand groter blijkt dan nu het uitgangspunt is, in het gebied waar de kade vernieuwd dient te worden, betekend dit dat een aantal oorzaken voor schade minder ernstig zijn of geheel wegvallen. In dat geval zijn hele andere uitgangspunten aan de orde dan voor dit document aangenomen zijn.

Dit houdt in dat de in dit document geselecteerde alternatieven voor kadevernieuwingen dus niet overal toepasbaar zijn omdat er van deze minimale afstanden boom/kade is uitgegaan en de daarbij behorende optredende oorzaken van schade. Tevens is er vanuit gegaan dat er enige sterkte in de bestaande kadeconstructie zit en deze niet geheel vervangen hoeft te worden. Op de plekken waar alles echt vervangen moet worden van de kadeconstructie is het met de huidige uitgangspunten (bijvoorbeeld de draagvloer onder de wortelkluit en de afstand van de kade dat de boom staat) niet mogelijk om de boom te behouden.

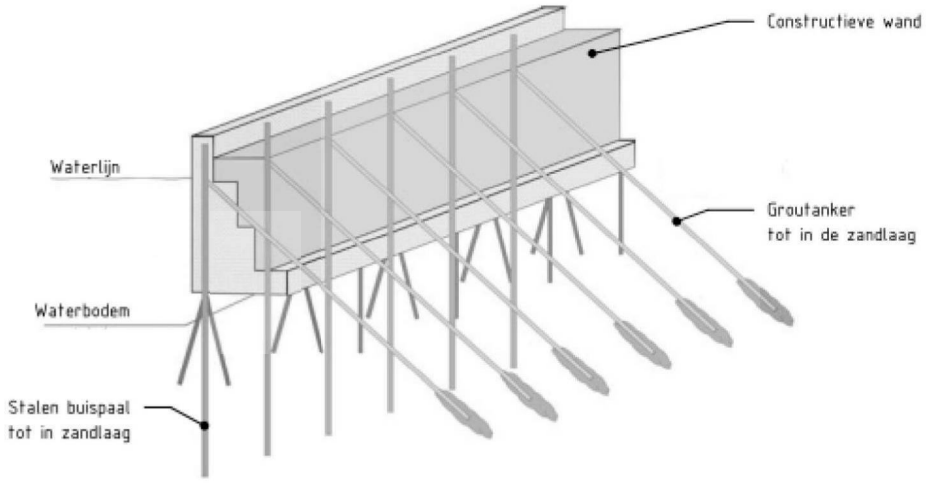
De varianten nemen toe in zwaarte van wat de kade na de werkzaamheden moet kunnen hebben en dit komt tevens overeen met hoe ingrijpend de werkzaamheden zijn. De zwaarste variant is hieronder weergegeven en principe profielen van alle oplossingen zitten in Bijlage 1.

De varianten zijn:
1) Versterking met behulp van geboorde palen
2) Versterking met behulp van ankers
3) Versterking met behulp van geboorde palen en ankers
    a) Naast de palen en ankers tevens een betonnen constructieve wand achter de kademuur
    b) Naast de palen en ankers tevens een stalen gording aangebracht in het metselwerk van de kade

Bij de varianten 1 en 2 is het risico op lange termijn schade aan de boom zo gering dat hier geen maatregelen nodig zijn. Deze varianten 1 en 2 bestaan respectievelijk uit of drukpalen of trekankers en drukpalen en trekankers zonder gording.

In onderstaande figuur is variant 3a weergegeven, variant 3b is vrijwel hetzelfde alleen is de betonwand vervangen door een stalen balk die dienst doet als gording voor het overbrengen van de krachten.

Deze optie is net minder zwaar dan variant 3a maar heeft als voordeel dat er niet ontgraven hoeft te worden waarbij wortels beschadigd kunnen worden maar ook beperkt dit de beschikbare ruimte voor wortelgroei niet.



Figuur 3.1 Variant 3a, met drukpalen, trekankers en betonwand.

Tevens worden zo veel mogelijk werkzaamheden vanaf het water uitgevoerd. Hierbij neemt ook het risico op schade af. Bij de drukpalen kan ook in stukken worden gewerkt zodat de benodigde verticale ruimte beperkt is zodat ook schade aan de kroon van een boom beperkt of niet op zal treden.

3.1 Beperkingen in oplosrichtingen

De volgende beperkingen/uitgangspunten zijn aangehouden bij het ontwerpen van de maatregelen om de bomen te behouden:

- Tijdelijke maatregelen mogen zichtbaar zijn. Langere termijn of permanente oplossingen niet. Verwerken in omgeving is wel mogelijk, als in ondergronds of in vorm van plantenbak of iets dergelijks

3.2 Verdere werkzaamheden

Verder zijn er nog herstelwerkzaamheden aan het voegwerk voorzien met behoud van planten met beschermde status in de voegen en dit met toepassing van een taatskom. Beide zijn groene oplossingen die werkzaamheden minimaliseren of voor behoud van natuur zorgen. De taatskom zorgt ervoor dat er geen damwanden geplaatst hoeven te worden en er ook dus geen bouwkuip aan de buitenzijde bemalen hoeft te worden waarbij grondwaterstand verlagingen in de omgeving kunnen optreden. Voor toepassing van de taatskom is wel nog enige sterkte van het voegwerk en de muur vereist om lekkage door de muur heen de voorkomen.

Op het door de OG aangeleverde principeprofiel is een onderspoeling van de draagvloer weergegeven. Wanneer dit in de praktijk ook aanwezig blijkt te zijn dan kan dit opgelost worden door een schot voor de kade, tegen de kade aan te plaatsen om de ruimte af te sluiten. Vervolgens kan deze ruimte opgevuld worden met een verschillende mengsels van materialen met bijvoorbeeld onderwaterbeton om verdere uitspoeling te voorkomen. Dit opvullen moet afhankelijk van het materiaal tegelijk gebeuren met het leegpompen van de ruimte.

Het vullen van de holte zou goed uitgevoerd kunnen worden nadat de gaten voor de palen geboord zijn en voordat de palen geplaatst worden. Omdat niet de verwachting is dat dit overal speelt en de oplossing ook sterk van de lokale omstandigheden afhangt is dit niet verder uitgewerkt.

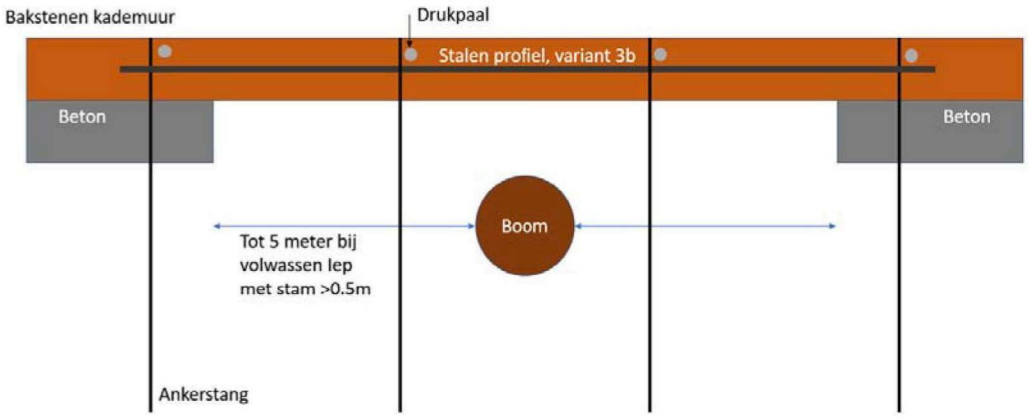
4 Selectie van oplossing

Afhankelijk van de specifieke locatie moet de principeoplossing aangepast worden.
De werkzaamheden zelf zijn al dusdanig ver geoptimaliseerd dat het enige schadelijke element de betonwand bij variant 3a is. De schade die te verwachten is bij aanbrengen van de drukpalen en trekankers is dusdanig dat niet de verwachting is dat de boom hier lange termijn schade van zal ondervinden, wat wel tot schade aan de boom zal leiden is ter plaatse van de boom ontgraven en beton aan brengen. Voor zowel de palen als de ankerstangen geld dat deze dusdanig weinig volume hebben ten plaatse van de wortelkluit dat dit zeer geringe of geen schade tot gevolg zal hebben. In combinatie met grondradar kan de hoek van de ankers ook nog geoptimaliseerd worden om er zeker van te zijn dan de belangrijkste wortels gemist gaan worden.

Bij een iep van 0,50 m doorsnede (monumentale bomen in Amsterdam zijn voornamelijk iepen) kan dit betekenen dat tot op 5 m aan weerzijde van de stam deze variant niet toepasbaar is zonder ernstige schade.

4.1 Alternatief

Wanneer bij de bomen de benodigde zijwaartse afstand wordt bepaald waarop risico vrij of met een aanvaardbaar risico afgegraven kan worden kan een oplossing zoals weergegeven in Figuur 4.1 worden toegepast. Deze afstand hangt af van de wortelkluit van de boom en zal dan ook per boom bepaald moeten worden. Hart op hart van de ankerstangen moet dan op basis van de benodigde geometrie bepaald worden. Maar bij een beperkt aantal ankerstangen in de wortelkluit blijft de schade aan de wortels ook beperkt.



Figuur 4.1 Alternatief 3b voor boombehoud.

Dit zou een haalbaar alternatief moeten zijn, mede omdat er nabij de boom toch niet geparkeerd kan worden wat leidt tot lagere maximale belasting. In een latere fase moet dit nog wel op basis van de benodigde afstand waar geen beton kan komen berekend en verder uitgewerkt worden.

4.2 Aandachtspunten voorafgaand aan de uitvoer

Voor de uitvoer, na bepaling of de methode geschikt dient deze nog toegespitst te worden op de precieze locatie.
Naast inmeten van de specifieke locatie en bepalen wat er precies aan vervanging nodig is en dus de geschiktheid van de voorgestelde oplossingen dient ook de grootte van de wortelkluit en de locatie van de belangrijkste wortels bepaald te worden zodat deze met de ankers zoveel mogelijk gespaard blijven. Hier zijn verschillende methodes voor, 2 voorbeelden zijn de grondrader en afgraven met behulp van het opzuigen van de grond rond de wortels waarbij de laatste methode natuurlijk meer risico's op schade met zich meebrengt.

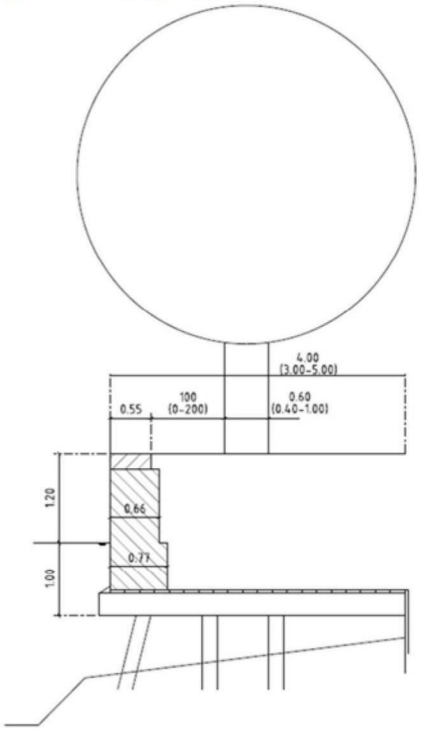
5 Constructie, proof of concept

In overleg met de gemeente Amsterdam is een alternatief geselecteerd en deze is voor zover mogelijk tot op VO niveau uitgewerkt. Hiervoor is een doorsnede doorgerekend ter plaatse van de boom. Het gaat hierbij om een doorsnede van variant 3b. De belangrijkste uitgangspunten komen hier terug maar eerder vastgelegde uitgangspunten staan in de uitgangspuntennotitie in Bijlage 6.

Aandachtspunten hierbij zijn dat:

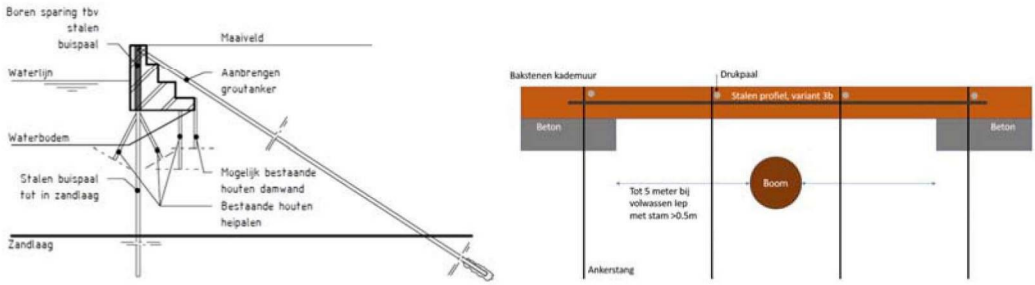
- Vanwege de onzekerheid met betrekking tot de staat van het metselwerk is hier nu niets over bepaald en ook niets wat ermee samenhangend is bepaald. Dit omdat de aannames die nu benodigd zijn voor de berekeningen ervan zo bepalend zijn dat op elke uitkomst gestuurd kan worden, met andere woorden zonder concrete gegevens kan hier nu niets zinnigs over gezegd worden.
- Voor de ankers is nu alleen het type groutanker beschouwd. Wanneer uit erfpachtgrens of andere omstandigheden blijkt dat dit niet kan worden uitgevoerd zijn andere types ankers mogelijk.
- Met betrekking tot uitspoeling en onderloopsheidsscherm zijn er mogelijkheden om dit op te vullen/ verdere uitspoeling tegen te gaan. Deze zijn niet verder uitgewerkt omdat ook hier dusdanig veel uitgangspunten nodig zijn dat dit van weinig toegevoegde waarde is in deze fase van het project.

5.1 Geometrie



Figuur 5.1 Principedoorsnede

De variant die in dit hoofdstuk wordt berekend staat in onderstaand figuur. Dit is een fictieve situatie die voor kan komen. De scope van deze notitie is een studie van deze fictieve situatie. De haalbaarheid van deze oplossing is bepaald op basis van een aangenomen situatie.



Figuur 5.2 Variant 3b zijaanzicht en bovenaanzicht bij boomlocatie

5.2 Belastingen

5.2.1 Permante belastingen

Grondbelasting

Er is geen geotechnische onderzoek beschikbaar, door de opdrachtgever is onderstaande bodemopbouw opgegeven. Er worden geen NAP maten aangegeven in de principedoorsnede. Op basis van de bodemopbouw, is er vanuit gegaan dat de “hollandveenlaag” dieper ligt dan de waterbodem van de principedoorsnede. Dat betekent dat de kademuurconstructie geheel in de “toplaag” zich bevindt. Deze laag is aangenomen voor de berekeningen.

Type	BK	γ_d / γ_n	C	φ	δ	K1	K2	K3
Toplaag	MV	15,0/18,4	0	28	18	4500	2250	1125
Hollandveen	-2,0	2,5/10,5	5	22	0	2000	800	500
Wadafzettingen	-5,0	13,3/17,9	2	27	18	4000	2000	800
Hydrobiaklei	-12,0	9,0/15,2	8	27	18	4200	2100	1050
Basisveen	-12,5	4,2/11,7	6	21	0	1000	500	250
Eerste zandlaag	-13,0	16,8/19,8	0	33	22	28000	14000	7000
Allerod	-15,0	14,4/18,5	3	28	18	13000	6500	3250
Tweede zandlaag	-17,0	15,9/19,0	0	33	22	31000	15500	7750
[-]	m t.o.v. NAP	[kN/m³]	[kN/m²]	[graden]	[graden]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]

In de principedoorsnede is een waterpeil aangegeven op -1,2 m vanaf het maaiveld.
Er wordt aangenomen dat dit ook de waterpeil in de grond is.

De grondbelastingen worden in een excelsheet berekend, zie 5.3.1.

5.2.2 Veranderlijke belastingen

Bovenbelasting
De boom in de principedoorsnede heeft een afstand van 1,4 m vanaf de kademuur. Er wordt aangenomen dat door de boom er geen zware belastingen (of zwaar verkeer) op de kademuur kunnen optreden. Als bovenbelasting wordt qb = 5 kN/m2 aangenomen.

Boombelasting
De boombelasting wordt op basis van handboek “Binnenstedelijke kademuren” SBR/CUR, paragraaf 4.2.4 berekend. Voor de geometrie van de bomen wordt uitgegaan van boomsoort “populier” uit tabel 12 van het handboek. Voor de stamdiameter wordt in plaats van d_s = 0,40 m een d_s = 0,60 m aangenomen zoals in de principedoorsnede wordt aangegeven.

Tabel 1 Indicatieve grootheden per boomsoort

Tabel 12: Indicatieve grootheden per boomsoort		Eik	Linde	Populier
Boomhoogte	h_b	15 m	15 m	20 m
Kroondiameter	d_k	10 m	10 m	10 m
Stamdiameter	d_s	0,4 m	0,4 m	0,4 m
Stamhoogte	h_s	5 m	5 m	5 m
Kroonhoogte	h_k	10 m	10 m	15 m
Eigen gewicht	G	20 kN	15 kN	15 kN

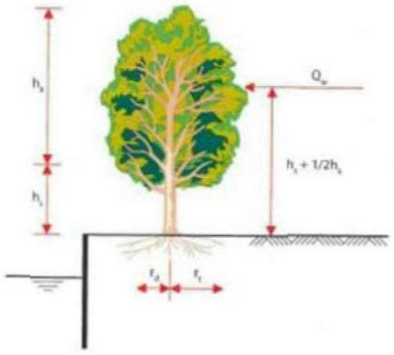
Er wordt aangenomen dat het eigengewicht van de boombeplating gelijkmatig overgedragen wordt door het dragende deel van de wortelstel. Het eigengewicht geeft een cirkelvormige belasting. Voor de schematisering van de doorsnedeberekening wordt de cirkelvormige belasting vervangen door een rechthoekige oppervlak met zijden gelijk aan $b_{EG} = \sqrt{\pi}*(d_k/2)$ = 4,0 m. De kracht wordt ter plaatse van de onderkant van het wortelpakket uitgeoefend op de grond. Er is aangenomen dat deze belasting op een diepte van 1,0 m onder maaiveld uitgeoefend wordt.
$q_{EG} = G/\sqrt{\pi}*(d_k/2) = 15/(\sqrt{\pi}*5)$ = 3,8 kN/m

De windbelasting op de boom wordt als volgt bepaald:

- Windgebied: I, bebouwd (Amsterdam)
- Boomhoogte: h_b= 20 m
- Kroonhoogte: h_k = 15 m
- Kroondiameter: d_k = 10 m
- Stamhoogte: h_s = 5 m

Representatieve windbelasting op boom:
$Q_{w,rep} = c_s c_d * c_f * q_{p(z)} * A_k = 0,3*1,3*0,96*117,8 = 44,1$ kN
$Q_{w,d} = 44,1*1,5 = 66,2$ kN

waar: Constructiefactor: $c_s c_d$ = 0,3 (aangenomen vanuit het handboek)
Krachtcoëfficiënt: c_f = 1,30 (aanname uit NEN-EN-1991-1-4, tabel 7.11)
Frontaal oppervlak kroon: $A_k = \pi * h_k/2 * d_k/2 = \pi*15/2*10/2 = 117,8$ m^2
Stuwdruk (z): $q_{p(z)}$ = 0,96 kN/m^2 (NEN-EN-1991-1-4 NB, tabel NB.5 , z = 15 m)



Figuur 5.3 Schematische windbelasting op boom

Het aangrijpingspunt van de windkracht Q_w ligt halverwege de kroon- en stamhoogte:
$z = h_s + 0,5*h_k = 5 + 0,5*15 = 12,5$ m (vanaf maaiveld)

Deze windbelasting wordt naar de ondergrond overgedragen via een horizontale schuifkracht Q_w en een verticaal koppelmoment M_w. Voor M_w geldt:

$M_{w,rep} = Q_{w,d} * z = 66,2*12,5 = 827,5$ kNm

De windbelasting wordt alleen richting het water aangebracht. Dit is de ongunstigste situatie voor de stabiliteit van de kademuur.

5.2.3 Belastingsfactoren

Voor een gewichtsmuur op basis van de NEN 9997-1, tabel 2.a, worden de belastingen uit de constructie in groep B (A1) ingedeeld en de belastingen via de gronddruk in groep C (A2,overig) ingedeeld. De vastgestelde veiligheidsklasse is RC2/CC2. Voor de belastingsfactoren worden de waardes uit tabel A.3 aangenomen.

Tabel A.3 — Partiële factoren voor belastingen (γ_F) of belastingseffecten (γ_E)

Belasting		Symbool	Combinatie		
			A1	A2	
				Overig	Damwand
Permanent	Ongunstig	γ_G	1,35 [a b c]	1,0	1,0
	Gunstig		0,9	1,0	1,0
Veranderlijk	Ongunstig	γ_Q	1,5 [b]	1,3 [b]	1,1 [b]
	Gunstig		0	0	0

[a] Alleen bij kleine veranderlijke belastingen is deze waarde maatgevend, zie vergelijking (6.10a) in NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011. In de andere gevallen wordt gerekend met $\gamma_G \times \xi$, zie vergelijking (6.10b) in NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011, waarvoor, uitgaande van $\xi = 0{,}89$ geldt $\gamma_G \times \xi = 1{,}2$. Zie ook de nationale bijlage bij NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011.

[b] De hier gegeven waarden gelden voor RC2. Voor RC1 geldt een vermenigvuldigingsfactor van 0,9 en voor RC3 van 1,1. In de kolom damwand geldt dan voor RC1 $\gamma_Q = 1{,}0$ en voor RC3 $\gamma_Q = 1{,}25$.

[c] Bij vloeistofdrukken met een fysiek beperkte waarde mag zijn volstaan met 1,2.

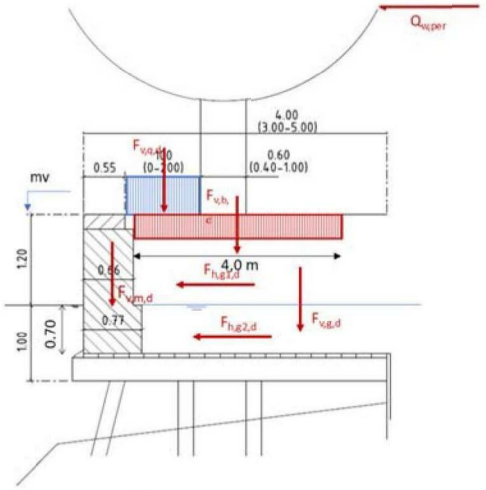
5.3 Toetsingen

In het versterkingsvoorstel wordt een stalen buispaal, groutankers en een stalen gording toegepast. Voor de versterkingsvoorstel wordt aangenomen dat de permanente belastingen door de kademuur worden opgenomen. Alle variabele belastingen zoals horizontale windbelasting en bovenbelasting op maaiveld worden volledig door de groutankers en gording opgenomen. Afhankelijk van de buigstijfheid van de kadeconstructie en de veerstijfheid van de verankering zal de schuifkracht gespreid worden over een aan de hand van de wortelkluit te bepalen breedte. De resulterende belastingen van de kademuur zijn berekend met behulp van een spreadsheet, zie hieronder. Vervolgens wordt de ankerkracht bepaald en het anker getoetst.

5.3.1 Stabiliteit kademuur

Hieronder worden alle belastingen op de kademuur berekend. Er is aangenomen dat de kademuur op de fundering rust en geen verbinding heeft met de houtenvloer en palen. Dit is zeer waarschijnlijk niet het geval, maar deze berekening geeft een inzicht in de belastingen op de kademuur.

1. Gegevens:		
1.1. Geometrie		
Bovenkant wand	0,00	m
Onderkant wand	-1,90	m NAP
Hoogte wand	1,90	m
Breedte kademuur B1	0,55	m
Breedte kademuur B2	0,77	m
Afstand van boom	1,00	m
Lengte L	1,00	m
MV achter wand	0,00	m
diepte wortelkluit	1,00	m
Peil	-1,20	m
Grondwaterstand	-1,20	m NAP
		m NAP
Bovenbelasting	5	kN/m^2



1.2 Partiele materiaalfactoren				RC2
Groep B verticaal	ongunstig	$\gamma_{F,permanent}$	1,35	1,35
	gunstig	$\gamma_{F,permanent}$	0,9	0,9
Groep C horizontaal	ongunstig	$\gamma_{Q,\ veranderlijk}$	1,3	1,3
	on-/gunstig	$\gamma_{G,\ permanent}$	1,0	1,0
		γ_E		1,2

1.3 Karakteristieke waarden bodemparameters

laag	grondsoort	Onderkant laag m	dikte m	volume gewicht γ_{unsat} kN/m^3	volume gewicht γ_{sat} kN/m^3	cohesie c' kN/m^2	inw.h.wr. φ' °
1	toplaag	-2,00	2,00	15,0	18,4	0,0	28,0
2	hollandveen	-5,00	3,00	2,5	10,5	5,0	22,0
3	wadafzettingen	-12,00	7,00	13,3	17,9	2,0	27,0
4	Hydrobiaklei	-12,50	0,50	9,0	15,2	8,0	27,0
5	basisveen	-13,00	0,50	4,2	11,7	6,0	21,0
6	eerste zandlaag	-15,00	2,00	16,8	19,8	0,0	33,0
7	allerod	-17,00	2,00	14,4	18,5	3,0	28,0
8	tweede zandlaag	-20,00	3,00	15,9	19,0	0,0	33,0

2. Belastingen:

2.1 Eigengewicht muur (23 kN/m^3 voor metselwerk)

	Volume [m3]	γ [kN/m^3]	$F_{v,m}$ [kN]
$F_{v,m,k}$	1,254	23	28,8

2.2 Bovenbelasting

	Lengte [m]	Breedte [m]	q [kN/m^2]	$F_{v,q}$ [kN]
$F_{v,q,k}$	1,55	1,0	5,0	7,8

2.3 Eigengewicht boom

	Lengte [m]	q [kN/m]	$F_{v,b}$ [kN]
$F_{v,b,k}$	4,0	3,8	15,1

2.3 Bomenbelasting

	F [kN]	M [kNm]
$Q_{w,rep}$	44,1	-
$M_{b,d}$	-	551,3

2.4 Korrel- en waterspanningen

GWS -1,20	laagdikte m	σ_v [kN/m]	u [kN/m]	σ'_v [kN/m]	F_v [kN/m]	$\varphi'_d = \tan^{-1}(\phi'/\gamma_\phi)$ [°]	K_a -	F_h [kN/m]	F_h [kN]
$F_{h,g1,d}$	1,20	18,0	0	18,0	10,8	23,9	0,42	4,6	4,6
$F_{h,g2,d}$	0,70	30,9	7	23,9	8,4	23,9	0,42	3,5	3,5
$F_{h,q,d}$	1,90	-	-	-	9,5	23,9	0,42	4,0	4,0
$F_{h,b,d}$	0,90	-	-	-	3,4	23,9	0,42	1,4	1,4

Er is niet veel bekend over de fundering, maar het blijkt dat de kademuur en de fundering één geheel vormen. Om de staat en toetsing van het levensduur van de fundering vast te stellen zijn er aanvullende onderzoeken en inspecties nodig. Daarnaast, moet een gedetailleerd model opgesteld worden die de kademuur en fundering als één geheel berekend.

5.3.2 Toetsing van anker en gording

Zoals aangegeven in het handboek “Binnenstedelijke kademuren”, mag deze kracht ter vereenvoudiging ook direct worden vertaald in een toename van de te leveren ankerkracht door de aangrenzende ankers. De boom is gepositioneerd in het midden van twee ankers en aan ieder aangrenzend anker wordt de helft van de horizontale schuifkracht (0,5 $Q_{w,rep}$) toegerekend.

Op basis van figuur 4-4 uit het handboek, is er een relatie tussen de boomstam straal en de wortelkluit straal. De boomstam straal is r_s = 0,3 m en aangenomen wordt dat de straal van de wortelkluit r_w = 2,0 m is. Zodat de ankers niet door de wortelkluit worden geboord, wordt aangenomen dat de h.o.h. van de ankers 4,0 m is.

Ankerstang

$F_{uls;d}$ = ½* $Q_{w,d}$ + q_b*b*l*K_0 = ½*66,2 + 5kN/m^2*2,0*4,0* 0,5 = 20 kN = 53,1 kN (horizontaal)
Ankerhelling: α = 45°
h.o.h. afstand: 4,0 m

$E_{ULS;d}$ = $F_{ULS;d}$/cosα = 53,1/cos45 = 75,1 kN
Treksterkte anker type Titan 38,0x8,8 mm: $R_{t;d}$ = 564,9 kN (treksterkte)

De belasting is gering ten opzichte van wat de ankerstang kan opnemen en is niet maatgevend.

Groutlichaam

$E_{ULS;d}$ = 75,1 kN
$R_{ULS;d}$ = $r_{ULS;m}$*L_{grout}/ξ_{ULS}/$\gamma_{a;ULS}$ = 170*5,0/1,0/1,1 = 772,7 kN

uc = $E_{ULS;d}$/ $R_{ULS;d}$ = 0,1 voldoet

waar:
- $r_{ULS;m}$ = 170 kN/m

Op basis van de sondering komt het groutlichaam te liggen in de tweede zandlaag die een gemiddelde q_c-waarde heeft boven de 30 kPa. De gemiddelde karakteristieke weerstand wordt op basis van empirische relaties bepaald uit onderstaand tabel.

Tabel 2 - Empirische relaties traditionele groutankers.

Conusweerstand	Karakteristieke weerstand
$q_{c;gem}$ in MPa	$r_{ULS;m}$ in kN/m
5–10	65–100
10–15	100–135
15–20	135–170

- L_{grout} = 5,0 m
- ξ_{ULS} = 1,0 volgens NEN 9997, tabel A.20
- $\gamma_{a;ULS}$ = 1,1 volgens NEN 9997, tabel A.19

Gording

De constructieve wand wordt ter plaatse van de boom vervangen door een stalen gording. De gording werkt als een stalen ligger op twee steunpunten (ankers) met een puntlast van $Q_{w,d}$ = 66,1kN. De h.o.h afstand van de ankers is l = 4,0 m.
$M_{E,d}$ = ¼*$Q_{w,d}$*l = ¼*66,1*4,0 = 66,1 kNm
Voor de gording wordt er een HEB 240 profiel gekozen. Het profiel HEB 240 heeft een weerstandsmoment van $W_{y;el}$ = 938^{E}03 mm^3 en een staalkwaliteit van S235.
$M_{R,d}$ = $W_{y;el}$*σ_s = 938^{E}03mm^3*235N/mm^2 = 220 kNm

Dit profiel is ruim gekozen met voldoende reserve om corrosie te ondervangen.

5.4 Verticale draagkracht - draagvermogen stalen buispaal

Het draagvermogen van de palen is bepaald in D-Foundation voor druk. De paalfactoren zijn aangehouden conform NEN 9997-1 waarbij is uitgegaan van een stalen paal met constante dwarsafmeting en een buis met open buis.

Gegevens paalsysteem en buispaal:

- Type: Open stalen buispaal
- Groutinjectie: Nee
- Afmeting (schacht/punt) 168
- Wanddikte buis 8 mm
- Staalkwaliteit S275
- β 1,0
- α_p / α_s / α_t 0,7 / 0,006 / 0,004

Overige gegevens:

- De bovenbouw wordt beschouwd als een niet stijve constructie
- Er is sprake van één representatieve sonderingen (representatieve sondering uit CUR 166)
- ξ_3 / ξ_4 1,39 / 1,39
- Bovenzijde paal NAP -0,53 meter [NAP +1,67 meter (maaiveld niveau van sondering) - 2,20 m (hoogte kademuur constructie)]

De buispaal neemt de resulterend verticale kracht op vanuit het anker.

Ankerkracht

De buispaal neemt alleen de verticale kracht van het anker:

$R_{Ed,paal}$ = Qw,d + q_b* = 33,1 + 5kN/m^2* 2,0*4,0 = 73,1 kN

Paaldraagvermogen bij PPN NAP -13 m:

$R_{c,net,d,druk}$ = 131 kN

Unity check: 73,1 / 131 = 0,56 $\Rightarrow$ voldoet

6 Raming

Voor zover mogelijk is voor de constructie zoals doorgerekend in hoofdstuk 5 ook een raming gemaakt. Hierbij is uitgegaan van 150 meter kade. De raming is conform SSK opgesteld en bijgevoegd in **Error! Reference source not found.**. Deze raming is net als de constructieve berekening bedoeld om een indicatie te krijgen. Dat wil zeggen dat de raming (net als de berekening) zo nauwkeurig mogelijk is opgesteld maar er een groter dan normaal aantal aannames voor nodig was.

Bij de presentatie van dit stuk op 17 september 2020 kwamen hierbij nog de volgende vragen naar voren:

- Wat zijn de kosten per boom?
- Hoe zit het met onderhoudskosten?

Vanwege dat de kades die in zijn geheel vervangen moeten worden dringender zijn en de kades die versterkt kunnen worden pas later aangepakt gaan worden is dit project afgerond en zijn deze vragen doorgeschoven naar een eventuele volgende fase.

7 Samenvatting

De bedachte varianten voor kadewerkzaamheden zijn al dusdanig dat er voor het merendeel weinig schade te verwachten valt aan de boom. Hierbij is wel uitgegaan van werken vanaf het water en dat de drukpalen in delen op het werk aangebracht gaan worden zodat de benodigde werkhoogte beperkt is. Tevens zijn de varianten niet geschikt voor alle kades omdat bij een aantal kades zulke ingrijpende werkzaamheden nodig zijn dat de boom niet behouden kan blijven. Het blijft echter ook maatwerk omdat er per geval een aantal zaken zeer specifiek bepalend zijn voor de overlevingskans van de boom. Bijvoorbeeld: afstand kade tot boom, groei van wortels, staat van de kade en dus de benodigde werkzaamheden.

Het aspect van variant 3a dat voor significante schade kan zorgen is een betonnen gording die achter de metselwerk kades wordt aangebracht. Deze gording zou ter plaatse van de intensieve wortelgroei van een boom, tot zo'n 4-5 meter aan weerzijde van een stam vervangen moeten kunnen worden door een stalen gording die in het metselwerk verwerkt kan worden waardoor er dus geen ontgraving nodig is. Deze laatste variant is voor zover mogelijk nu kan op basis van de bekende uitgangspunten constructief doorgerekend in hoofdstuk 5 en er is hier ook een raming gemaakt deze is terug te vinden in de bijlagen.

Bijlage 1 Tekening met alternatieven voor kadeherstel

Notitie: uitgangspunten bomen en wortels bij kadereconstructie

Achtergrond

Bij de reconstructie en vernieuwing van bestaande kademuren komen regelmatig moeilijke boomvraagstukken aan de orde. De noodzaak tot technische vernieuwing van de kade levert dan gauw conflictpunten op en er is kans dat een boom als gevolg van de werkzaamheden schade ondervindt. Deze schade kan zich op verschillende vlakken manifesteren:

- **Wortelschade of wortelverlies door graafactiviteiten**. Dit betreft ten eerste schade aan zogenaamde gestel- of stabiliteitswortels. Dit zijn de dikkere houtige wortels die de verbinding vormen in het krachtenspel tussen de bovengrondse belasting (wind, eigen gewicht van de boom vooral bij scheefstand) en de verankering in de ondergrond door het fijn vertakte wortelstelsel. Wanneer dikkere wortels verwijderd worden is er een verhoogde kans op een schimmelaantasting die de boom jaren later fataal kan worden. Maar het kan ook gebeuren dat een boom instabiel wordt omdat hij een deel van zijn verankering kwijt raakt. Hoe dichter op de boom dikke wortels verwijderd worden, hoe kritieker het is. Ten tweede gaat het verwijderen van wortels ook gepaard met een stuk verlies aan opnamecapaciteit. Een boom kan dan vaak een deel van zijn kroon niet meer verzorgen en stoot deze af (vroege bladval, verdroging, vorming van dood hout). Hierbij gaat het vooral om de fijne (opname)wortels. Bij het wegnemen van een dikke wortel moet er echter ook van worden uitgegaan dat daarmee alle fijnere wortels die hieraan hangen mede afgekapt zijn.
- **Wortelschade of wortelverlies door muursanering**. Wanneer de bestaande kademuur gedeeltelijk verwijderd en daarna opnieuw opgemetseld moet worden kan het zijn dat hierbij ook wortels (moeten) worden verwijderd die in de loop van tijd in de constructie van de muur zijn gegroeid.
- **Bodemverdichting op de kade** waarin de boom wortelt door inzet van zware machines binnen de reconstructiewerkzaamheden. Hierdoor verslechtert de bodemstructuur (mechanische beperking van wortelgroei) en de zuurstofhuishouding in de wortelzone. Dit effect wordt vaak groter wanneer de bestaande bestrating wordt weggehaald en vervolgens met machines gewerkt wordt in de zone waarin de boom wortelt. Naast verdichting ontstaat hierbij dan vaak ook nog mechanische schade aan ondiepe wortels.
- **Schade aan de stam** vooral door machines die om de boom heen werken. Dit wordt normaliter voorkomen door dikke planken rond de stam aan te brengen voor de realisatiefase.
- **Schade aan grote takken of kroondelen** door werken met hijsmachines of bij het plaatsen van damwanden. Vooral voor de damwanden is er onder de kronen vaak niet de nodige werkruimte (takvrije hoogte) waardoor dit een kwetsbaar deel van het werk is. Bij waardevolle of monumentale bomen is het meestal niet toegestaan om grotere takken te verwijderen voor het genereren van meer werkruimte. Dat levert in de praktijk vaak belemmeringen op waarvoor het moeilijk is om een technisch haalbare oplossing te vinden waarmee boomschade voorkomen wordt.
- **Zakken of schuiven van de boom met kluit** is een potentieel risico wanneer de kademuur zeer slecht is en voor een deel verwijderd wordt zodat de boom aan de waterzijde geen tegendruk meer ondervindt. Vooral als dan nog met trillingen gewerkt wordt (palen, damwanden) is er risico dat het geheel van kluit en aarde in de richting van het water gaat zakken. Volgens berichten van gemeentelijke specialisten heeft dit zich al wel eens voorgedaan.
- **Verdroging (1)** kan een probleem vormen wanneer een bemaling moet worden toegepast om de werkzaamheden aan de kade uit te kunnen voeren. De potentiële effecten van een

bemaling hangen af van een aantal factoren waaronder de mate van waterstandsverlaging en het gebied waarbinnen dit zich voordoet, de duur van de bemaling en de periode in het jaar waarin deze plaatsvindt. Buiten het groeiseizoen (november t/m maart en vaak tot medio april) vindt geen verdamping plaats en is de vochtbehoefte van de boom zeer beperkt. In deze periode heeft een bemaling dan ook weinig tot geen effect. Bij bemaling binnen het groeiseizoen moet van te voren goed gekeken worden of het nodig is om de boom of bomen binnen een reconstructietraject van extra water te voorzien. Een stuk vochtmonitoring en gericht water geven (bijvoorbeeld d.m.v. injectie) hoort dan bij de begeleidende werkzaamheden.

- **Verdroging (2)** is daarnaast een aandachtspunt wanneer in het kader van een kadereconstructie delen van muren, de dekzerk of bestratingen verwijderd worden of wanneer t.b.v. een verbetering van de groeiplaats en t.b.v. de werkzaamheden grond wordt verwijderd/uitgewisseld door handmatig te graven of gebruik te maken van een grondzuiginstallatie. Meestal komen hierbij wortels tijdelijk bloot te liggen die dan kunnen verdrogen. Dit speelt niet alleen in het warme seizoen maar bijvoorbeeld ook in schrale koude periodes in de winter waar ook nog vorstschade kann ontstaan. Het vochtig houden en afdekken van wortelpakketten hoort eveneens tot de begeleidende werkzaamheden die mee moeten worden gepland.

Kort over wortelgroei

De meeste wortelgroei in natuurlijke situaties vindt plaats binnen de bovenste 60 tot 80 cm van het bodemprofiel. Hoe diep bomen wortelen hangt mede af van de soort (wortelpatroon), de bodemopbouw waarin met name de verdichting een rol speelt en de diepte van het grondwater en de capillaire zone waaruit de boom vocht kan betrekken.
De meeste (monumentale) bomen op Amsterdamse kades zijn iepen. Er zijn best veel verschillende soorten en variëteiten iepen. Het is een boomsoort die in staat is om vrij diep te wortelen en ook nog wortelgroei te realiseren in moeilijkere omstandigheden in de heterogene stadbodems. Uit onderzoeken en projecten in Amsterdam blijkt dat iepen op de hogere kades soms wortels tot meer dan 2 meter diep maken.

Wortels groeien vaak langs grensvlakken omdat daar vaak condens ontstaat en de verdichting van het bodempakket langs een overgang met een muur of stenen vaak wat minder dicht is dan in de (verdichte) pakking van de verschillende korrels. Langs kademuren zie je dan ook vaak diverse wortels die er langs groeien. Vaak in fijne pakketten (wortelpruiken), soms ook met houtige wortels van enkele cm dikte. Er wordt vaak gezegd dat wortels muren wegdrukken met hun diktegroei, maar in de praktijk is vaak gebleken dat dit niet de factor is die tot falen van muren leidt. Wat wortels wel kunnen is in kleinste kiertjes groeien en daar door een stuk diktegroei (in de muur) voor schade zorgen. Een kleine wortel van een eik kan een zijwaartse druk tot 16 bar ontwikkelen. Iepen scoren een stuk lager qua kracht maar kunnen toch ook wat kapot maken als ze ergens in zijn gaan wortelen.

Eerste visie op de oplossingsrichtingen die nu zijn voorgesteld

De tot nu toe gemaakte voorstellen zijn in de basis al zeer goed en hebben vanuit de boom beredeneerd een paar aspecten die heel positief uitpakken:

- Het verticale basiselement van de constructie bestaat uit palen die door de gemetselde muur heen geboord worden tot in de diepere zandlaag. Hierbij is het vrijwel uitgesloten dat grotere wortels geraakt worden. Deze zouden zich dan ‚in' de kademuur moeten bevinden

wat haast niet mogelijk is omdat anders de hele constructie van de muur al geheel ontwricht zou zijn. Zelfs de aanwezigheid van kleinere wortels is niet waarschijnlijk. Voor de boom is het echter geen probleem als een wortel van 2 of 3 cm dik met de boring wordt gekapt.

- De verticale palen kunnen desnoods in op elkaar gelaste delen worden aangebracht. Dat is gunstig wanneer onder kronen gewerkt moet worden waar in de hoogte weinig ruimte is voor het werken met de nodige machines (flexibel, boomsparend).
- De trekankers/groutankers die door de kademuur heen diagonaal naar beneden de kade in moeten worden gedreven om de verticale palen te stabiliseren komen in een zone waar nog wel eens een wortel kan zitten, maar de kans op zware wortels is met toenemende diepte klein. Door de onderlinge afstand van de palen zijn het binnen het kernbereik van de boom slechts 2 tot maximaal 3 palen waar een keer een wortelschade kan optreden. Voor de gehele kluit is dat niet problematisch.
- Er wordt vanaf de waterzijde gewerkt. Dat is gunstig omdat alle vormen van machinewerk vanaf de kade veel sneller kunnen lijden tot schade aan de boom, bodemverdichting etc.
- Er hoeven geen damwanden geplaatst te worden voor het stabiliseren van de constructie en/of het creëren van een droge bak langs de kade om te kunnen werken. Damwanden onder kronen aanbrengen is een dure en moeilijke actie die zelden schadevrij lukt, dus goed wanneer het niet hoeft.

Verder kijkend naar de varianten is ter hoogte van een boom de stalen balk in de meeste gevallen de enige optie om de constructie verder stabiel en stijf te krijgen. Op deze constructie kunnen wellicht nog variaties bedacht worden, maar dat is voor straks.

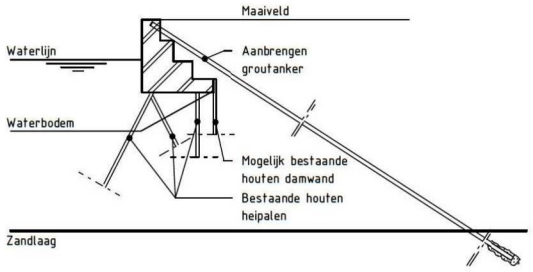
Het werken met een betonwand als gording (met chemische verankering naar de kademuur) is binnen het bereik waarin de boom intensief wortelt geen optie. Het beton komt dan in een zone waar vrijwel zeker veel wortels zitten die dan allemaal moeten wijken tot op de volle diepte. Niet haalbaar met het oog op stabiliteit, conditie en kans op inrotting van wortels die moeten worden afgezet. Tussen de bomen in kan wel met een betonwand gewerkt worden, maar ga er maar uit dat je minimaal 5 meter aan beide kanten van de boom hebt waarin geen betonwand mag komen (uitgaande van een volwassen iep met een stamdiameter van 50 cm of meer.
Bij kleinere exemplaren kun je wel wat dichter boom werken, daar is het wortelstelsel meestal nog niet zo uitgebreid. Aanbrengen van een betonwand komt echter neer op een (constructief) volume dat niet meer beschikbaar is voor de boom om er wortels in te vormen.

Dus eerste samenvattende conclusie: de ingeslagen weg is goed in meerdere opzichten. We moeten straks nog kijken naar dingen als het werk als geheel (welke stappen, varianten, weghalen bestrating, dekzerk etc.), kansen tot groeiplaatsverbetering gekoppeld aan kadevernieuwing enzovoort.

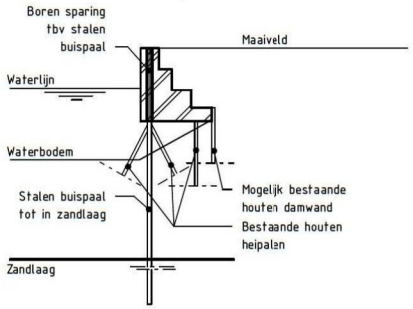
10 april 2020

[redacted]
Dendrologic Boomadvies

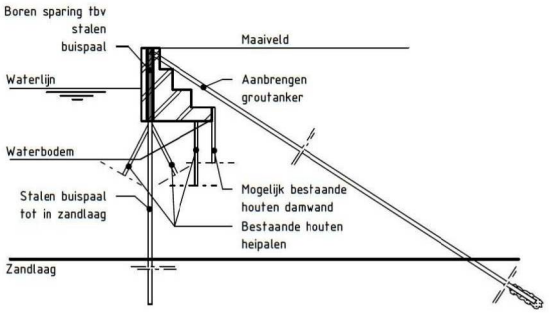
Bijlage 2 Berekeningsrapportage



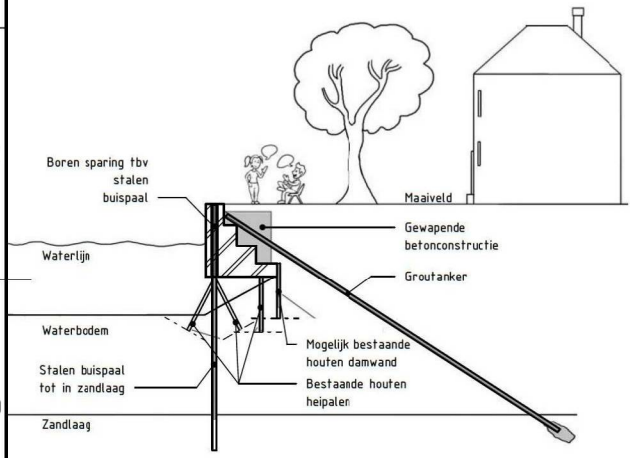
Figuur 1 variant 1a



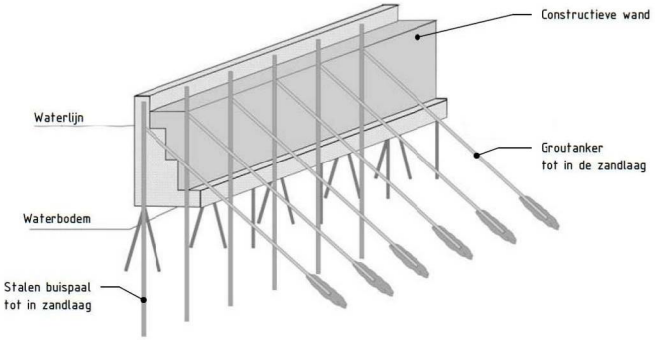
Figuur 2 variant 1b



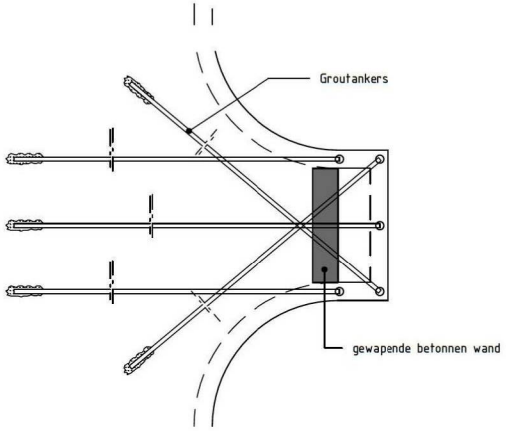
Figuur 3 variant 2



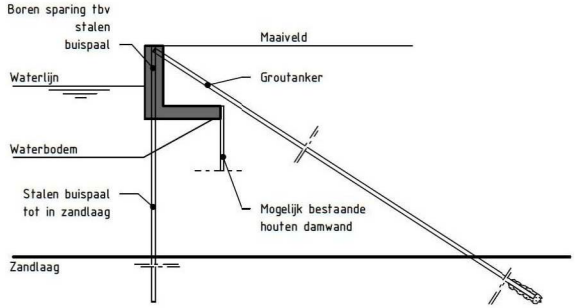
Figuur 4 variant 3



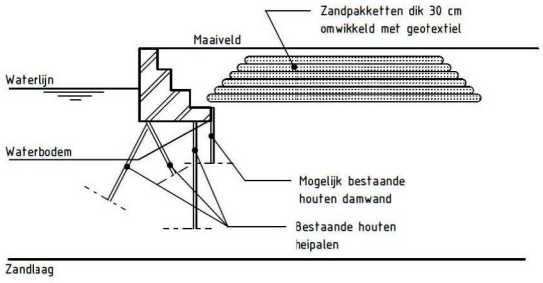
Figuur 5 achterzijde variant 3



Figuur 6 bovenaanzicht brug



Figuur 7 L-wand kade



Figuur 8 optie gewapende grond

Levensduurverlenging
kademuren en bruggen Amsterdam

Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon (0570) 699 911
www.tauw.nl

Tauw

Bijlage 3 SSK Raming

Tauw

10 juli 2020
Projectnr. 1275582

Kostenraming
Boombehoud bij kadevernieuwingen
Kostenraming Variant 3a (met stalenbalk als gording)

Opdrachtgever: Gemeente Amsterdam

Documentnummer: K001-1275582EMD-V01

Tauw bv

BU leefomgeving Amsterdam
Zekeringstraat 43g
Postbus 20748
1001 NS Amsterdam
Telefoon (020) 606 32 22

E-mail: kostenmanagement@tauw.com
Website: www.tauw.nl/op-welk-terrein/risicos-and-contracten/value-en-kostenmanagement/

Project: Boombehoud bij kadevernieuwingen - Projectnr: 1275582 - Opdr.gever: Gemeente Amsterdam *Prijspeil raming: 01-01-20*
Versie raming: V01 - Status: Concept - Opgesteld door: [redacted] *Datum raming: 10-07-20*

Colofon

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Project:

Project	**Boombehoud bij kadevernieuwingen**
Omschrijving / specificatie	Kostenraming Variant 3a (met stalenbalk als gording)
Projectfase	VO
Opdrachtgever	Gemeente Amsterdam
Projectmanager	[redacted]

Raming:

Type raming	Bouwkostenraming, deterministisch
Datum opstelling raming	10-07-20
Opsteller raming	[redacted]
Versie raming	V01
Status raming	Concept
Prijspeil raming	01-01-20
Valuta	Euro

Archivering:

Project-/dossier-/SAP-nummer	1275582
Documentnummer raming	K001-1275582EMD-V01
Bestandsnaam raming	K001-1275582EMD-V01 Variant 3a.xlsm
Locatie (map) opgeslagen raming	Y:\NLAMS1\P\1275582\Projectinput en werkdocumenten\Kostenraming

Toetsing:

Raming intern getoetst door	[redacted]
Datum interne toetsing	10-07-20

Parafering:

Paraaf opsteller raming	Paraaf ontbreekt i.v.m. digitale vrijgave. Dit document is aantoonbaar vrijgegeven
Paraaf interne toetser	Paraaf ontbreekt i.v.m. digitale vrijgave. Dit document is aantoonbaar vrijgegeven
Paraaf projectleider	Paraaf ontbreekt i.v.m. digitale vrijgave. Dit document is aantoonbaar vrijgegeven

Project: Boombehoud bij kadevernieuwingen - Projectnr: 1275582 - Opdr.gever: Gemeente Amsterdam *Prijspeil raming: 01-01-20*
Versie raming: V01 - Status: Concept - Opgesteld door: [redacted] *Datum raming: 10-07-20*

Scope en uitgangspunten *Versie 3.05a (18 juni 2014)*

1. Algemeen

1.1 Doel

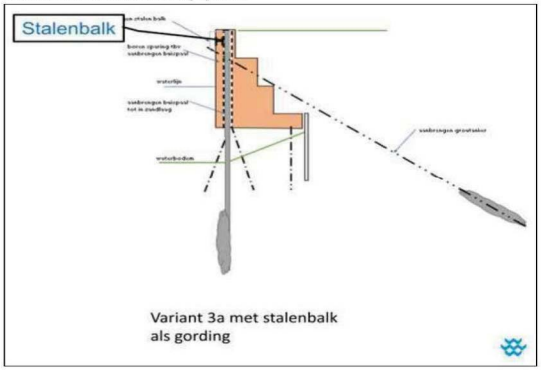
- Het doel van deze raming is het inzichtelijk maken van de benodigde bouwkosten voor het project 'Boombehoud bij kadevernieuwingen', variant 3a (met stalenbalk als gording).

2. Ramingscope en uitgangspunten ontwerp/raming

2.1 Basisgegevens

- Schetsen varianten 3a en 3b
- Notitie nr. N001-1275582THI-V02, concept, d.d. 10 juli 2020.

Variant 3a is hieronder weergegeven:



2.2 Opbouw raming

- De raming betreft bouwkosten, opgebouwd volgens de SSK2010-systematiek (CROW-publicatie 137, herzien rekenmodel versie 3.05a).
- Ramingsparameters:

Opzet kostenraming
Ramingsvorm: Deterministisch
Levensduur: Nee

Op basis van de beperkte grootte en complexiteit van het werk is ervoor gekozen om uitsluitend de deterministische werkwijze te hanteren. Er heeft geen probabilistische analyse plaatsgevonden. De deterministische werkwijze is de werkwijze waarbij de bandbreedte van de raming van kosten door de kostenramer wordt geschat op grond van de ervaren trefzekerheid van de informatie die tijdens het opstellen van de raming is gebruikt. De kostenramer baseert zich daarbij op zijn ervaring, expertise en gevoel. De kostenramer gaat in feite uit van impliciet veronderstelde kansverdelingen van de ramingsonderdelen.

Geschatte bandbreedte bij deterministische raming
[redacted]

2.3 Algemene uitgangspunten

- Het prijspeil van de raming is januari 2020 op basis van de huidige stand van zaken en wet- en regelgeving. Wijzigingen hierop zijn niet inbegrepen.
- De raming is volledig bedrijfseconomisch opgesteld (er is geen rekening gehouden met marktwerking).
- Alle werkzaamheden vinden plaats binnen de normale werktijden (maandag t/m vrijdag, 07.00 tot 19.00 uur)
- De kosten zijn berekend over een gemiddelde kadelengte van 150 m.
- **Deze raming is puur indicatief om een gevoel te krijgen van de kosten bij een gemiddelde te vernieuwen kadeconstructie met boombehoud.**

2.4 Raming is exclusief:

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

3. Uitgangspunten kostencategorie bouwkosten

3.1 Benoemde directe bouwkosten

- Voor de uitgangspunten voor de bouwkosten wordt verwezen naar 'Notitie nr. N001-1275582THI-V02, concept, d.d. 10 juli 2020.', de werkzaamheden beschreven in de deelraming en de onderbouwing van de eenheidsprijzen.

3.2 Nader te detailleren bouwkosten

- [redacted]

3.3 Indirecte bouwkosten

- De indirecte bouwkosten zijn de kosten die door de uitvoerende partij gemaakt moeten worden om de werkzaamheden die onder de 'directe kosten' vallen naar behoren te kunnen uitvoeren. Indirecte kosten hebben geen directe relatie met de hoeveelheden. Voor de indirecte kosten zijn op basis van ervaringscijfers onderstaande percentages opgenomen in de raming:

[redacted]

3.4 Risico's bouwkosten

Objectrisico's zijn risico's welke een directe link hebben met de werkzaamheden (de zogenoemde objecten). Wanneer een bepaalde werkzaamheid niet wordt gedaan, komt het risico daarmee ook te vervallen. Binnen de objectrisico's kan er onderscheid worden gemaakt tussen 'benoemde' en 'niet benoemde' risico's. Omdat aan veel werkzaamheden meerdere 'standaard' risico's vastzitten, worden deze zelden specifiek benoemd.

[redacted]

Project: Boombehoud bij kadevernieuwingen - Projectnr: 1275582 - Opdr.gever: Gemeente Amsterdam *Prijspeil raming: 01-01-20*
Versie raming: V01 - Status: Concept - Opgesteld door: [redacted] *Datum raming: 10-07-20*

Deelraming Variant 3a

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Deelraming aan *Totaal*

Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	
	Investeringskosten:	*Hoeveelheid*	*Eenheid*	*Prijs*	
[redacted]					
					t.o.v. directe bouwkosten
					t.o.v. voorziene bouwkosten

Begrippenlijst

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Algemene Kosten (AK)
De kosten binnen een bouwonderneming die niet direct of indirect (opgenomen in een tarief) aan de bouwprojecten kunnen worden toegerekend. Dit zijn bijvoorbeeld de kosten van het kantoor met inventaris, bedrijfsleiding, algemene en administratieve diensten of public relations.

Bandbreedte
De berekende mate van afwijking rond het gemiddelde van de investeringskosten, als gevolg van spreidingen in prijzen en hoeveelheden, onzekerheden en risico's. De bandbreedte wordt uitgedrukt door twee waarden (een onder- en een bovenwaarde), behorend bij een aangegeven trefzekerheid.

Bijdragen
Bijdragen bijvoorbeeld CROW/RAW, Wegenbouwkundig onderzoek FCO, als onderdeel van de indirecte bouwkosten

Bouwkosten (kostencategorie)
De kosten die zijn gemoeid met de fysieke realisatie van de in het project onderscheiden objecten (bouwwerken).

Btw
Belasting toegevoegde waarde. De omzetbelasting op goederen en diensten in alle lidstaten van de Europese Gemeenschap.

Deterministische raming
Een raming waarbij risico's en onzekerheden op basis van een inschatting (ervaring, 'onderbuikgevoel') worden opgenomen in de kosten.

Directe Bouwkosten
De kosten die direct en specifiek voor de productie van de in het project onderscheiden objecten gemaakt worden. Ze zijn de optelsom van man- en materieeluren, materiaalkosten, huren en leveranties, onderaannemers en dergelijke. Directe bouwkosten zijn direct gekoppeld aan de hoeveelheden van de uit te voeren werkzaamheden.

Directe Engineeringkosten
Engineeringkosten die betrekking hebben op bijvoorbeeld de kosten voor directe projectmedewerkers.

Directe kosten
Kosten die rechtstreeks met de productie of de levering van een product of dienst gemoeid zijn en aanwijsbaar aan dit product of deze dienst zijn toe te rekenen.

Directe Vastgoedkosten
De aankoopkosten van de grond en de opstallen (inclusief de kosten van bouwrijpmaken/'conditionering' voor zover dit in de grondoverdrachtprijs verrekend is, en niet een project activiteit is).

Eenmalige kosten
Indirecte kosten met een eenmalig karakter, zoals kosten voor mobilisatie/demobilisatie, inrichten en opruimen werkterrein, aanvoer/ installatie/afvoer materieel, keten of bouwweg.

Engineeringskosten (kostencategorie)
De kosten voor het 'denkwerk' op het gebied van de techniek en daarmee verband houdende vakgebieden met betrekking tot organisatie, milieutechnische, juridische en economische aspecten. Tot deze post kunnen zowel de apparaatskosten van de opdrachtgever behoren (voor zover deze aan het project worden toegerekend) als de kosten die door opdrachtnemers gemaakt worden. Het gaat hierbij niet alleen om ontwerp en/of kwaliteitsbewaking, maar ook om bijvoorbeeld projectmanagement en onderzoeken.

Indirecte bouwkosten
De optelsom van eenmalige kosten, tijdgebonden kosten, algemene kosten bouwbedrijf, bijdragen en winst en risico. De indirecte bouwkosten hebben geen directe relatie met hoeveelheden.

Indirecte Engineeringkosten
Aan het project toegerekende engineeringkosten van het centrale apparaat of de overhead.

Indirecte kosten
Kosten die wel bij een specifieke kostencategorie in een objectraming horen maar die niet aan een van de specifieke onderdelen van dat object kunnen worden toegerekend.

Indirecte Vastgoedkosten
De kosten die gemaakt moeten worden om het vastgoed te verwerven, zoals taxatie-, notaris-, overdrachtskosten, vooropnamekosten opstallen, afkoop inkomstenderving, nadeelcompensatie en dergelijke.

Investeringskosten
De investering die volgens de raming gedaan moet worden om een project te realiseren. Dit is de som van bouwkosten, vastgoedkosten, engineeringskosten en overige bijkomende kosten.

Kans van optreden
Een maat voor de waarschijnlijkheid van optreden van een gebeurtenis of waarde.

Kostencategorie
Type kosten die staan aangegeven in de rijen van de ramingsopbouw in het SSK-2010-format. Kostencategorieën in de uniforme ramingsopbouw zijn: bouwkosten, vastgoedkosten, engineeringskosten, overige bijkomende kosten en levensduurkosten.

Kostengroep
Typen kosten die staan aangegeven in de kolommen van de ramingsopbouw in het SSK-2010-format. Zij zijn onderverdeeld in voorziene kosten, bestaande uit directe kosten benoemd, directe kosten nader te detailleren, indirecte kosten en btw. Daarnaast is er de kostengroep risicoreservering.

Kostenkengetal
Kenmerkende kosten per eenheid van kostendrager (stuks, m2, ml, enzovoort) voor functionele of technische oplossingen van het gehele bouwwerk of een component daarvan. Een kostenkengetal (bedrag) is representatief voor één oplossingsrichting. Een kostenkengetal heeft een bandbreedte.

L-, T- en U-waarden
Laagste waarde, Topwaarde (modale waarde) en Uiterste waarde bij een kansverdeling. De L- en U-waarden zijn invoerwaarden voor de spreiding bij een onderdeel van de raming.

Levensduurkosten
De kosten die na oplevering van het bouwwerk gemaakt moeten worden om het object bruikbaar te houden. Hierbij kan gedacht worden aan beheer- en onderhoudskosten, energiekosten, facilitaire kosten en eventueel de kosten voor het amoveren van het object.

Nader te detailleren
Een toeslag op de bekende kosten voor wel voorziene maar niet expliciet uitgewerkte onderdelen van het ontwerp of de aangenomen uitvoeringsmethode.

Object
Een voorwerp dat uit materialen en onderdelen tot een geheel wordt samengevoegd.

Objectkosten

De kosten die gemoeid zijn met het maken van een object, met daarin opgenomen alle kostensoorten en -categorieën die de SSK-2010-methodiek voorstelt.

Onnauwkeurigheid
Gebrek aan nauwkeurigheid/trefzekerheid van beschikbare gegevens, uitgedrukt door middel van een spreiding rondom hoeveelheden, prijzen, parameters, enzovoort.

Onzekerheidsreserve
De dekking die de overschrijdingskans van de raming van de projectkosten afstemt op het gewenste risicoprofiel. Vaststellen van dit bedrag is de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever tot het opstellen van de raming (zie ook reservering scopewijziging).

Overige bijkomende kosten (kostencategorie)
Een van de SSK-2010-kostencategorieën, Deze categorie omvat alle kosten die niet tot de bouwkosten, vastgoedkosten of engineeringskosten gerekend kunnen worden, maar die wel tot de raming behoren.

Prijspeil
De datum die in een raming voor de prijzen, normen en kostenkengetallen is gehanteerd. Meestal is dit de datum die is gekoppeld aan de gebruikte (kostprijs-/norm-)bestanden.

Probabilistische raming
Een raming waarin risico's en onzekerheden op een expliciete manier, door middel van statistische technieken, zijn opgenomen.

Projectkosten
Het totaal van alle in het project aanwezige objectkosten.

Projectonzekerheden
De onzekerheden in het plan, ontwerp of project. Deze zijn te karakteriseren door, en onder te verdelen in, beslisonzekerheid, kennisonzekerheid en toekomstonzekerheid.

Raming
Een berekening met als resultaat de te verwachten kosten voor de realisatie van een project of object.

Reservering scopewijziging
Reservering door de opdrachtgever/financier voor (forse) onvoorziene uitgaven als gevolg van wijzigingen van, of toevoegingen aan, de projectscope die van buitenaf komen. Hierbij kan gedacht worden aan aangescherpte milieuwetgeving of politieke besluiten.

Risico
Een ongewenste gebeurtenis met een negatieve invloed op de projectdoelstellingen. Een risico kan worden gekwantificeerd door het vermenigvuldigen van de kans van optreden van de gebeurtenis met de omvang van de negatieve gevolgen (kosten) ervan.

Risico aannemer
Bedragen in de aannemingssommen ter dekking van het aannemersrisico binnen de bestekken/contracten. Tezamen met 'winst' vormt dit een onderdeel van de indirecte kosten in de raming opbouw. Naarmate het samenwerkingsmodel opdrachtgever-opdrachtnemer meer (ontwerp-) risico bij de aannemer legt, kan er een overheveling plaatsvinden van 'nader te detailleren' en 'onvoorzien' naar 'risico aannemer'. Ook kan de bandbreedte voor de opdrachtgever afnemen bij een eerder contractmoment.

Risicoreservering
Een financiële reservering ter dekking van de kennis- en toekomstonzekerheden van het project. Afwijkingen die na vaststelling van deze reservering binnen de scope kunnen worden opgelost, moeten uit deze reservering worden betaald. Voor wijzigingen buiten de scope (beslisonzekerheid) moeten de financiële afspraken worden aangepast. Deze wijzigingen worden niet betaald uit de risicoreservering.

Scheefte
De gemiddelde waarde minus de topwaarde, oftewel het verschil tussen de probabilistische waarde en de deterministische waarde.

Scope
De omvang of reikwijdte van het project. De scope omvat enerzijds de specificaties die op dat moment zijn vastgesteld en anderzijds de door opdrachtgevende en opdrachtnemende partijen geaccepteerde technische oplossing (het ontwerp) op basis van die specificaties. Specificatie en oplossing zijn samen de basis voor de kostenraming.

SSK
Standaardsystematiek voor Kostenramingen in de Grond-, weg- en Waterbouw.

Spreiding
Het verschil tussen de uiterste (U-waarde) en laagste (L-waarde) voorkomende waarde van een eenheidsprijs, hoeveelheid of percentage. Vaak wordt de spreiding aangegeven ten opzichte van de meest waarschijnlijke waarde (T waarde of top waarde).

Tijdgebonden kosten
Indirecte bouwkosten die variëren met de tijdsduur van een werk. B.V.; exploitatiekosten van directie-/uitvoerders-verblijven, arbeidskosten voor hoofduitvoerders en uitzetters. Administratiekosten (werkadministratie, aanleveren gegevens Uniforme Contract Administratie).

Trefzekerheid
Een maat voor de betrouwbaarheid van een raming. Gewoonlijk wordt deze aangeduid door een percentage dat de kans aangeeft dat de uitkomst van de raming tussen de in de bandbreedte aangegeven waarden valt. Meestal wordt de trefzekerheid op 70% gesteld, waarna de bijbehorende bandbreedte wordt berekend.

Variatiecoëfficiënt
Het quotiënt van de standaarddeviatie en het gemiddelde. Hiermee wordt in één waarde de bandbreedte van een raming weergegeven bij een trefzekerheid van circa 70% (bij een normaalverdeling is de trefzekerheid tussen [het gemiddelde + de standaardafwijking] en [het gemiddelde -/- de standaardafwijking] 68,4%).

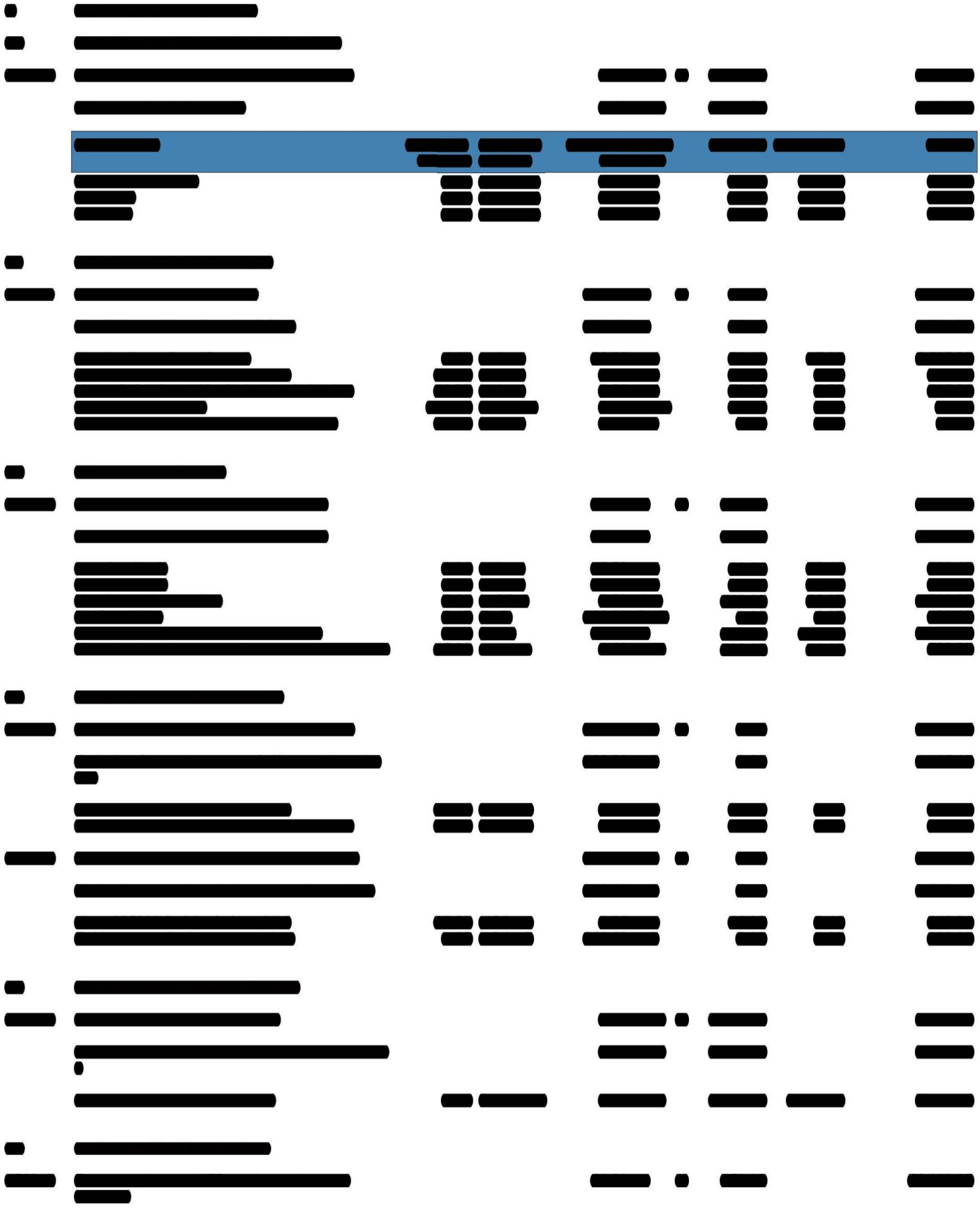
Vastgoedkosten (kostencategorie)
Alle kosten die nodig zijn voor de verwerving van het vastgoed, voor zover deze betrekking hebben op het verwerven van het eigendom van en/of het beheersrecht over het terrein met eventueel hierop aanwezige bouwwerken. Hiertoe behoort ook de nadeelcompensatie.

VO fase, VO raming
Voorlopig Ontwerp fase, Voorlopig Ontwerp raming

Voorziene kosten
De kosten die ten tijde van het opstellen van de raming voorzien zijn op grond van de voorliggende specificaties en het ontwerp (die samen de scope vormen).

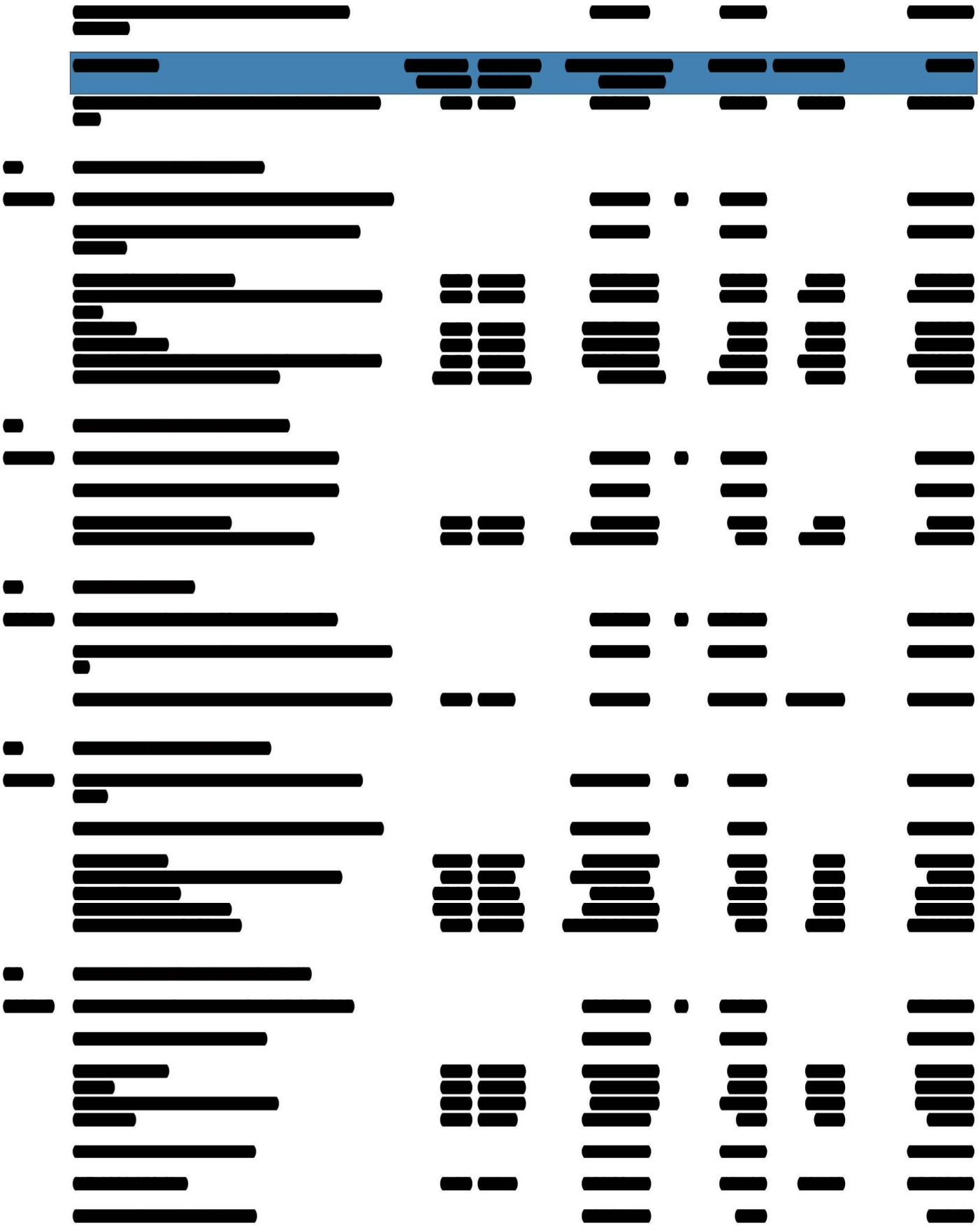
Calculatienummer :
Opdrachtgever :
Locatie :
Datum aanbesteding :
Datum aanvang :
Duur van het werk :

10-07-2020
10:01:30



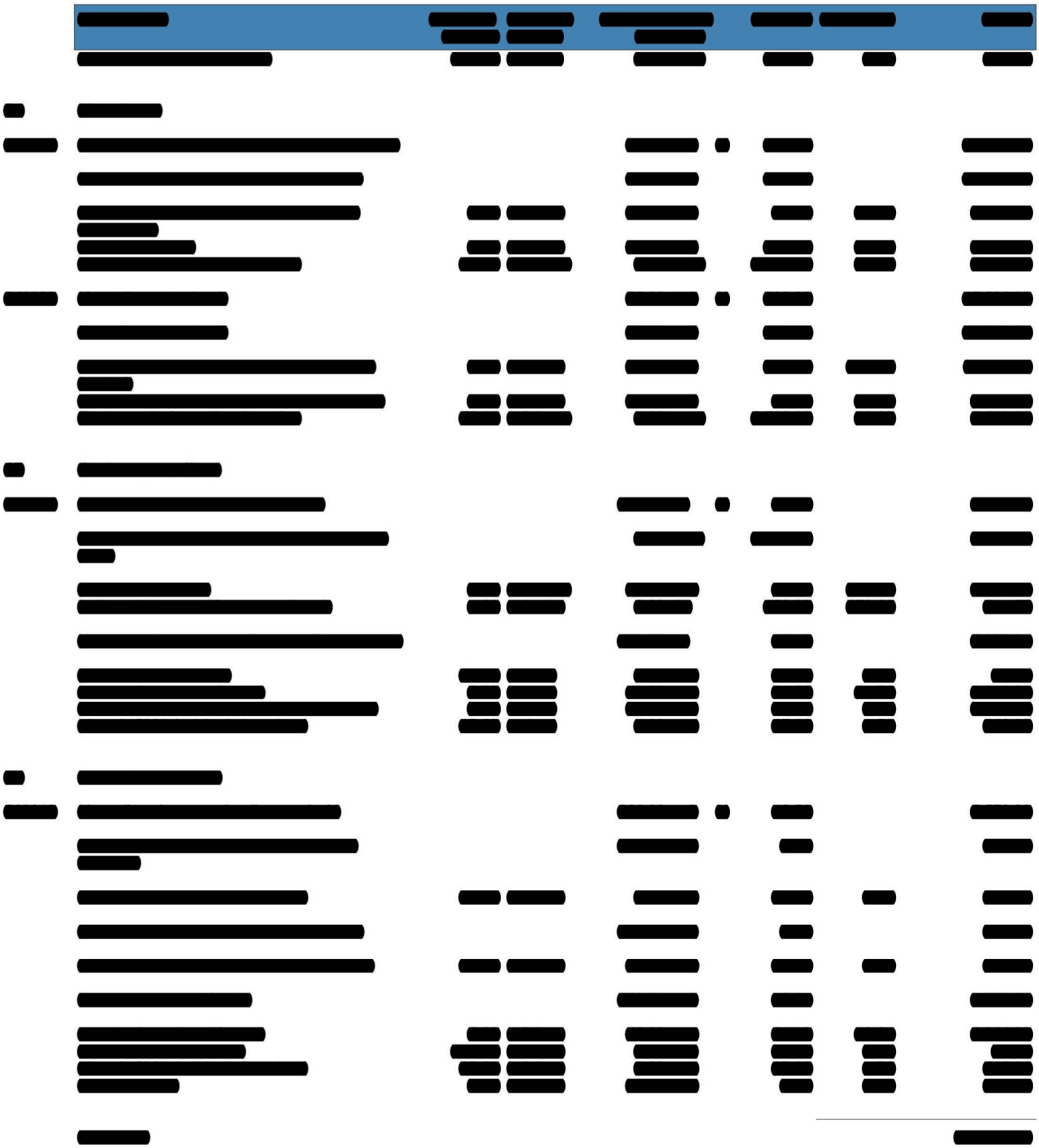
Calculatienummer :
Opdrachtgever :
Locatie :
Datum aanbesteding :
Datum aanvang :
Duur van het werk :

10-07-2020
10:01:30



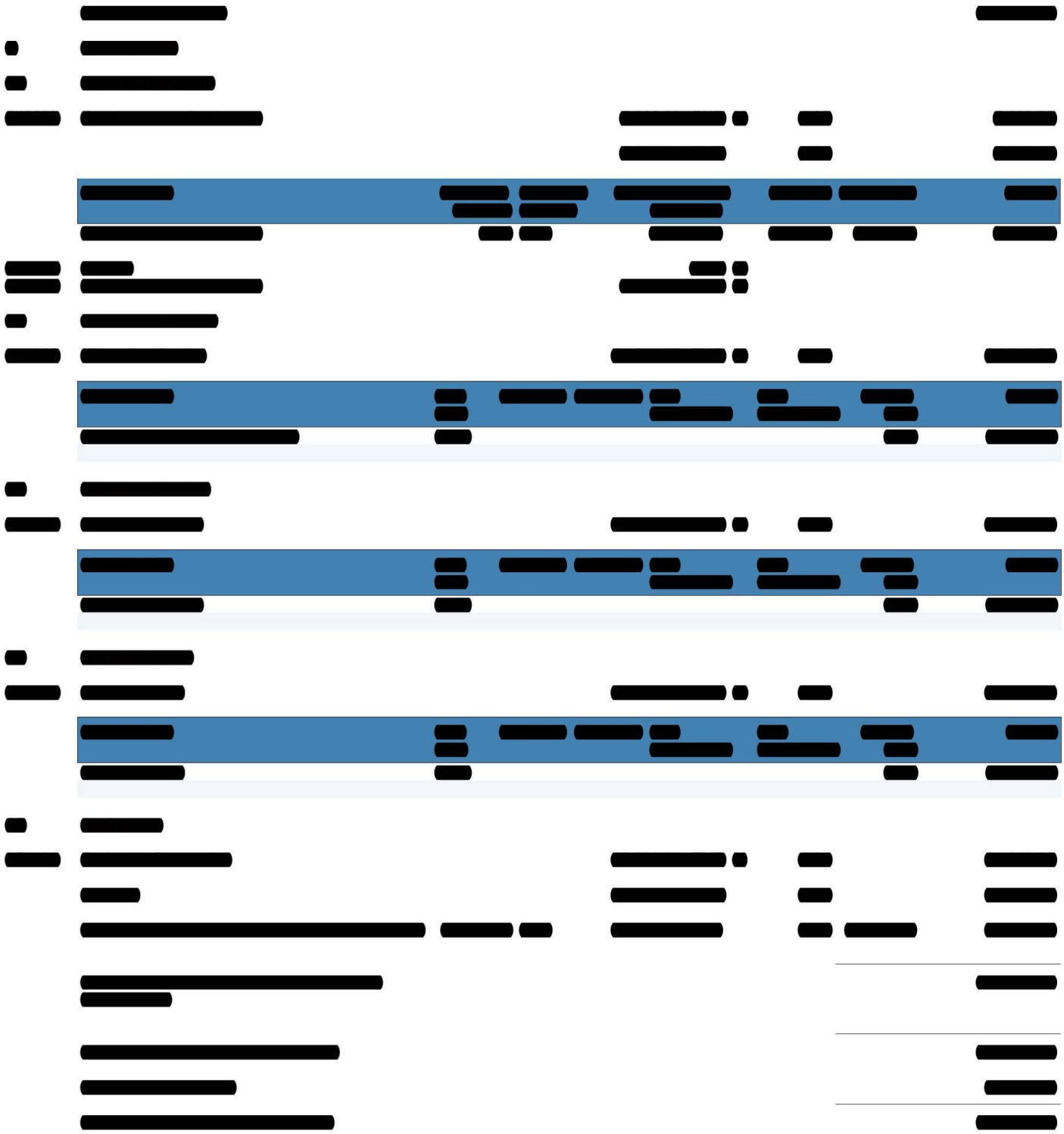
Calculatienummer :
Opdrachtgever :
Locatie :
Datum aanbesteding :
Datum aanvang :
Duur van het werk :

10-07-2020
10:01:30



Calculatienummer :
Opdrachtgever :
Locatie :
Datum aanbesteding :
Datum aanvang :
Duur van het werk :

10-07-2020
10:01:30



Bijlage 4 Bomen Effect Analyse (BEA)

Bomen Effect Analyse

Bomen binnen kadevernieuwing Amsterdam

projectnr. 20-06 BE / oktober 2020

dendrologic

[redacted]

Opdrachtgever: **Gemeente Amsterdam**

Boomtechnisch advies: [redacted]

Inhoud

1 Inleiding 3

1.1 Project en vraagstelling 3
1.2 Doelstelling BEA algemeen 4
1.3 Het specifieke doel van deze BEA 4
1.4 Beleidsuitgangspunten bomen 4

2 Kadevernieuwing en bomen 6

2.1 Onderhoudstoestand bestaande kadeconstructies 6
2.2 Gevolgen kadevernieuwing voor bomen 7
2.3 Afwegingskader voor bomen 8

3 Uitgangspunten bomen 10

3.1 Bomen Effect Analyse als instrument voor systematisch onderzoek 10
3.2 In beeld brengen boom en groeiplaats 10
3.2.1 Kwaliteit boom 11
3.2.2 Ruimtestudie boven- en ondergrondse situatie 12
3.3 Verplantbaarheid 15
3.3.1 Algemene en biologische randvoorwaarden 15
3.3.2 Specifieke en technische randvoorwaarden 15
3.3.3 Amsterdamse uitgangspunten voor verplantingen 16
3.4 Bepaling monetaire boomwaarde 16

4 Veldonderzoek 18

5 Gevolgen kadevernieuwing voor bomen 19

5.1 Kansen tot boombehoud: toets in meerdere stappen 19
5.1.1 Stap 1: Check kwaliteit en toekomstverwachting 19
5.1.2 Stap 2: Check noodzaak vernieuwing kadeconstructie 20
5.1.3 Stap 3: Check noodzaak plaatsen damwand 20
5.1.4 Stap 4: Zoeken naar maatwerkoplossingen 21

6 Conclusie en advies 23

6.1 Bomentoets en toepassing Bomen Effect Analyse 23
6.2 Voorstellen kadevernieuwing met boombehoud 24
6.2.1 Drukpalen in kademuur als centraal element 24
6.3 Technisch voorstel: tijdelijke verankering boom 29
6.4 Optie: maatwerk en toelaten van enige kroonreductie 31
6.5 Optie: wortelsnoei met beleid 32

7 Nog open vragen en thema's 34

Projectgegevens 35

1 Inleiding

1.1 Project en vraagstelling

Binnen de komende decennia moeten in Amsterdam ca. 200 km kademuur vernieuwd worden. Veel van deze kademuren zijn meer dan 100 jaar oud. Zij worden in de huidige tijd gemiddeld sterker gebruikt en belast dan in het verleden, wat voornamelijk komt door een toename van het verkeer. Waar kades niet meer voldoende stabiel en veilig zijn is vernieuwing noodzakelijk.

Langs de Amsterdamse grachten staan echter ook duizenden bomen. Zij horen bij het historische stadsbeeld en vervullen daarnaast diverse belangrijke functies als verbetering van het stadsklimaat, verhogen van welzijn en leefbaarheid en een heel palet aan verschillende ecosysteemdiensten. De grote waarde van veel bomen wordt weerspiegeld door het toekennen van een bijzondere en beschermde status als monumentale bomen, als onderdeel van de stedelijke hoofdgroenstructuur of als onderdeel van een UNESCO gebied. Behoud van beschermwaardige bomen is in beginsel altijd het uitgangspunt.
De vernieuwing van een kade is qua omvang en techniek een groot project met enige impact voor de omgeving. Dit geldt in sterke mate voor bomen die vlak naast en deels boven (delen van) de kadeconstructie staan. Door de werkzaamheden aan de kade kan schade aan het wortelstelsel of aan stam en kroondelen ontstaan. Daarnaast kunnen bomen instabiel raken wanneer de oorspronkelijke kadeconstructie wordt verwijderd t.b.v. de aanleg van een nieuwe constructie.

De gemeente moet voldoen aan twee conflicterende opgaven: het vernieuwen van grote delen van haar kades en het tegelijkertijd behouden van waardevolle bomen langs deze kades.
Binnen dit spanningsveld wil de gemeente komen tot een systematische benadering van de vraag of het mogelijk is om bestaande bomen binnen het programma van de kadevernieuwingen duurzaam in te passen en onder welke uitgangspunten en randvoorwaarden dit mogelijk is. Deze vraag moet integraal vanuit verschillende disciplines benaderd worden. De staat van de kade en de hieruit voorkomende technische mogelijkheden voor de vernieuwing spelen hierbij een even grote rol als de staat van de boom, de manier hoe deze is geworteld en diverse andere aspecten.

De Bomen Effect Analyse biedt de mogelijkheid voor een dergelijke systematische en integrale benadering. Daarom heeft de gemeente Amsterdam in het kader van een onderzoek naar technische mogelijkheden tot inpassing van bomen binnen de kadevernieuwing gekozen om dit vraagstuk met een zo groot mogelijke bandbreedte in beeld te brengen.

1.2 Doelstelling BEA algemeen

Een Bomen Effect Analyse of BEA is een instrument binnen het proces rond planvorming en vergunningen om invloeden op bestaande bomen binnen een projectlocatie in beeld te brengen op basis van het ontwerp en alle verder beschikbare informatie.

De BEA geeft per boom antwoord op de vraag of deze:

- met het oog op de voorgenomen bouw of aanleg (in dit geval de vernieuwing van de kade),
- in zijn huidige verschijningsvorm
- en op zijn huidige standplaats

duurzaam behouden kan blijven. Wanneer behoud mogelijk is, moeten de randvoorwaarden hiervoor duidelijk aangegeven worden. Deze randvoorwaarden kunnen het plan of ontwerp betreffen (aanpassen ruimtelijke setting) of van technische aard zijn (bijvoorbeeld de voor de realisatie toe te passen technieken).
Op basis van de resultaten van een BEA kan een onderbouwde afweging betreffende het wel of niet (kunnen) behouden van een boom gemaakt worden. Deze onderbouwing vormt dan de inhoudelijke basis voor een besluit tot kap voor het geval dat behoud niet mogelijk of haalbaar is.

1.3 Het specifieke doel van deze BEA

Normaliter wordt binnen een BEA een concrete vraagstelling rond een of meerdere bomen geanalyseerd die in een projectgebied staan waar veranderingen zullen plaatsvinden die een impact op deze bomen kunnen hebben.
Deze BEA wijkt hiervan af in die zin dat hierin een analyse wordt uitgevoerd op de basis van de principeschets van een situatie zoals die aan de grachten in Amsterdam vaak voorkomt. Het doel is niet het nader in beeld brengen van een concrete situatie en het zoeken naar oplossingen binnen deze specifieke kaders, maar het ontwikkelen van een systematische benadering waarin nader gekeken wordt naar de factoren die bij de afweging tot wel of niet kunnen behouden van bomen een rol spelen. Naast de bandbreedte van elke factor apart wordt ook gekeken naar hun onderlinge verhouding.

1.4 Beleidsuitgangspunten bomen

Volgens de Bomenverordening 2014 van Amsterdam is het uitgangspunt dat bomen behouden blijven tenzij er gegronde redenen zijn om deze te kappen. Het vernieuwen van een kade kan leiden tot de noodzaak tot het kappen van bomen die langs deze kade staan. De BEA is het passende instrument om te onderzoeken of zich mogelijkheden bieden om bestaande bomen binnen de kadevernieuwing alsnog te behouden met voldoende toekomstperspectief.
Het uitvoeren van een BEA is volgens de Bomenverordening verplicht wanneer het aannemelijk is dat een kadevernieuwing gevolgen heeft voor bomen met een verhoogde of bijzondere waarde.

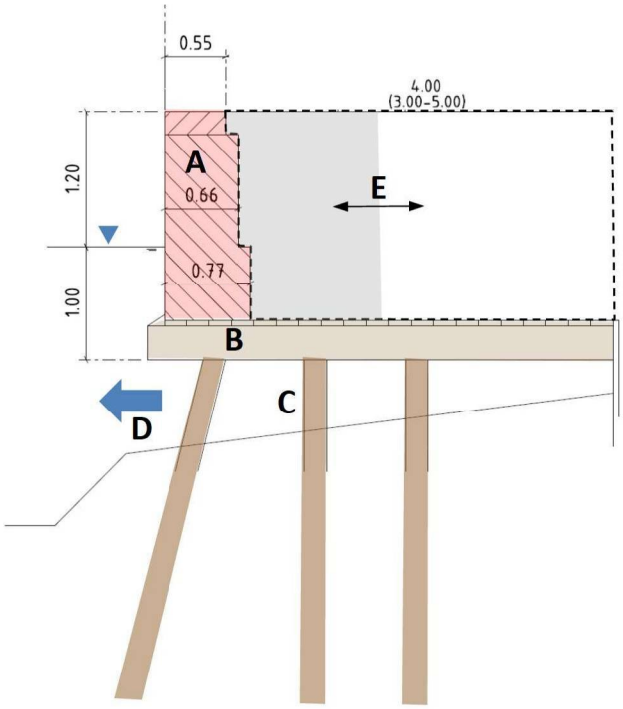
Deze waarde moet binnen het gemeentelijke bomenbeleid zijn vastgesteld. Hieronder vallen bomen uit de volgende categorieën:

- Groene Puccini: zijn de bomen o.a. onderdeel van de Hoofdbomenstructuur?
- Bomen met een monumentale status zoals beschreven op de website https://maps.amsterdam.nl/bomen
- Bomen die onderdeel uitmaken van een UNESCO gebied.

2 Kadevernieuwing en bomen

2.1 Onderhoudstoestand bestaande kadeconstructies

De noodzaak tot vernieuwing van een kade wordt bepaald door de onderhoudstoestand van de bestaande kadeconstructie als geheel. Hierbij moet gekeken worden naar verschillende factoren.



Principedoorsnede door een kade (nog zonder boom). De wijze en mate van vernieuwing hangt af van een aantal factoren, waaronder de kwaliteit van het metselwerk (A, rode arcering), de draagkracht en restlevensduur van de houten vloer (B) en de houten palen waarop de hele constructie rust (C), de mate van onderloopsheid (D) en de vraag of de constructie geheel of slechts gedeeltelijk tot aan de rand van de houten vloer wordt vernieuwd (E).

Wanneer het metselwerk (de kademuur) gebrekkig is maar de houten vloer en de palen nog intact zijn kan gekozen worden voor het alleen vervangen van de muur. In dit geval gaat het dus om het 'repareren' van een deel van de kade. Onderloopsheid is hierbij een probleem dat apart behandeld en opgelost moet worden.

Als de houten vloer en/of de houten palen die de hele kadeconstructie dragen aangetast zijn en een beperkte levensduur hebben dan volstaat een reparatie van de kademuur niet. In dit geval moet de bestaande kadeconstructie verwijderd en door een nieuwe constructie vervangen worden.
In hoeverre hierbij de hele oude kadeconstructie inclusief de houten vloer en de houten palen geheel of slechts gedeeltelijk verwijderd moet worden hangt af van de volgende twee vragen:

- Mogen restanten van de oude kadeconstructie (houten palen en delen van de houten vloer) principieel in de grond blijven zitten?
- Wat is het minimale ruimtebeslag voor de aanleg van de nieuwe kade en zijn resterende palen of delen van de houten vloer dan storend bij de aanleg?

2.2 Gevolgen kadevernieuwing voor bomen

Het vernieuwen van een kade leidt in de meeste gevallen tot effecten op bomen die langs deze kade staan. Hierbij gaat het bijna altijd om negatieve effecten in de vorm van schades aan onder- of bovengrondse delen van de boom.
Er zijn drie risicofactoren die hierbij een fundamentele rol spelen:

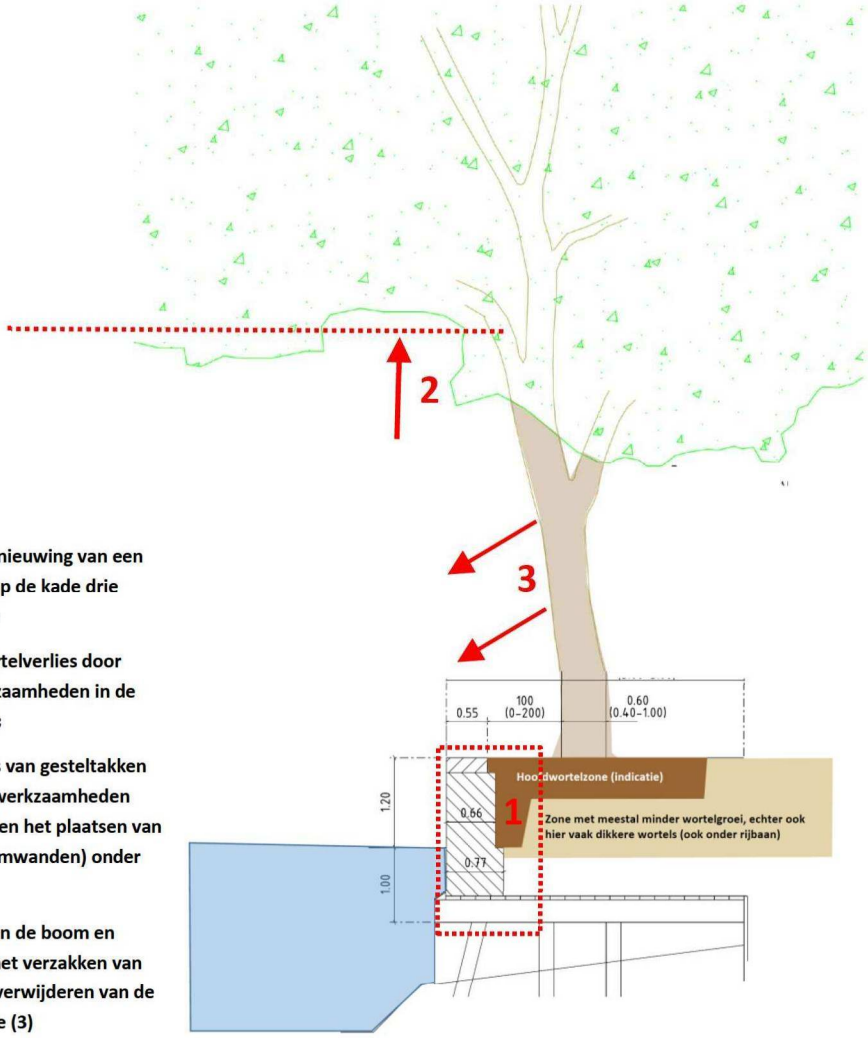
1. **Verlies van of schade aan essentiële beworteling** door het verwijderen van de bestaande kadeconstructie of het plaatsen van de nieuwe kadeconstructie in samenhang met de hiervoor nodige graaf- en grondwerkzaamheden. **Gevolgen**: achteruitgang conditie, verminderde stabiliteit en kans op aantasting door houtparasitaire schimmels.
2. **Verlies van of schade aan gesteltakken of kroondelen** doordat er niet voldoende ruimte is om grote bouwtechnische elementen als damwanden aan te brengen die voor de stabiliteit en constructie van de nieuwe kade nodig zijn. **Gevolgen**: verstoorde kroonbalans, zeer grote snoeiwonden, verlies van het oorspronkelijke beeld.
3. **Verzakken van de hele kade inclusief de boom** op het moment wanneer de oude kadeconstructie wordt verwijderd. **Gevolgen**: de boom staat niet meer stabiel en de hele kade kan ontwricht raken.



Monumentale iep aan de Prinsengracht: het vernieuwen van de kade met een constructie die gebaseerd is op het aanbrengen van een damwand zou hier onder andere tot ernstige conflicten leiden wanneer hier lange damwandprofielen geplaatst moeten worden. Door de laag over de gracht hangende gesteltakken is er in beginsel slechts ca. 5 meter werkruimte beschikbaar tussen het water en de onderste zware takken.

Bij werkzaamheden ter vernieuwing van een kade doen zich bij bomen op de kade drie fundamentele risico's voor:

- **Wortelschade of wortelverlies door bouw- en graafwerkzaamheden in de hoofdwortelzone (1);**
- **Schade aan of verlies van gesteltakken of kroondelen door werkzaamheden met groot materieel en het plaatsen van lange elementen (damwanden) onder de kroon (2);**
- **Het scheef zakken van de boom en hiermee potentieel het verzakken van de hele kade na het verwijderen van de oude kadeconstructie (3)**



Daarnaast zijn er ook nog enkele andere risicofactoren zoals een veranderde vochthuishouding in geval van bemaling, schades aan de stamvoet, stam of kroondelen door machines/voertuigen en bodemverdichting of wortelschade binnen de bovenste doorwortelde zone als gevolg van het rijden en werken met zwaar materieel of andere werkzaamheden.

2.3 Afwegingskader voor bomen

Conform de Bomenverordening 2014 van Amsterdam is het uitgangspunt dat bomen behouden blijven tenzij er gegronde redenen zijn om deze te kappen. Behoud van bomen is daarnaast vertrekpunt bij vernieuwingsprojecten in de stad.
De kadevernieuwing is een dergelijk project waarin het wel of niet kunnen behouden van bomen continu aan de orde komt. Om hierin per boom tot een goed onderbouwd oordeel te

kunnen komen moet een afwegingskader ontwikkeld worden. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende categorieën:

- Beschermwaardige bomen (monumentaal, onderdeel hoofdbomenstructuur, beeldbepalende parel of onderdeel UNESCO gebied);
- verplantbare bomen;
- 'overige' bomen.

Met name bij de beschermwaardige bomen dient systematisch onderzocht te worden of en onder welke randvoorwaarden behoud mogelijk is. Deze randvoorwaarden worden mede bepaald door de technische mogelijkheden die zich voor de kadevernieuwing bieden en de belastbaarheid en duurzaamheid van de vernieuwde kade. Daarnaast kunnen ook financiële aspecten een rol spelen. Dit betreft zowel de boomwaarde (vervangingswaarde conform rekenmethode NVTB) en eventuele (meer)kosten voor het toepassen van een specifieke techniek om één of meerdere bomen te behouden en in te passen.

3 Uitgangspunten bomen

3.1 Bomen Effect Analyse als instrument voor systematisch onderzoek

Om tot een onderbouwd oordeel te kunnen komen of bestaande bomen binnen een project als de kadevernieuwing duurzaam ingepast kunnen worden, is een systematische benadering van de vraag tijdens de planvorming noodzakelijk.
De Richtlijn Bomen Effect Analyse (Bomenstichting/CROW, 2019) levert hiervoor de geschikte kaders en uitgangspunten. Een Bomen Effect Analyse bestaat uit verschillende bouwstenen die inhoudelijk op elkaar aansluiten. Een uitgebreide checklist geeft aan welke informatie verzameld dient te worden om tenslotte tot een duidelijk advies te komen.

Bij het onderzoeken van de inpasbaarheid van (waardevolle) bomen boven kademuren komen drie aspecten aan bod:

- **Situatie boom en groeiplaats**: het is wezenlijk om in beeld te brengen wat de bovengrondse staat van de boom is (soort en afmetingen, conditie, toekomstverwachting, eventuele aantastingen of gebreken), hoe het wortelstelsel ontwikkeld is (verdeling, diepte) en wat de ruimtelijke aspecten van de groeiplaats zijn (doorwortelbare ruimte, afstand tot kademuur en andere bomen, verhardingen, eventuele andere objecten of obstakels, etc.).
- **Verplantbaarheid:** het verplanten van bomen kan een uitkomst zijn voor het geval dat behoud op zijn huidige plek binnen de kadevernieuwing niet mogelijk is. In dit geval moet nader onderzocht worden of verplantbaar technisch haalbaar is en – eventueel op een andere locatie binnen de stad – tot een voldoende duurzaam resultaat gaat leiden.
- **Monetaire boomwaarde:** in geval van kap van een (waardevolle) boom wordt de monetaire waarde berekend conform de vigerende richtlijnen en het Rekenmodel Vervangingswaarde van de Nederlandse Vereniging van Taxateurs van Bomen (NVTB). Deze boomwaarde kan via het gemeentelijke bomenfonds gebruikt worden om te investeren in de aanplant van nieuwe bomen of andere boomprojecten binnen de stad.

De drie hierboven genoemde aspecten zijn in de volgende paragrafen nader toegelicht.

3.2 In beeld brengen boom en groeiplaats

De bouwstenen 4 t/m 6 van de Richtlijn Bomen Effect Analyse omvatten het nader in beeld brengen van de huidige staat van de boom en van zijn omgeving. Dit deel van de analyse levert de basis voor het latere advies of een boom duurzaam in te passen is en onder welke voorwaarden.

3.2.1 Kwaliteit boom

Per boom worden in het kader van een veldopname verschillende parameters opgenomen die een rol kunnen spelen bij de latere stappen binnen de Bomen Effect Analyse. De meest relevante parameters zijn:

- Soort
- Leeftijd
- Afmetingen (diameter stam en kroon, boomhoogte)
- Conditie
- Structuur, eventueel aanwezige gebreken of aantastingen
- Habitus (kroonvorm met eventuele bijzonderheden of afwijkingen)
- Inschatting heden beschikbare doorwortelbare ruimte
- Toekomstverwachting (inschatting op de basis van alle overige parameters)
- Beoordeling bodem op hoofdlijnen (voeding, vocht- en zuurstofvoorziening)



Per boom moeten in het kader van een Bomen Effect Analyse diverse parameters in beeld gebracht worden die meegewogen worden bij de vraag of het mogelijk is om een boom binnen een aankomende ontwikkeling als bijvoorbeeld de kadevernieuwing met voldoende kwaliteit (beeld, habitus) en perspectief (toekomstverwachting na de geplande ingreep) in te passen.

Op basis van de boomanalyse kan tevens beoordeeld worden of de betreffende boom potentieel in aanmerking komt voor verplanting. Indien dit het geval is moeten in het vervolg ook nog andere factoren onderzocht worden om tot een verplantadvies te kunnen komen (zie ook paragraaf 3.3).

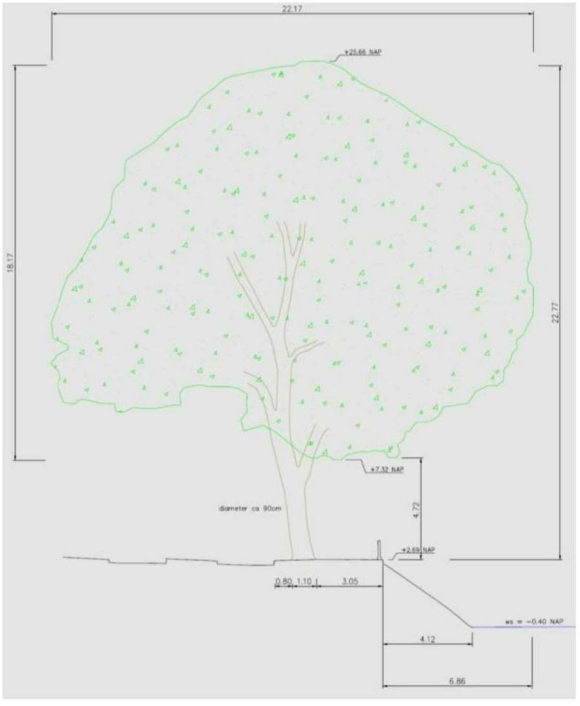
3.2.2 Ruimtestudie boven- en ondergrondse situatie

Het bestaande (huidige) ruimtebeslag van de boom vormt het uitgangspunt voor de analyse van de gevolgen die door een geplande ontwikkeling voor de boom zullen ontstaan. Daarom is het zo nauwkeurig mogelijk in kaart brengen van de boven- en ondergrondse situatie een kernelement van de Bomen Effect Analyse.

Nader inmeten stam, kroon en positie

Bij een kadevernieuwing moeten in de meeste gevallen werkzaamheden binnen het kroonbereik van bomen worden uitgevoerd. Vaak moet hierbij gebruik gemaakt worden van (zeer) groot materieel en daaraan verbonden werkruimte.
Hoe nauwkeuriger de bovengrondse afmetingen van de boom in kaart gebracht worden, hoe exacter de analyse van de risico's voor de boom en van de alternatieven die zich hier mogelijk voordoen.
Hierbij dienen onder andere de volgende aspecten in beeld gebracht te worden:

- Exacte locatie boom inclusief aanduiding van de omvang en vorm van de wortelvoet/wortelaanlopen op maaiveldhoogte.
- Vorm en balans van de kroon: waar en op welke hoogte zitten hoofdtakken die de basis van de kroon vormen en niet verwijderd of afgezet mogen worden? Wat is de takvrije hoogte in de zones waar binnen de kroonprojectie gewerkt moet worden? Is er verder sprake van scheefstand of van een eenzijdig ontwikkelde kroon?

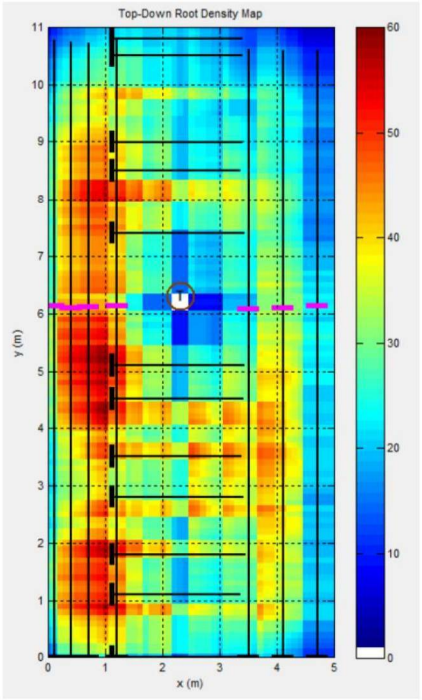


Voorbeeld van een scan van een boom boven een kademuur. Naast de exacte kroonvorm en de takvrije hoogte is hier ook de afstand van de wortelaanlopen meegenomen. De hoogte van hoofd- of gesteltakken moet ter plaatse vaak nog apart worden ingemeten.

Nader in kaart brengen opbouw wortelstelsel en bodemprofiel

De ondergrondse impact op bomen weegt in veel situaties het zwaarst. Het verwijderen van delen van het wortelpakket is meestal slechts in beperkte mate mogelijk omdat een boom anders te veel van zijn opnamecapaciteit verliest (kans op achteruitgang in conditie en groei), minder sterk verankerd is (kans op instabiliteit) en kwetsbaarder wordt voor aantastingen (kans op aantasting wortelstelsel door houtparasitaire schimmels).
Afhankelijk van een aantal factoren is het soms echter mogelijk om bomen te behouden met een gereduceerd wortelstelsel.
Om hier tot een goede inschatting te komen is het noodzakelijk om de ondergrondse situatie zo goed mogelijk in beeld te brengen. Waar en op welke diepte wortelt de boom voornamelijk? Hoe zijn vooral de dikkere hoofdwortels ruimtelijk verdeeld? Op welke diepte begint de reductiezone en zit het grondwater? Wat is de bodemopbouw binnen de doorwortelde zone?
Bij bomen in stedelijk gebied is het in kaart brengen van deze factoren vaak slechts beperkt mogelijk omdat er niet door bestaande (ondiepe) wortelpakketten heen kan worden gegraven. Hierdoor blijven dieper zittende delen van het wortelstelsel onbereikbaar voor een directe beoordeling.
Binnen een Bomen Effect Analyse dient binnen de ruimtestudie zo veel mogelijk inzicht in de bovengenoemde factoren gekregen te worden. Dit kan door middel van profielboringen, profielsleuven en optioneel met behulp van een grondzuiginstallatie (profielsleuven) of de grondradar technologie.





Profielsleuven (foto links) of metingen met de grondradar technologie (afbeelding rechts) geven bij bomen op kademuren vaak een redelijk beeld wat betreft beworteling en bodemopbouw, maar kennen ook hun belemmeringen omdat het vaak niet mogelijk is om tussen bestaande wortels dieper te graven en de worteldetectie met de grondradar in de vaak heterogene stadsbodem soms slechts een beperkt beeld levert.

Naast het zo goed mogelijk in beeld brengen van bodem en beworteling dient gekeken te worden naar andere elementen in de directe omgeving van de boom die een rol kunnen spelen bij een eventuele herinrichting van deze zone. Dit betreft onder andere de aanwezige verhardingen inclusief hun onderconstructie/fundering, in de grond aanwezige kabels, leidingen en rioleringen en daarnaast andere elementen als lichtmasten, putten en straatkolken, tramleidingen, afvalcontainers (boven en ondergronds), trafohuisjes etc.



Bij de ruimtestudie dient gekeken te worden naar de rond de boom aanwezige zone met open grond (boomspiegel), de ligging, soort en verkeersbelasting van verhardingen, de ligging van kabels, leidingen en rioleringen en de positie van andere elementen in de openbare ruimte als lichtmasten, (ondergrondse) afvalcontainers, putten en kolken, trafohuisjes etc.
Al deze factoren kunnen een rol spelen bij de beoordeling of een boom inpasbaar is en wat hierbij komt spelen.

Kansen en knelpunten

Vaak ontstaan bij ontwikkelingen rond bomen risico's, maar doen zich ook kansen voor om bijvoorbeeld de bestaande groeiplaats te verruimen en kwalitatief te verbeteren. Deze kansen kunnen mede bepalen of het duurzaam inpassen van een waardevolle boom uiteindelijk haalbaar is of niet.
Hierbij moet ook naar knelpunten gekeken worden die zich nu of in de nadere toekomst zullen voordoen, bijvoorbeeld doordat een boom te veel en te dicht naar een gevel toe groeit. Een ander knelpunt kan de beperkte kwaliteit en toekomstverwachting van de boom zelf zijn. Kansen en knelpunten worden in de studie naar mogelijke varianten en in het uiteindelijke advies meegenomen.

3.3 Verplantbaarheid

Wanneer bomen door een ontwikkeling niet op hun huidige standplaats kunnen blijven staan, biedt verplanting soms een optie om deze bomen binnen dezelfde locatie of naar een locatie binnen bereik te verplanten.

3.3.1 Algemene en biologische randvoorwaarden

Om een boom voor verplanting in aanmerking te laten komen moeten de volgende aspecten gewaarborgd zijn:

- Het moet gaan om een **(goed) verplantbare soort** zoals bijvoorbeeld plataan, linde en iep. Dit ligt onder andere aan de manier hoe deze bomen hun wortelstelsel vormen. Andere boomsoorten gedragen zich hier minder gunstig of slaan moeilijk aan bij verplanting vanaf een bepaalde maat en leeftijd.
- De **conditie en vitaliteit** moet dusdanig (goed) zijn dat de boom de verplanting kan doorstaan en op de nieuwe standplaats goed aan kan slaan.
- De boom moet **vrij zijn van ziektes, aantastingen of mechanische gebreken** die – los van een eventuele verplanting – een belemmering voor de kwaliteit en toekomstverwachting vormen.
- **Beeldkwaliteit en habitus**: een te verplanten boom moet goed en evenwichtig ontwikkeld zijn. Scheve en eenzijdig ontwikkelde bomen zijn meestal allen in specifieke situaties of in landschappelijke beplantingen toepasbaar en worden zelden verplant in een stedelijke omgeving. Vaak moet een kroon in het kader van een verplanting gesnoeid worden om een evenwicht tussen de verplantkluit en het bladvolume te genereren. De natuurlijke vorm of habitus van de boom mag hier niet te veel onder lijden.

3.3.2 Specifieke en technische randvoorwaarden

Naast de biologische randvoorwaarden moet in het voortraject van een mogelijke verplanting rekening gehouden worden met diverse andere aspecten:

- Voor een verplanting moet een **verplantkluit** voorbereid worden die voldoende groot en samenhangend is. Binnen de resterend kluit moet voldoende fijne beworteling aanwezig zijn dat de boom na de verplanting kan blijven functioneren. De kap van veel dikkere wortels t.b.v. de voorbereiding van de kluit leidt bij veel boomsoorten tot problemen en risico's.
- **Ondergrondse obstakels:** kabels, leidingen, rioleringen en funderingen kunnen een ernstige belemmering voor het voorbereiden van de minimaal nodige verplantkluit vormen.
- **Bereikbaarheid voor verplantmachines:** bij de verplanting van grotere bomen moet gewerkt worden met vrij zware en specifieke verplantmachines. Daarom moet onderzocht worden of de aangewezen machine ter plaatse van de boom voldoende (werk)ruimte heeft om te kunnen manoeuvreren. Daarnaast moet de kade op dat moment en in deze zone voldoende belastbaar zijn.
- **Voorbereidingstijd**: grotere bomen moeten minimaal één en soms twee tot drie groeiseizoenen lang op een verplanting worden voorbereid om in meerdere stappen een goede verplantkluit te genereren. Deze tijd moet binnen een project gewaarborgd zijn om een goed resultaat te bereiken.

- **Transportroute**: vooral bij grotere bomen moet in het voortraject goed onderzocht worden of het mogelijk is om de boom van zijn huidige locatie naar de aangewezen plek krijgen. Obstakels als bruggen/viaducten, bovenleidingen of krappe bochten maken het transport van een grotere boom vaak onmogelijk.
- **Nieuwe standplaats**: deze moet goed ingericht en ruim genoeg zijn dat de boom zich hier na de verplanting verder kan ontwikkelen.
- **Logistiek**: vooral bij grotere projecten moet gewaarborgd zijn dat de nieuwe plantlocatie beschikbaar is op het moment dat de boom verplant moet worden. Soms biedt een tijdelijk depot hier een oplossing totdat de nieuwe standplaats beschikbaar komt en ingericht en bereikbaar is. De kosten voor de verplanting gaan door het tijdelijk in een depot zetten echter omhoog. Daarnaast is er een kans dat de boom door het opnieuw verplanten binnen relatief korte tijd een tweede 'verplantshock' moet compenseren.

3.3.3 Amsterdamse uitgangspunten voor verplantingen

De gemeente Amsterdam hanteert naast de hierboven benoemde algemene randvoorwaarden voor een succesvolle verplanting enkele specifieke uitgangspunten.
Te verplanten bomen moeten conditioneel goed zijn en na de verplanting nog minimaal 15 jaar goed groeien.
De maximale leeftijd van te verplanten bomen ligt bij ca. 35 jaar bij een stamomtrek van maximaal 100 cm gemeten op een hoogte van 1,30 meter vanaf maaiveld.
Boomsoorten die snel groeien (bijvoorbeeld populieren) of die gevoelig zijn voor boomziektes komen niet voor verplanting in aanmerking.
Verder moeten de bomen goed zijn qua vorm, dus niet gekandelaberd, eenzijdig, onderstandig of dergelijke.
Bij bomen tot 15 jaar oud wordt ervan uitgegaan dat verplanting zonder voorbereidingstijd mogelijk is. Voor de bomen van 15 tot 35 jaar oud wordt uitgegaan van 1 jaar om de kluit voor te bereiden.

3.4 Bepaling monetaire boomwaarde

De monetaire waarde van een boom wordt berekend conform de vigerende richtlijnen van de Nederlandse Vereniging van Taxateurs van Bomen (NVTB) door een bij deze vakvereniging aangesloten taxateur.

Voor het bepalen van de monetaire waarde van bomen hanteert de NVTB in principe drie taxatiemethoden:

- de marktwaarde c.q. handelswaarde;
- de vervangingswaarde;
- het '*Rekenmodel Vervangingskosten*'[1].

Bij bomen in stedelijk gebied en specifiek boven kademuren is geen sprake van een primair economische gebruiksfunctie. Vaststelling van de markt- of handelswaarde is daarom niet van toepassing.

[1] De vigerende Richtlijnen NVTB kunnen gedownload worden van de site www.boomtaxateur.nl.

De berekening van de vervangingskosten is van toepassing wanneer er sprake is van bomen met een lokale functie, gekoppeld aan de standplaats. Voorwaarde voor het toepassen van de vervangingskosten is dat de betreffende boom moet wijken omdat deze boom- of beheertechnisch onherstelbaar beschadigd is en op dezelfde locatie door een vergelijkbare boom kan worden vervangen. De vervanging moet daarnaast technisch reëel uitvoerbaar zijn. Wanneer jongere bomen op kademuren moeten wijken is directe vervanging door een vergelijkbaar nieuw exemplaar eventueel nog mogelijk. De vervangingskosten bestaan in dat geval uit de kosten voor levering en aanplant van de nieuwe boom.
Bij grotere (waardevolle) bomen is het niet meer mogelijk om een nieuwe boom van vergelijkbare afmetingen en habitus te vinden en kan de berekening van de (directe) vervangingskosten niet worden toegepast.

Daarom wordt de boomwaarde in de meeste gevallen worden berekend met behulp van het '*Rekenmodel Vervangingskosten'*. Het '*Rekenmodel Vervangingskosten'* is gebaseerd op de kosten die gemaakt moeten worden om de betreffende boom op dezelfde locatie te vervangen door een gelijkwaardig exemplaar. Deze kosten worden berekend door uit te gaan van het (her)planten van één boom, plus de kosten voor begeleiding, beheer en onderhoud tot de betreffende boom in vergelijkbare mate de functie vervult van de boom die in het kader van de kadevernieuwing moet wijken.

4 Veldonderzoek

In hoofdstuk 3.2. staat beschreven welke gegevens in het kader van het veldonderzoek opgenomen moeten worden om de vervolgstappen (analyse plan en gevolgen voor bomen, zoeken naar alternatieven) goed uit te kunnen voeren.

De concrete invulling van het veldonderzoek is in deze Bomen Effect Analyse niet mogelijk omdat hier is uitgegaan van een algemene situatie met een volwassen boom die op ca. 1,5 meter afstand van de rand van een kade staat (gemeten vanaf de rand van de stam).
In deze hypothetische casus is dus niet vastgesteld wat de kwaliteit van de boom is, waar en op welke hoogte zich de hoofdtakken bevinden, wat de staat van de kade is en welke maatregelen hier moeten plaatsvinden om de kade voor een voldoende lange periode te vernieuwen.

In de hoofdstukken 5 en 6 worden daarom rekening gehouden met de bandbreedte van factoren die de kans op behoud van bomen binnen een kadevernieuwing en hiermee de uitkomst van een Bomen Effect Analyse voor een concrete casus bepalen.

5 Gevolgen kadevernieuwing voor bomen

De gevolgen die bij een kadevernieuwing voor bomen op de kade (kunnen) ontstaan hangen af van een aantal uiteenlopende factoren:

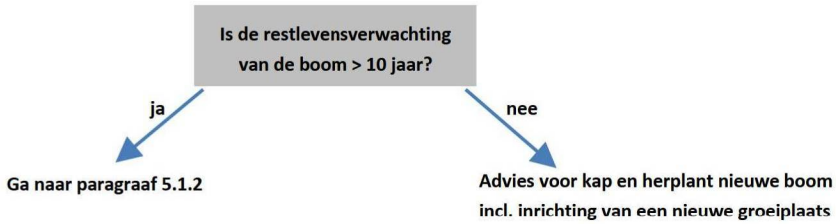
- Staat van de te vernieuwen kade en met name de onderconstructie met houten vloer en de palen waarop de vloer rust
- Noodzaak tot vervanging van de hele kadeconstructie of alleen de kademuur of delen daarvan
- Noodzaak om te werken met een damwandconstructie (tijdelijke damwand buiten de huidige kade en/of damwand als dragend element van de te vernieuwen kadeconstructie)
- Staat (conditie, kwaliteit) en toekomstverwachting van de boom
- Diepte en verdeling beworteling
- Grootte en kwaliteit groeiplaats
- Afstand tussen kade en boom en breedte van de kade
- Vorm en afmetingen kroon en positie en hoogte essentiële (hoofd)takken
- Eis betreffende levensduur kade na vernieuwing

Bij de aankomende kadevernieuwing zal per boom of situatie in het kader van een Bomen Effect Analyse systematisch getoetst worden of er kansen zijn tot behoud. Deze toets kan in een aantal stappen worden doorlopen

5.1 Kansen tot boombehoud: toets in meerdere stappen

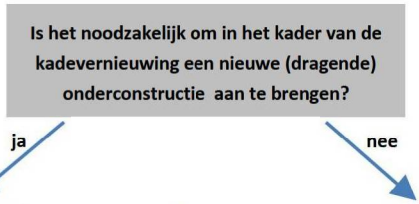
5.1.1 Stap 1: Check kwaliteit en toekomstverwachting

Het behouden van een bestaande boom binnen een kadevernieuwing leidt tot verhoogde inspanningen en kosten voor onderzoek, engineering en uitvoering. In de meeste gevallen ontstaan door de uitvoering extra stressfactoren voor de boom.
Bij bomen met een beperkte restlevensduur staat het resultaat van behoud en inpassing in geen verhouding tot de inspanningen die hiervoor gemaakt moeten worden.



5.1.2 Stap 2: Check noodzaak vernieuwing kadeconstructie

De technische ingreep die gedaan moet worden om een kade te vernieuwen kan per situatie verschillen. Een wezenlijke factor hierbij is of de bestaande onderconstructie (houten vloer en onderliggende palen) nog voldoende goed zijn zodat alleen de hierop rustende kademuur of delen daarvan vernieuwd moeten worden. Wanneer de hele kade inclusief de dragende onderconstructie vernieuwd moet worden is de ingreep in alle gevallen groter en neemt de kans af dat bomen die dicht op de kade staan hierin behouden kunnen worden.



De impact op een boom op de kade is naar verwachting (zeer) groot. Om te zoeken naar kansen tot behoud dienen de volgende aspecten verder onderzocht te worden:

- **Welke werkzaamheden zijn minimaal nodig om de bestaande kadeconstructie te verwijderen en een nieuwe constructie aan te brengen?**
- **Is een (tijdelijke) damwand een onderdeel van de nieuw aan te brengen kadeconstructie?**
- **In welke omvang en waar moet gegraven worden om de nodige werkruimte te creëren?**
- **Kan de stabiliteit van de kade met daarin de boom als gevolg van de werkzaamheden (tijdelijk) instabiel worden? Zo ja, welke mogelijkheden zijn er om dit tegen te werken?**
- **Houdt de boom ondanks de ingreep voldoende wortels over om – eventueel in gereduceerde vorm – stabiel en voldoende 'fit' te blijven?**

Ga naar paragraaf 5.1.3

5.1.3 Stap 3: Check noodzaak plaatsen damwand

In veel gevallen moet bij een kadevernieuwing een damwand aangebracht worden. Dit kan een tijdelijke damwand betreffen die buiten de bestaande kademuur wordt aangebracht t.b.v. droogleggen en stabiliseren van de hele kade tijdens de reconstructiewerkzaamheden. Een dergelijke damwand kan na afloop weer getrokken of op een bepaalde hoogte afgebrand worden om te blijven fungeren als grondwering om onderloopsheid tegen te houden. Daarnaast kan een damwand ook de basis vormen van de nieuwe kadeconstructie. In dat geval moet de damwand ter hoogte van de huidige kademuur gerealiseerd worden.
Voor bomen op de kade ontstaan door het plaatsen van damwanden ernstige risico's op meerdere vlakken. Naast de conflicten met de kroon bij het hijsen en aanbrengen van de lange damwandplanken moet bijvoorbeeld gekeken worden naar de kans op wortelschade en -verlies of op bovengrondse schades en bodemverdichting door het grote in te zetten materieel. Daarnaast is er een potentieel risico op zetting en verzakken van de kade als gevolg van trillingen in de fase tussen het verwijderen van de oude en het aanbrengen van de nieuwe kadeconstructie.

Is het noodzakelijk om ten behoeve van de kadevernieuwing damwanden te plaatsen?

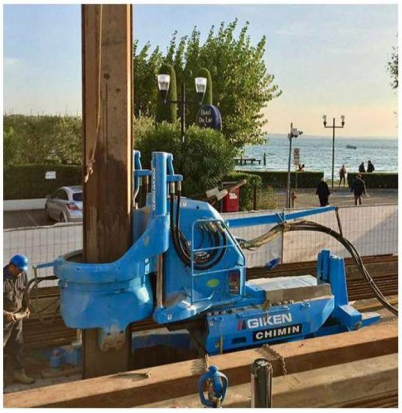
ja

De impact op een boom op de kade is naar verwachting (zeer) groot. Om te zoeken naar kansen tot behoud dienen de volgende aspecten verder onderzocht te worden:

- **Nauwkeurig opmeten van de kroon en de hoofdtakken (bijvoorbeeld door een digitale scan)**
- **Zo goed mogelijk in kaart brengen wat de impact op het wortelstelsel is wanneer de damwand de vervangende (nieuwe) constructieve basis ter plaatse van de oorspronkelijke kademuur wordt.**
- **i.s.m. damwandspecialist: integrale analyse van de opties die zich bieden om de vereiste damwand zonder of met beperkte schade aan te brengen: op elkaar lassen van enkele planken, inzet silent piler (zie foto rechts), mogelijkheden om incidenteel een kortere plank te plaatsen etc.**
- **Inschatting risico dat de kade met daarbij de boom in beweging komt tijdens werkzaamheden.**
- **Checken optie om de boom en hiermee delen van de kade via een aparte constructie extra te fixeren tijdens de werkzaamheden.**
- **Boomtechnische analyse i.s.m. met boomeigenaar (gemeente) of het sterk innemen of verwijderen van hoofdtakken aanvaardbaar is als de boom hierdoor behouden kan blijven.**

nee

Ga naar paragraaf 5.1.4



Voor het geval dat er mogelijkheden zijn om conform het ontwerp alsnog een damwand binnen het (kroon)bereik van de boom te plaatsen dient hiervoor op basis van de hiervoor in samenwerking met specialisten uit andere disciplines uitgevoerde integrale analyse een plan opgesteld te worden. Het gaat in dat geval om een stuk maatwerk ter hoogte van de boom.

Wanneer het plaatsen van een damwand noodzakelijk is voor de kadevernieuwing en uit de analyse van de mogelijkheden om dit zo 'boomvriendelijk' te realiseren blijkt dat realisatie niet mogelijk is zonder de boom sterk te beschadigen en/of samen met de kade te destabiliseren, moet worden afgezien van behoud van de boom.

5.1.4 Stap 4: Zoeken naar maatwerkoplossingen

Voor het geval dat de bestaande kadeconstructie niet als geheel verwijderd en vervolgens weer nieuw opgebouwd hoeft te worden én het werken met damwanden constructief gezien niet dwingend noodzakelijk is, kan gezocht worden naar andere vormen en technieken die het vernieuwen van de kade mogelijk maken in combinatie met behoud van bomen.

Hierbij moet rekening gehouden worden met verschillende randvoorwaarden:

- De technische oplossing mag niet leiden tot ernstige schade aan de boven- of ondergrondse delen van de boom of tot een verslechtering van de groeiplaatsomstandigheden.
- De vernieuwde kade moet een minimale levensduur hebben. Deze moet in het voortraject zijn bepaald en vastgesteld.
- De alternatieve constructie moet waarborgen dat de kade voldoende stabiel is m.b.t. de in de toekomst te verwachten (verkeers)belasting.
- Het beeld van de vernieuwde kade moet ter hoogte van bomen zo veel mogelijk aansluiten op aansluitende stukken waar de kadevernieuwing met een andere techniek is uitgevoerd.
- Op plekken waar twee verschillende technieken van kadevernieuwing op elkaar aansluiten moet gewaarborgd zijn dat hier geen zwakke punten ontstaan.
- De kosten voor een oplossing op maat om een boom in te passen moeten in enige verhouding staan tot de uitvoeringskosten voor de delen van de kade waar geen bomen staan.

Veel van deze randvoorwaarden zijn van bouwtechnische aard. Om tot een goede en integrale afweging te komen of een specifieke techniek rond bomen kan worden toegepast is echter een integrale benadering nodig met een samenwerking tussen boomspecialisten en specialisten op het vlak van waterbouw, damwandtechnieken, grondmechanica e.d.

6 Conclusie en advies

Bij het op grote schaal vernieuwen van kades binnen Amsterdam ontstaat wat bomen betreft een spanningsveld:

- Het uitgangspunt is dat bomen zo veel mogelijk op hun huidige plek behouden worden. Dit geldt in bijzondere mate voor bomen met een extra status en waarde (monumentaal, beeldbepalend, onderdeel hoofdstructuur etc.). Indien behoud met geen mogelijkheid haalbaar is kan verplanting eventueel een alternatief bieden.
- Het vernieuwen van een kade betekent een bouwtechnische ingreep waarbij – mede afhankelijk van de technische staat van de kade – met zwaar materieel gewerkt moet worden. Deze ingreep leidt tot enige impact op bomen die op de kade staan. Dit komt erop neer dat het in veel gevallen technisch niet mogelijk is om bomen te behouden en in te passen wanneer men een nieuwe kade wil realiseren die qua stabiliteit, levensduur en beeld voldoet aan de eisen.

Voor de bomen waarvan behoud niet mogelijk is moet een omgevingsvergunning voor kap worden aangevraagd. Voor de gemeente is het daarom wezenlijk om met de aanvraag aan te kunnen tonen dat per boom systematisch onderzocht is of behoud binnen de aankomende kadevernieuwing mogelijk is. Wanneer het antwoord ja luidt moet worden aangegeven hoe de kadevernieuwing rond de boom technisch wordt uitgevoerd en hoe de boom hierin wordt begeleid. Wanneer behoud onmogelijk blijkt moet worden aangetoond dat deze conclusie gebaseerd is op een zorgvuldig onderzoek.

De Bomen Effect Analyse is in beide gevallen het instrument om tot een resultaat te komen.

6.1 Bomentoets en toepassing Bomen Effect Analyse

Bij de kadevernieuwing wordt per boom getoetst of en onder welke randvoorwaarden behoud en inpassing mogelijk is.
Wanneer het hierbij gaat om waardevolle bomen met een door de gemeente toegekende bijzondere status of functie wordt deze vraag onderzocht in het kader van een Bomen Effect Analyse. Het proces hierbij is als volgt:

1. **Bomentoets vooraf**: is de kwaliteit van de boom voldoende tot goed en is de toekomstverwachting minimaal 10 jaar? Het antwoord op deze vraag moet onderbouwd worden met een recente boombeoordeling en eventueel op de basis van gegevens uit het beheerdossier. Luidt het antwoord nee: dien een aanvraag voor een omgevingsvergunning voor kap in en maak een plan voor herplant van een nieuwe boom, bij voorkeur in combinatie met het inrichten van een toekomstbestendige nieuwe groeiplaats. Luidt het antwoord ja: voer een Bomen Effect Analyse uit.
2. **Startfase BEA:** voer aan het begin van de Bomen Effect Analyse dient gecheckt te worden of er redenen of omstandigheden zijn die het behoud van één of meerdere bomen op een stuk te vernieuwen kade in alle denkbare varianten onmogelijk maakt. Wanneer dit het geval is kan de Bomen Effect Analyse in een verkorte vorm

worden uitgevoerd. In de (verkorte) BEA dient t.b.v. de kapaanvraag duidelijk onderbouwd te worden waarom er geen alternatieven zijn voor het verwijderen van de boom door kap of eventueel verplanting (zie punt 5).

3. **Eerste integrale check plan en uitvoeringstechnieken:** voorafgaande aan het veldonderzoek dient de boomdeskundige een korte voorstudie uit te voeren om inzicht te krijgen het plan voor het betreffende stuk kade dat vernieuwd wordt, de staat van de kade en de technieken en machines die voor de kadevernieuwing naar verwachting zullen worden ingezet.
4. **Veldstudie:** uitvoeren veldonderzoek zoals beschreven in hoofdstuk 3.2., beoordelen principiële (biologische) verplantbaarheid.
5. **Integraal toetsen kansen tot boombehoud:** het doorlopen van de stappen die beschreven staan in hoofdstuk 5 levert het antwoord op de vraag of en onder welke voorwaarden boombehoud mogelijk is. In hoofdstuk 6.2 is hiervoor een variant nader uitgewerkt.
6. **Onderbouwde keuzes en vervolgstappen:** als uit de integrale toets naar voren komt dat behoud van de boom reëel haalbaar is wordt hiervoor een integraal (boom)technisch advies uitgewerkt dat de basis vormt voor de verdere planvorming. Als de boom moet wijken en voor verplanting in aanmerking komt dient de technische verplantbaarheid nader beoordeeld te worden door een aanvullend onderzoek. In alle andere gevallen wordt een omgevingsvergunning voor kap aangevraagd waarbij de Bomen Effect Analyse de inhoudelijke onderbouwing vormt.

6.2 Voorstellen kadevernieuwing met boombehoud

In een pilotstudie in opdracht van de gemeente Amsterdam is door Tauw BV onderzocht welke technische oplossingen zich bieden om bestaande kades te vernieuwen met behoud van de bomen die op de kade staan.
Binnen deze studie zijn verschillende varianten uitgewerkt die toegepast kunnen worden zonder dat hiervoor een (tijdelijke) damwand aangebracht hoeft te worden. Daarnaast is nagedacht over het verankeren en daarmee stabiliseren van de boom tijdens de werkzaamheden aan de vernieuwen kade.

6.2.1 Drukpalen in kademuur als centraal element

Het centrale element binnen een kadevernieuwing met boombehoud zijn drukpalen die verticaal door de bestaande kademuur heen geboord en vervolgens in de diepte gedrukt worden.
Deze palen vormen de basis voor het opvangen van de druk van de kade naar het water toe. De constructie wordt verder versterkt door andere elementen als trekankers in de richting van de bebouwing (extra borgen van de belasting op de drukpalen), gordingen (onderlinge koppeling van drukpalen) of een betonnen wand die achter de bestaande kademuur aangebracht en aan deze gekoppeld wordt (zwaarder maken en verstijven van de hele constructie).

Een belangrijk technisch aspect van de drukpalen is dat deze in meerdere delen aangebracht kunnen worden die achter elkaar door de in de kademuur geboorde gaten heen in de ondergrond gedrukt en aan elkaar gelast worden. Hierdoor is de minimale werkhoogte beperkt en kan met deze techniek ook onder boomkronen of in gebouwen gewerkt worden. De machines die hierbij worden toegepast zijn beperkt qua omvang en gewicht en kunnen in geval van werkzaamheden aan kades vanuit pontons en dus via het water worden ingezet.

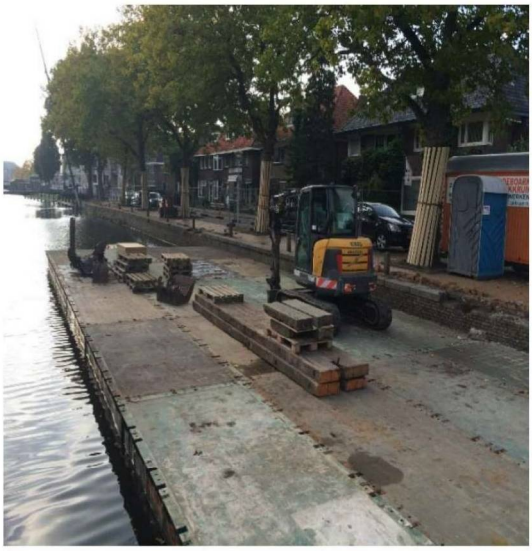
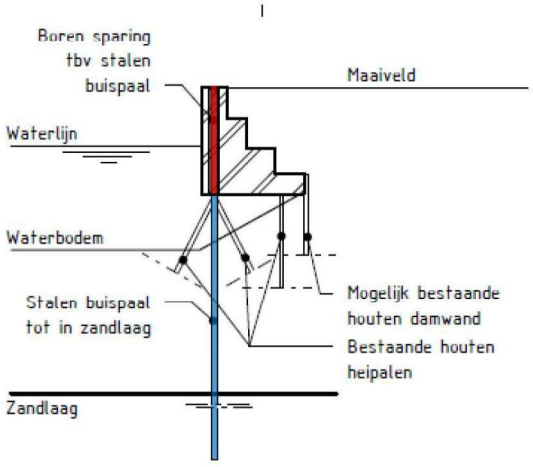




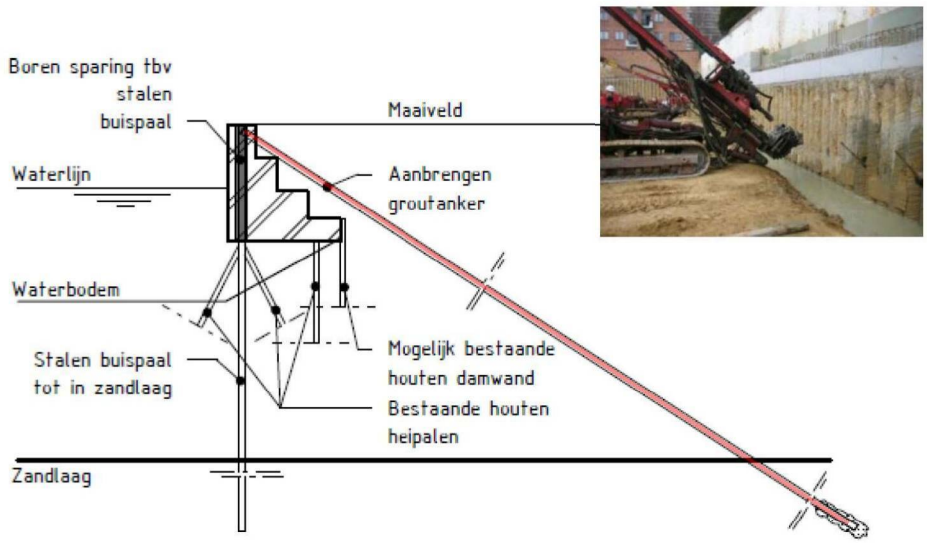
Foto links: bij het boren en het aanbrengen van drukpalen in kademuren kan vanuit gekoppelde kleine pontons vanuit de saterzijde gewerkt worden.
Foto rechts: het voor de drukpalen in te zetten materieel heeft een beperkte werkhoogte van enkele meters en kan onder een boomkroon flexibel positie kiezen.

Hieronder is een doorsnede weergegeven van de boorpaal die aan de waterzijde door de kademuur heen gaat in een voorgeboorde opening en vervolgens in meerdere stappen/segmenten tot in de zandlaag gedrukt is.

Doorsnede door een kade waar een drukpaal aan de waterzijde door de muur heen naar beneden is gedrukt. In het rood gearceerde gedeelte wordt vooraf een gat in de kademuur geboord. In het blauw gearceerde gedeelte wordt de paal stapsgewijs in op elkaar te lassen segmenten in de ondergrond gedrukt tot in de zandlaag.



Een tweede technisch element in de voorgenomen constructie zijn trekankers die vanaf de waterzijde diagonaal naar beneden in de kade geboord worden. De ankers worden aan de bovenzijde aan de drukpalen gekoppeld om mede de krachten op te vangen die vanuit de kade- naar de waterzijde werken.



De trekanker (rode arcering) wordt vanaf de bovenzijde van de kademuur schuin naar beneden geboord en aan de drukpaal gekoppeld om mede de krachten op te vangen die vanaf de kade- naar de waterzijde werken.

Door Tauw zijn vervolgens twee varianten uitgewerkt die toegepast kunnen worden om de constructie van de kademuur extra te versterken:

- Het aanbrengen van een stalen balk gording aan de waterzijde waarmee de drukpalen ter hoogte van de boom aan elkaar gekoppeld worden. De trekankers kunnen in dat geval aan de balk gekoppeld worden (variant 3b in variantenstudie).
- Het aanbrengen van een betonwand die aan de kadezijde aan de bestaande kademuur wordt gekoppeld (variant 3a in variantenstudie).

Vlakbij een bestaande boom kan alleen met variant 3b (stalen balk gekoppeld aan drukpalen en trekankers) gewerkt worden omdat het aanbrengen van een betonwand (variant 3a) gepaard gaat met omvangrijk graafwerk in de zone direct achter de kademuur waar in de meeste gevallen een essentieel deel van de beworteling van de boom zit. Variant 3a is daarom alleen van toepassing voor (delen van) kades waar geen of weinig bomen staan.

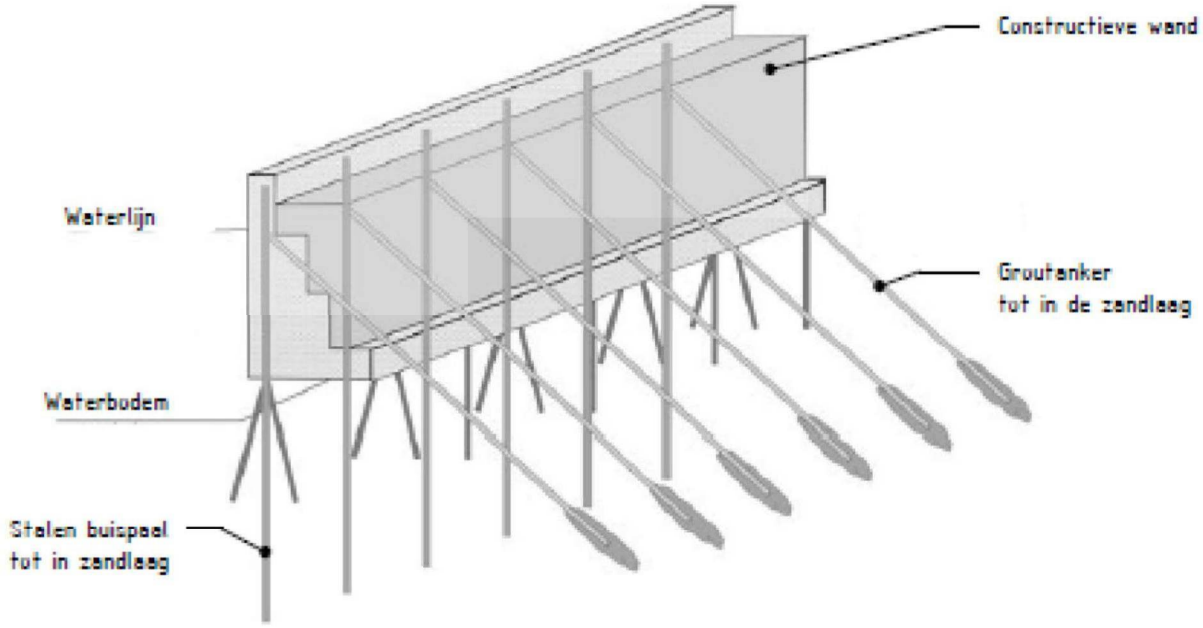
Variant 3b biedt vanuit het perspectief van de boom een aantal voordelen:

- Inzet van relatief klein en laag materieel binnen het bereik van de kroon.
- De werkzaamheden kunnen vanaf het water worden uitgevoerd. De kade wordt hierdoor niet belast door zware machines.

- Voor het aanbrengen van de drukpalen hoeven geen graafwerkzaamheden uitgevoerd te worden. De boring wordt door het buitenste deel van de kade heen uitgevoerd waar slechts zeer zelden boomwortels aanwezig zijn. De kans op wortelschade is hierbij nagenoeg nihil.
- De positie van de drukpalen is variabel binnen bepaalde marges. Hierdoor is een stuk maatwerk mogelijk (inpassing onder laag zittende zware takken, bij obstakels in de kaderand e.d.)

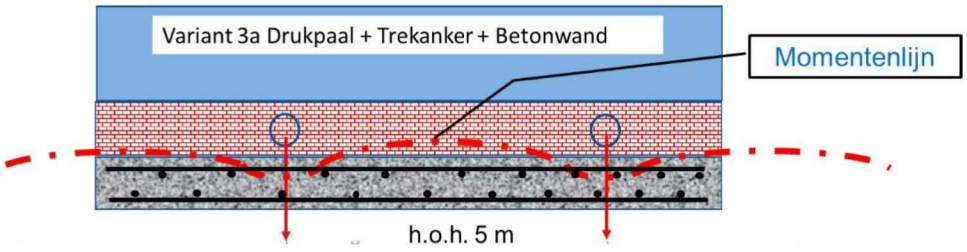
Een stuk onzekerheid bestaat wat betreft het aanbrengen van de trekankers binnen het bereik van de boom. Bij het schuin naar beneden boren vanaf de waterzijde bestaat de kans dat wortels worden geraakt. De potentiële schade voor de boom die hierdoor kan ontstaan hangt af van de dikte en functie van de geraakte wortel(s), de afstand tot de wortelaanlopen en hart boom en de aard en omvang van de schade die aan de wortel(s) ontstaat.

Variant 3a kan niet dicht bij een boom worden toegepast omdat de impact op het wortelstelsel te groot wordt. Deze variant kan wel in combinatie met variant 3b worden toegepast.

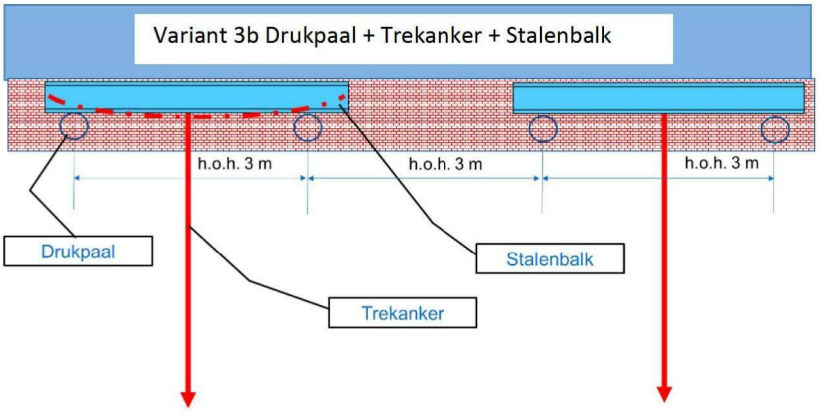


Schets van variant 3a met drukpalen door de bestaande kademuur, trekankers (groutankers) die schuin onder de kade tot in de zandlaag geboord worden en een constructieve wand (gewapend beton) die ter versterking aan de bestaande kademuur gekoppeld wordt.

De twee varianten zijn uitgewerkt in een bovenaanzicht. Hierbij is bij variant 3a ervan uitgegaan dat de trekankers aan de bovenkant van de drukpalen gekoppeld worden Bij variant 3b zijn de trekankers gekoppeld aan de stalen balk die aan de kadezijde aan twee drukpalen verankerd wordt.



Bovenaanzichten van de varianten 3a en 3b. Ter hoogte van bomen kan alleen variant 3b worden toegepast.

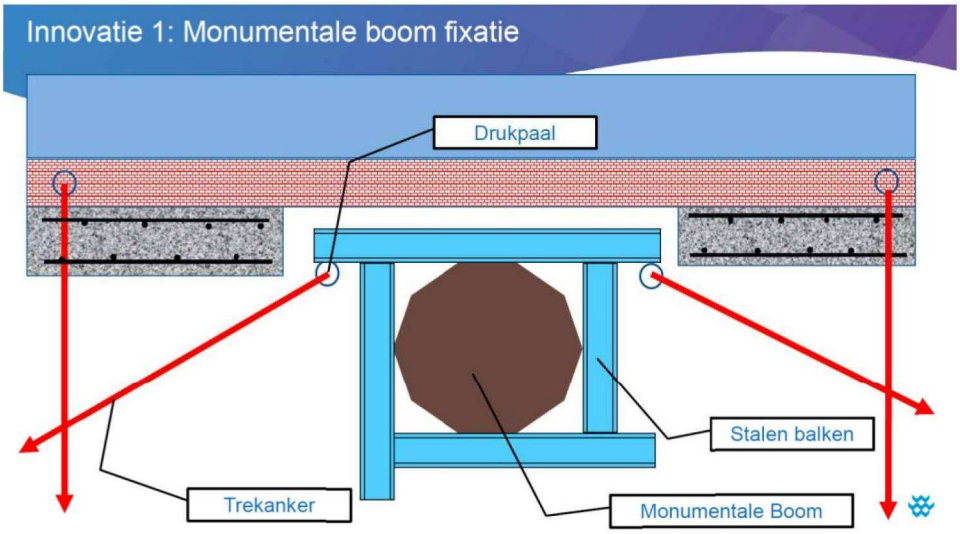


Wanneer het qua randvoorwaarden (technische staat kade, vereiste minimale levensduur etc.) een optie is om bij een kadevernieuwing te werken met een combinatie van de varianten 3a en 3b is een stuk maatwerk vereist met onder andere de volgende elementen:

- Vaststellen overgangspunt tussen variant 3a en 3b ter hoogte van een boom. In beginsel is dit aan beide kanten 5 meter vanuit hart boom gemeten langs de kadelijn. De definitieve afstand dient per boom nog nader bepaald te worden in het kader van het veldonderzoek.
- Ter plaatse bepalen waar de drukpalen binnen bereik van de boom geplaatst kunnen worden, hierbij rekening houdend met mogelijke obstakels als laag hangende zware takken of wortels die in het bovenste deel van de kade tot in de muur zijn gegroeid.
- Afstemmen mogelijke posities trekankers (koppelen aan drukpalen, stalen balk of allebei). Vervolgens door aanvullend onderzoek (profielsleuven i.c.m. zuigtechnieken, grondradar) vaststellen of en waar het boren van de trekankers kan plaatsvinden zonder dat hierbij wezenlijke wortelschade ontstaat.
- Verdere uitwerking en detaillering tot en met uitvoeringsontwerp
- Opstellen boombeschermingsplan en begeleiding uitvoering binnen bereik van bomen door een boomspecialist (European Tree Technician of vergelijkbaar).

6.3 Technisch voorstel: tijdelijke verankering boom

In aanvulling op de in hoofdstuk 6.2 beschreven varianten 3a en 3b is door Tauw een idee geïntroduceerd hoe bomen die in het kader van een kadevernieuwing blijven staan extra verankerd zouden kunnen worden. Het idee hierachter is dat rond de boom op maaiveldhoogte een vierkant van stalen balken wordt geplaatst. Deze worden gekoppeld aan twee drukpalen met telkens een aparte extra spananker die voor deze tijdelijke constructie worden aangebracht. Uitgangspunt van dit idee is dat met dezelfde technische elementen gewerkt kan worden die ook in de kadevernieuwing rond bomen toepasbaar zijn.



Voorstel verankering van de boom op maaiveldniveau door aanbrengen van een frame van stalen balken dat op (minimaal) twee punten gekoppeld word aan een combinatie van een drukpaal met een trekanker.

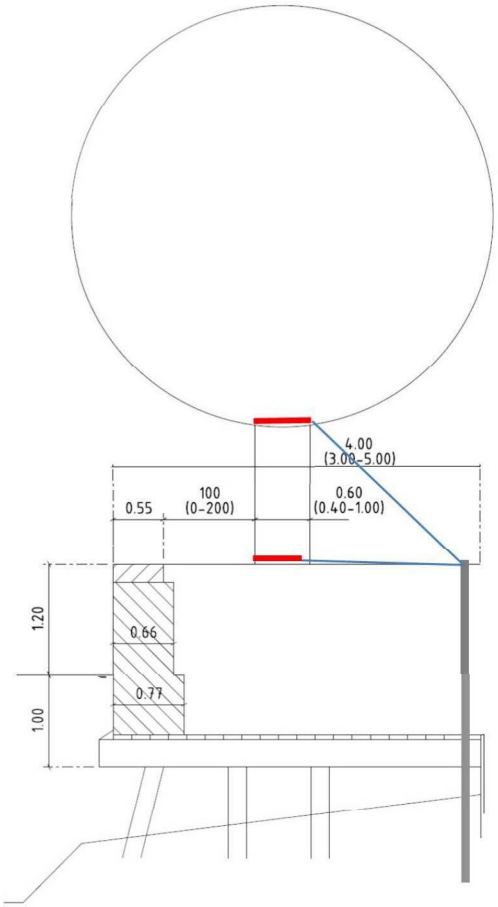
Een dergelijke constructie kan een bijdrage leveren aan het stabiliseren en in positie houden van zowel de boom als de kade tijdens de werkzaamheden en is daarom wenselijk. Boomtechnisch gezien zijn hierbij drie aandachtspunten:

- De wortelaanlopen van bomen lopen op maaiveldniveau vaak onregelmatig en grillig. Het is in de praktijk hierdoor vaak niet mogelijk om een constructie als het hierboven geschetste framewerk vlakbij de boom in een goede en vlakke positie te krijgen.
- Aan de kadezijde moet het frame met de wortelvoet contact maken om druk op te kunnen vangen. Door de vorm van de onderstam en de uitstekende wortelaanlopen is het contactoppervlak hier in de meeste gevallen klein. In geval van belasting wordt het houtweefsel hier gauw kapot gedrukt en kan ernstige weefselschade in een voor de boom kwetsbare zone ontstaan.
- Het aanbrengen van extra drukpalen en trekankers in een bereik vlakbij de boom bergt risico op wortelschade.

Vanuit de boomtechnische praktijk kan het idee van Tauw doorvertaald worden naar een iets andere geometrie en een ander element om de boom ‘vast te houden’. In plaats van of in

aanvulling op een stalen frame wordt hierbij uitgegaan van flexibele maar niet elastische banden waarmee de boom vanuit de kadezijde gefixeerd wordt. Bij trekproeven worden hiervoor meestal hijslussen gebruikt die rond de wortelvoet worden aangebracht. Deze hijslussen moeten naar de bebouwing toe aan belastbare punten gekoppeld worden. Als de ruimte en geometrie van de kade het toelaat kunnen twee drukpalen vlakbij de rijbaan aangebracht worden. De koppen van deze drukpalen zijn de koppelpunten van een lus die om de wortelvoet heen gelegd en vervolgens op spanning gebracht wordt.

Bij voldoende afstand tussen de koppelpunten en de boom is het mogelijk om een tweede lus aan te brengen die ter hoogte van de onderste takaanzetten rond de stam wordt aangebracht. Hierdoor kunnen twee krachtmomenten worden opgevangen: het schuiven van de kade met daarin de wortelkluit van de boom naar het water toe en het kantelen van de boom als gevolg van windbelasting tijdens de werkzaamheden wanneer de hele constructie van de kade tijdelijk ontwricht is. Een dergelijke combinatie is vooral mogelijk op bredere kades waar voldoende afstand tussen de boom en de rijbaan of andere elementen is om de drukpalen aan te brengen en





Het aangepaste voorstel is om de boom vanaf de kant van de bebouwing te fixeren en hiervoor aparte drukpalen aan te brengen. Fixatie rond de stamvoet (tegenhouden verschuiven van de boom met kluit) en optioneel ter hoogte van de eerste kroonaanzet (tegenhouden kantelen van de boom op het moment dat de kade tijdelijk ontwricht is) dient met hijslussen of vergelijkbaar materiaal plaats te vinden om te voorkomen dat het weefsel op de stam beschadigd wordt. Een voorbeeld hiervoor is hierboven op de foto van een trekproef te zien.

De voor de boomverankering aan te brengen drukpalen kunnen eventueel tijdelijk aan de overige drukpalen in de kademuur gekoppeld worden om de hele constructie nog stijver en belastbaarder te maken.

6.4 Optie: maatwerk en toelaten van enige kroonreductie

Bij grote bomen op kades zijn de kronen vaak voornamelijk aan de waterzijde ontwikkeld omdat hier gemiddeld meer licht en ruimte beschikbaar is. Dit is een van de redenen waarom het aanbrengen van damwanden binnen kroonbereik vaak niet mogelijk is zonder zware ingrepen waarin hoofdtakken of kroondelen sterk ingekort of zelfs helemaal verwijderd moeten worden. Dit leidt meestal niet alleen tot een aanzienlijk slechter beeld maar kan ook tot boomtechnische problemen leiden zoals parasitaire aantastingen op de zeer grote snoeiwonden (met kans op houtafbraak tot in de stamkolom), conditionele achteruitgang of een wilde en warrige groei van scheuten als reactie op de snoei.

Zowel vanuit het beleid en de doelstellingen van de boomeigenaar (in dit geval de gemeente) als vanuit de regels en richtlijnen binnen het bomenvak is dergelijke zware snoei in beginsel onwenselijk.

Er wordt echter geadviseerd om binnen de kadevernieuwing een stap verder te denken voor het geval dat er technische geen alternatief is voor het aanbrengen van een (tijdelijke) damwand. Per boom dient een analyse uitgevoerd te worden wat de minimale gevolgen van het plaatsen van de damwand zijn. Deze analyse is een stuk maatwerk dat door samenwerking tussen een boomspecialist en een specialist damwandtechnieken moet worden uitgevoerd. De speelruimte ligt hierbij op twee vlakken:

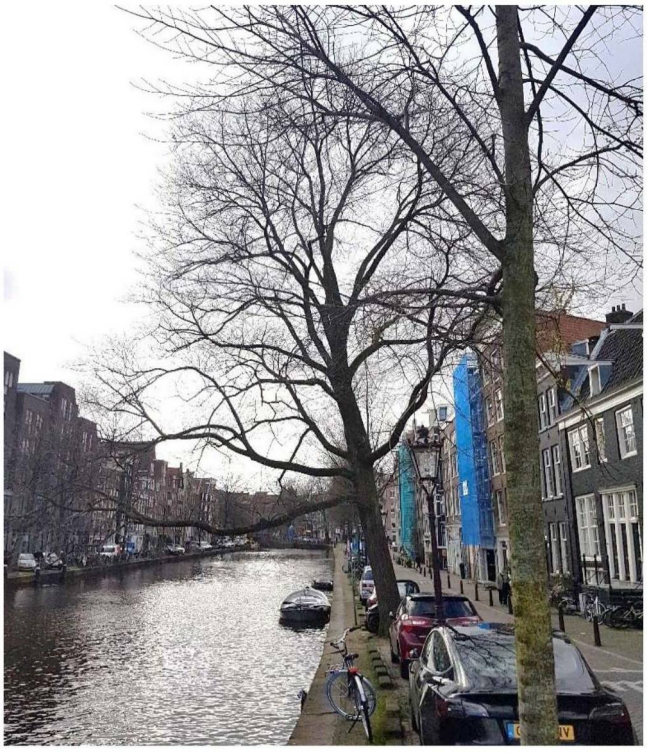
1. Maatwerk plaatsen damwanden: er zijn verschillende technieken voor het aanbrengen van damwanden beschikbaar. Naast het toe te passen materieel kunnen damwandplanken soms in meerdere delen worden opgelast. Daarnaast is het soms ook mogelijk om ter plaatse van een te sparen tak of kroondeel een enkele kortere damwand tussen de overige (langere) damwandplanken aan te brengen. Deze opties moeten desnoods door een constructeur doorgerekend worden. Een verdere factor is het uitvoerende personeel. Er zijn voorbeelden van projecten waar lange damwandplanken door de kroon van een monumentale boom heen zijn gemanoeuvreerd door een bekwame kraanmachinist in samenwerking met de uitvoerder en de boomspecialist. Deze optie dient in ieder geval te worden bekeken.
2. Na de eerste stap dient door de boomspecialist beoordeeld te worden welke delen van de kroon minimaal verwijderd moeten worden om de damwand te plaatsen, welke snoeiwonden hierdoor ontstaan, of het mogelijk is om de kroonbalans door aanvullende snoei enigszins te herstellen en wat dit voor het beeld en de functie van de boom voor de komende jaren betekent.

Een gehavende boom die qua beeld flink achteruitgaat maar ondanks de kadevernieuwing voldoende toekomstperspectief hoeft niet altijd de slechtste optie te zijn. En zeker niet als het mogelijk is om de kroonbalans binnen één of twee snoeibeurten te herstellen.

De afweging of een dergelijke aanpak haalbaar is ligt in eerste instantie bij ervaren specialisten, die dit vanuit technisch perspectief moeten beoordelen. Hierbij moet rekening gehouden worden met het feit dat het streven altijd moet zijn om bij een grotere en

ingrijpende snoeiingreep maximaal 20% van het totale kroonvolume te verwijderen. Wanneer het noodzakelijk wordt om meer dan 20% uit een kroon te verwijderen, moet hiervoor een vergunning aangevraagd worden.

De vraag in hoeverre het mogelijk is om incidenteel een omvangrijke en ingrijpende snoeimaatregel toe te passen (die verder gaat dan wat de bomenverordening en de 'regels' van het bomenvak toestaan) ligt bij de boomeigenaar die tevens verantwoordelijk is voor de kadevernieuwing. Wellicht kunnen bij de afweging ook factoren als (resterend) kroonvolume en ecosystemdiensten meegewogen worden. Die hoeven bij een boom met een gehavende kroon niet veel geringer te zijn dan bij een exemplaar dat boomtechnisch en qua beeld een plaatje is.



Het verwijderen van de onderste hoofdtakken aan de waterzijde t.b.v. het aanbrengen van een (tijdelijke) damwand is vanuit de regels en richtlijnen van het bomenvak *not done* en zou normaliter geen goedkeuring van de boomeigenaar krijgen. Moet de vraag in dat geval echter anders worden beoordeeld als de kans groot is dat de boom in zijn gereduceerde vorm potentieel nog steeds een goed toekomstperspectief heeft en – op beeld en esthetiek na – de meeste van de functies en waarden houdt die hij nu binnen de stad vervult?

6.5 Optie: wortelsnoei met beleid

Het snoeien of verwijderen van wortels is voor een boom altijd onwenselijk en kan leiden tot negatieve effecten zoals conditionele achteruitgang tot en met sterfte, instabiliteit of infecties en aantastingen van het wortelstelsel door houtparasitaire schimmels.

Hoe groot het effect van wortelsnoei op een boom is hangt af van verschillende factoren:

- Volume van de door de snoei verwijderde wortels
- Dikte en functie van de verwijderde wortels
- Afstand tussen het punt waar wortels verwijderd worden en de boom
- Boomsoort

- Conditie
- Inrichting en kwaliteit groeiplaats

Hoe dichter bij de boom dikkere wortels verwijderd worden, hoe groter het risico op instabiliteit en houtparasitaire aantastingen. Ingrepen binnen de essentiële delen van het wortelstelsel van bomen zijn daarom in het kader van rond de boom uit te voeren werkzaamheden niet toegestaan.

Wanneer grotere bomen verplant worden moet een kluit worden voorbereid. In het kader van de voorbereiding is het meestal noodzakelijk om diverse grotere wortels af te zetten omdat anders de verplantkluit te groot wordt en de boom niet meer transportabel is. Bij de kluitvoorbereiding worden deze wortels vakkundig afgezet en wordt vervolgens een specifiek grondmengsel rond de rand van de kluit aangebracht. Tijdens de voorbereidingsfase wordt herhaaldelijk water in en langs de kluit geïnjecteerd om de groei van nieuwe fijne wortels vooral vanuit de afgezette wortels te stimuleren. Periodiek worden voedingsstoffen aan het water toegevoegd. Hierdoor wordt de beworteling binnen de resterende kluit dichter.

Wat bij verplantingen mogelijk is kan in principe ook bij werkzaamheden rond bomen toegepast worden waar een noodzaak ontstaat om wortels te verwijderen zoals bij de kadevernieuwing. De vraag aan de boomspecialist is dan niet gericht op een verplanting maar luidt: is het mogelijk om het bestaande wortelstelsel van een boom dusdanig te reduceren d.m.v. wortelsnoei zodat de minimaal nodige ruimte ontstaat voor de geplande bouwtechnische inpassing rond de boom (in dit geval de kadeverniewing)? Zo ja, welke maatregelen moeten dan getroffen worden om te waarborgen dat de kwaliteit en de toekomstverwachting van de boom hierdoor niet achteruitgaan?

De uitgangspunten en vragen kunnen vertaald worden naar het volgende plan van aanpak:

- In beeld brengen ligging en verdeling van het wortelstelsel van de betreffende boom op de kade
- In samenwerking met technisch specialist kadeconstructies in beeld brengen waar in het kader van de kadevernieuwing wortels moeten wijken t.b.v. de nieuwe constructie of minimaal benodigde werkruimte om deze aan te brengen.
- Inschatting of het mogelijk is om de boom duurzaam en stabiel te handhaven en zo ja onder welke voorwaarden.
- Indien behoud mogelijk is: opstellen van een programma/werkplan voor de wortelsnoei, eventuele ingrepen in de kroon (reduceren kroonvolume i.v.m. tijdelijk verminderde opnamecapaciteit en/of stabiliteit), uitbreiden en/of verbeteren groeiplaats (optie), water en periodiek voeding toedienden tijdens uitvoering werkzaamheden, bescherming en begeleiding. Bij het reduceren van het kroonvolume moet hierbij worden uitgegaan van maximaal 20% reductie.

Het programma voor de boom moet in dit geval onderdeel worden van het contract.

7 Nog open vragen en thema's

Boombeschermingsplan: nog niet vast te stellen in deze fase van een BEA waar geen concreet plan getoetst wordt. Randvoorwaarden en uitgangspunten boombescherming kunnen in de BEA wel al worden vastgesteld.

Stabiliteit kade en (bodem)mechanische aspecten: dit thema is nog onderbelicht in de hele discussie. Het heeft de voorkeur om hier nog dieper op in te gaan, maar vanuit de boom is dat moeilijk omdat het voor een groot deel bodemmechanische aspecten betreft. En boom kan tijdens de uitvoering van de kadevernieuwing wanneer aan de waterzijde alles los gehaald wordt een probleem zijn door zijn potentiële rol als lange hefboom met een wortelstelsel dat bij sterke windbelasting ontwricht kan raken waardoor de hele kade in beweging kan komen. Maar het wortelstelsel kan potentieel ook zorgen voor enige houvast en samenhang in de kade. Zijn hier ervaringen van uit eerdere projecten? Zijn die gedocumenteerd en wie heeft hier veel kennis en ervaring in? Wat de bomen betreft zou nog gekeken kunnen worden of er trekproeven in vergelijkbare omstandigheden zijn uitgevoerd die wat uitsluitsel zouden kunnen geven in deze kwestie.

Verwijzing naar vervolgstappen: een Bomen Effect Analyse is een voortschrijdend document binnen het proces van een project. Op basis van deze algemene BEA kan later een BEA voor een echte situatie/casus gemaakt worden. Ook deze BEA krijgt met een voortschrijdend planproces waarschijnlijk een of meerdere keren een update. Belangrijk om dat nog ergens vast te leggen.

Projectgegevens

Opdrachtgever

Naam:	Gemeente Amsterdam
Contactpersoon:	[redacted]

Bedrijfsgegevens

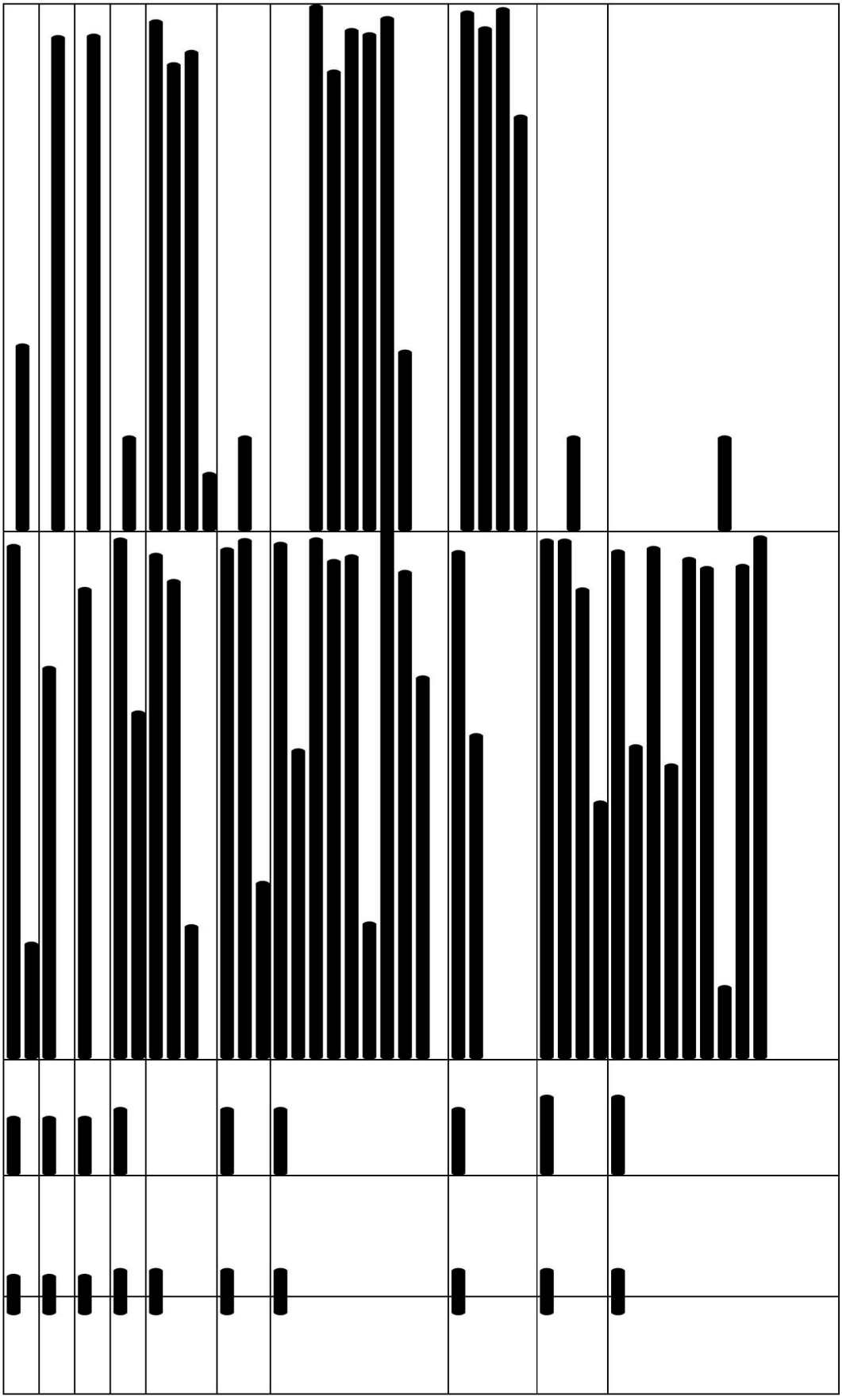
[redacted]

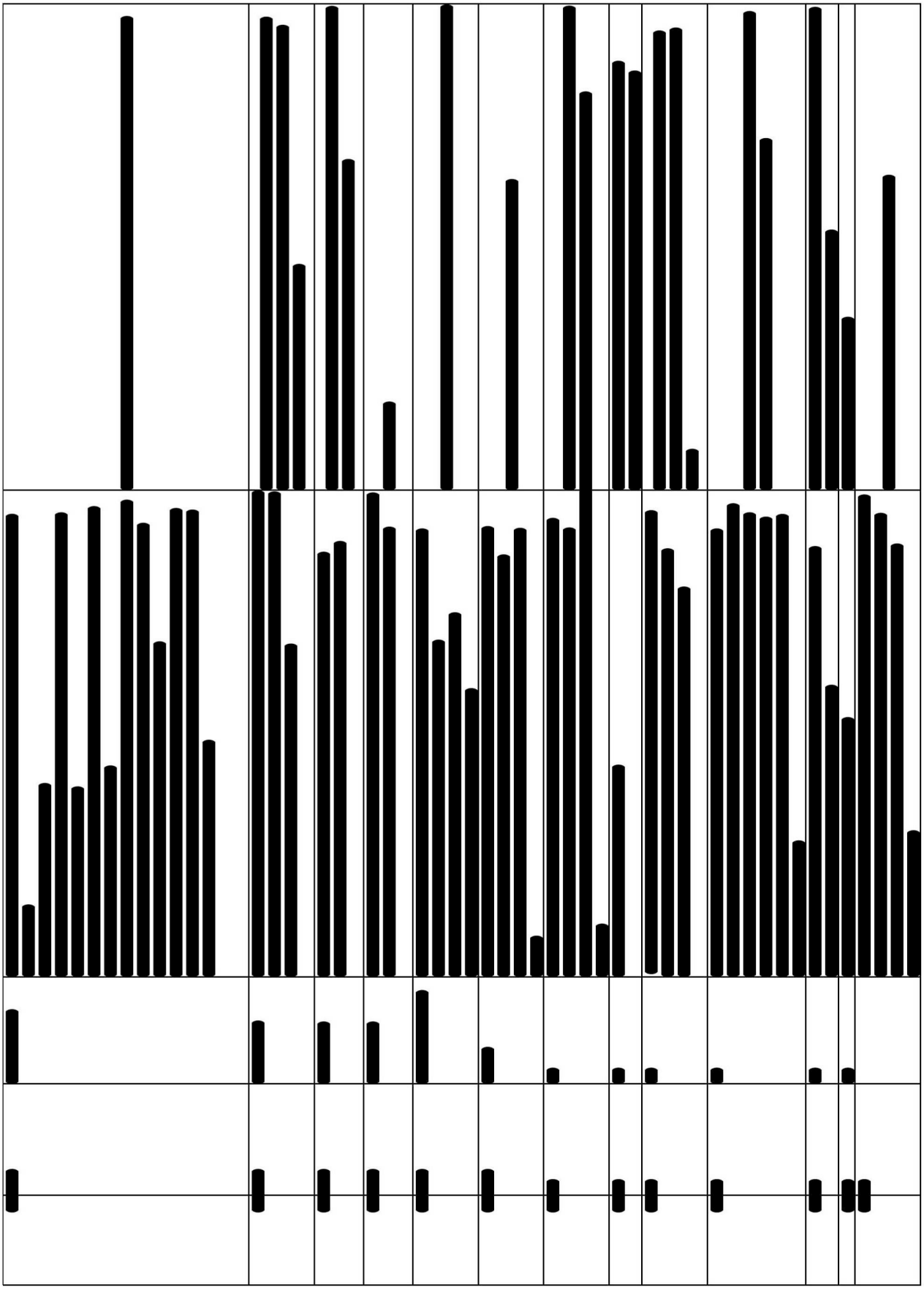
Datum:	oktober 2020
Projectnummer:	20-06 BE

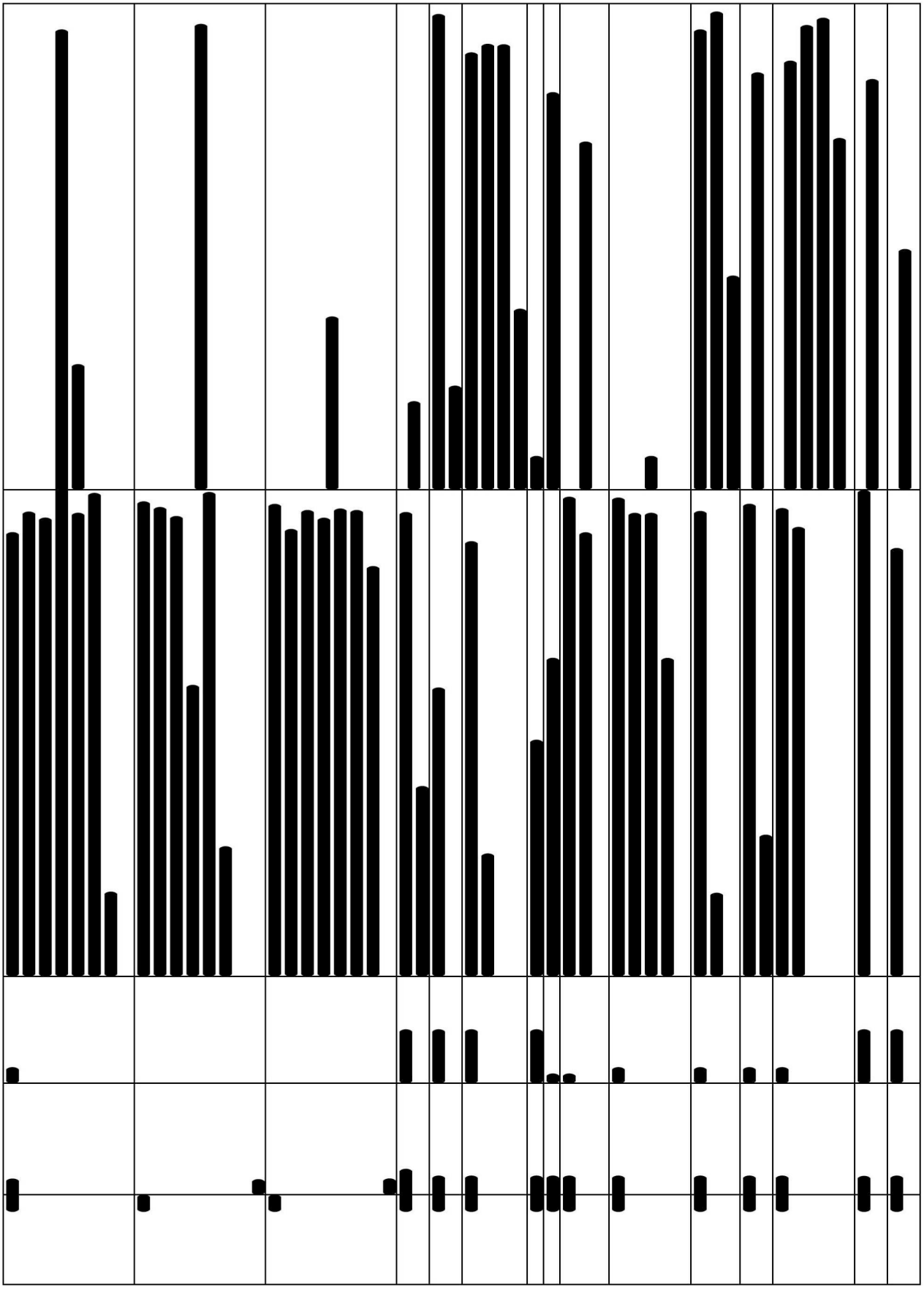
Bijlage 5 Commentaar op presentaties en reactie van Tauw

Reviewformulier schetsontwerp Tauw varianten Boombehoud bij kademuurvernieuwingen

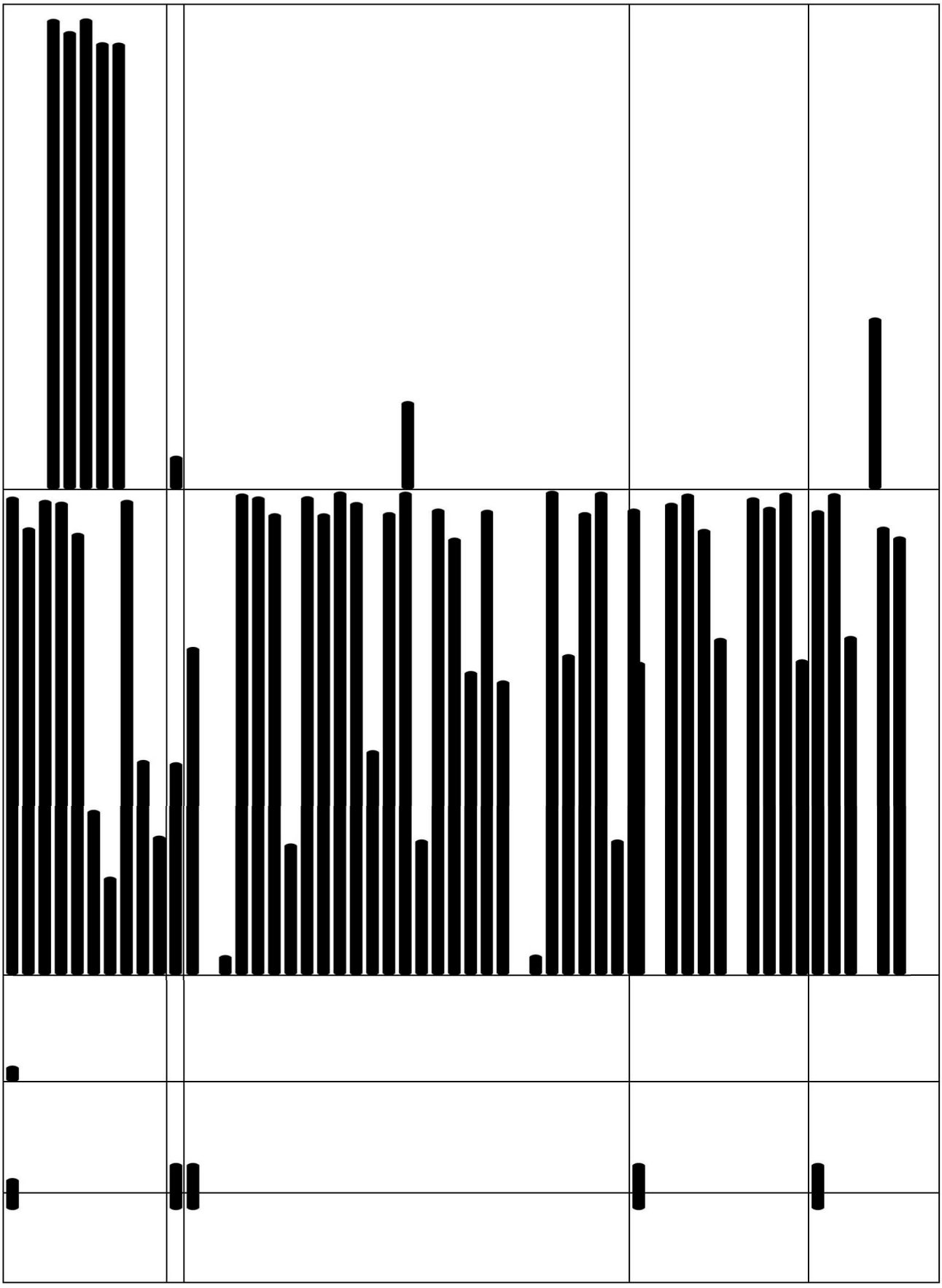
Document:				
Datum:	28-apr-20			
Getoetst door:				
Algemeen:				
volgnummer	initialen toetser	pagina / variant	bevinding / opmerking	reactie Tauw
[redacted]				





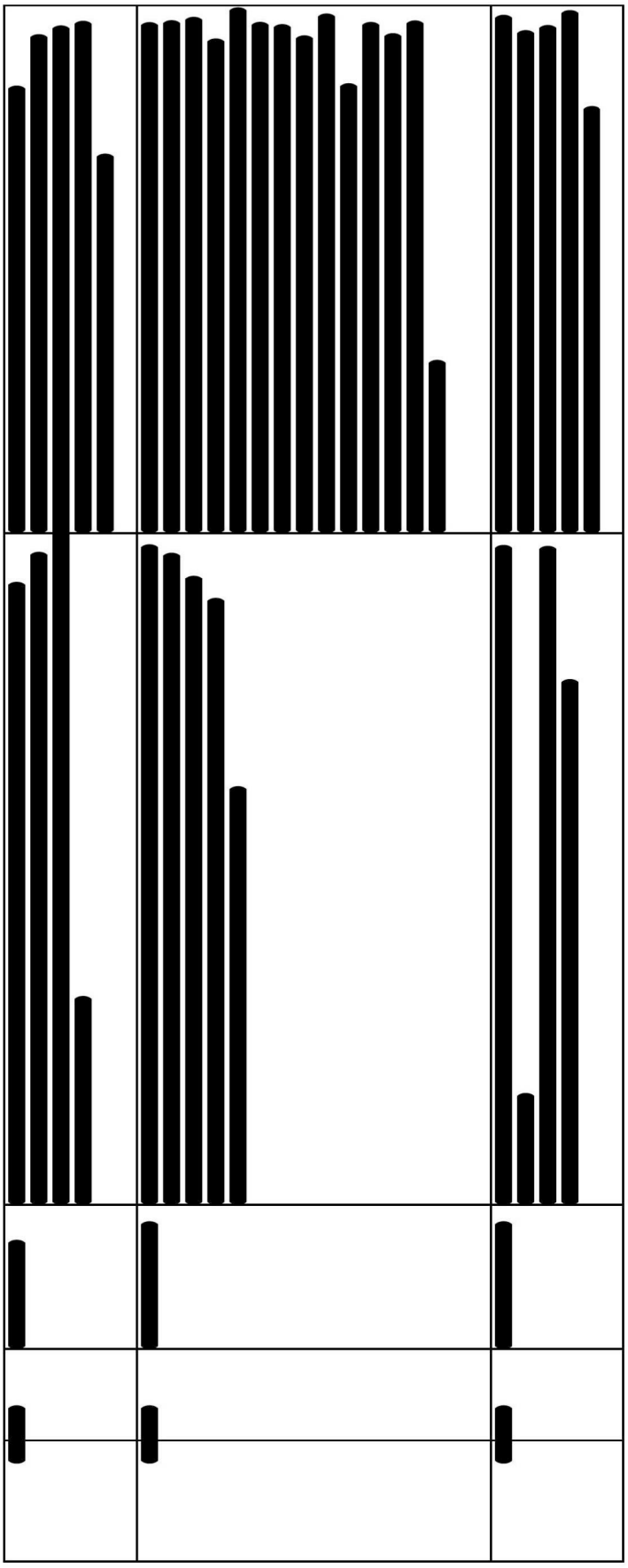






Reviewformulier Notitie TAUW varianten Boombehoud bij kademuurvernieuwingen en BEA.				
Documenten:	Notitie N001-1275582THI-V02-tsz-NL.pdf en Concept Bomen Effect Analyse Bomen op Kademuren_2020_08_24.pdf			
Datum:	20-okt-20			
Getoetst door:	[redacted]			
volgnummer	initialen toe	pagina / variant	bevinding / opmerking / aandachtspunt	reactie Tauw
[redacted]				
[redacted]				
[redacted]				
[redacted]				
[redacted]				
[redacted]				
[redacted]				
[redacted]				





Bijlage 6 Uitgangspuntennotitie

Tauw

Notitie

Contactpersoon [redacted]

Datum 9 juni 2020

Kenmerk N002-1275582THI-V01

Uitgangspunten notitie Boombehoud bij kadevernieuwing

1 Inleiding

Het bereik van het commentaar op de presentatie van Tauw van 28 april 2020 zorgde bij Tauw voor onduidelijkheid over de scope van dit project. Als gevolg hiervan is na overleg met de gemeente Amsterdam (OG) besloten tot een verdere voortgang met opnieuw afstemmen van de uitgangspunten.
De uitgangspunten zijn deels aangeleverd door de OG en deels door Tauw bepaald. In deze notitie zijn allebei de type uitgangspunten op een rijtje gezet zodat er minder kans is op verrassingen en onduidelijkheid tijdens de verdere voortgang van dit project. In 3.5 zijn kort de onduidelijkheden en grenzen van de scope van de berekening weergegeven.

2 Algemene uitgangspunten

Door Tauw is uitgegaan dat kadevernieuwingen nodig zijn maar waarbij niet per sé alles vervangen hoeft te worden. Hierbij is een selectie gemaakt van de toe te passen methodes die er voor zorgen dat de parels en monumentale bomen geen of minimale hinder ondervinden van de werkzaamheden en er minimale risico's zijn die de levensduur van de boom beïnvloeden.

2.1 Geologie

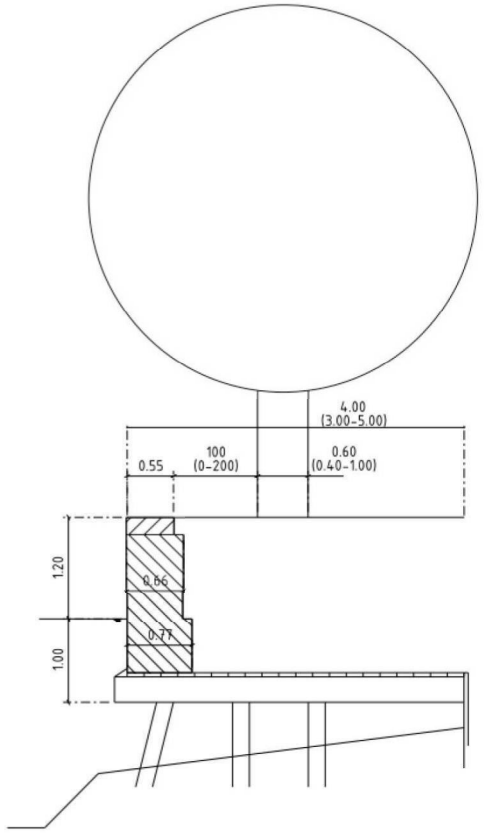
Er is een standaard grondopbouw aangeleverd door de OG, deze is weergegeven in Tabel 2.1. Voor alle berekeningen zal deze aangehouden worden. Voor het berekenen van de paal is het nodig om een sondering met qc waarde te gebruiken. Hier zal de standaard sondering voor Amsterdam uit CUR166 voor worden gebruikt.

Tabel 2.1 Aangeleverde grondopbouw

Type	BK	γ_d / γ_n	C	φ	δ	K1	K2	K3
Toplaag	MV	15,0/18,4	0	28	18	4500	2250	1125
Hollandveen	-2,0	2,5/10,5	5	22	0	2000	800	500
Wadafzettingen	-5,0	13,3/17,9	2	27	18	4000	2000	800
Hydrobiaklei	-12,0	9,0/15,2	8	27	18	4200	2100	1050
Basisveen	-12,5	4,2/11,7	6	21	0	1000	500	250
Eerste zandlaag	-13,0	16,8/19,8	0	33	22	28000	14000	7000
Allerod	-15,0	14,4/18,5	3	28	18	13000	6500	3250
Tweede zandlaag	-17,0	15,9/19,0	0	33	22	31000	15500	7750
[-]	m t.o.v. NAP	[kN/m^3]	[kN/m^2]	[graden]	[graden]	[kN/m^3]	[kN/m^3]	[kN/m^3]

2.2 Kadedoorsnede en geometrie

In Figuur 2.1 is een doorsnede van de kade weergegeven, deze is aangeleverd door de OG. Voor de berekeningen zal hiervan uitgegaan worden. In aanvulling hierop is nog vermeld door de OG dat voor de wortelkluit een omvang van 4 m van de kade en 8 m langs de kade aangehouden mag worden. Omdat er geen NAP maten bekend zijn wordt uitgegaan van een referentie niveau. Het maaiveld wordt als referentieniveau aangenomen.



Figuur 2.1 Aangeleverde kadedoorsnede

2.3 Grondwaterstanden

In de kadedoorsnede van de OG staat een waterpeil, aangenomen is dat dit peil ook in de grond optreedt.

2.4 Overige uitgangspunten

Door de OG is tevens een randvoorwaardentabel aangeleverd, deze is weergegeven in **Error! Reference source not found.**.

Een aantal van deze randvoorwaarden zijn impliciet al meegenomen in de keuze voor welke alternatieven de voorkeur hebben in eerdere notitie. Zo voldoen de gekozen alternatieven al aan het best mogelijke oplossing met betrekking tot de ‘schade boom’ en ‘stabiliteit boom’ randvoorwaarden.

Tabel 2.2 Aangeleverde randvoorwaarde van de OG

Oplossing:	Onacceptabel	Acceptabel	Beter	Best
Technisch uitvoerbaar:	De opgestelde variant is technisch onuitvoerbaar.	De variant is technisch uitvoerbaar maar vereist bijzondere specialistische kennis en materieel.	De variant is technisch uitvoerbaar en door de meeste aannemers te realiseren.	De variant kan door elke GWW-aannemer gerealiseerd worden
Gelijktijdig uitvoerbaar:	Geen afwijzingscriterium	Voor de variant is eerst een tijdelijke stabilisatiemaatregel nodig.	De variant is pas uitvoerbaar nadat de naastgelegen kades gereed zijn.	De variant heeft geen invloed op de bouwfasering.
Dezelfde levensduur:	De opgestelde variant heeft een levensduur korter dan 25 jaar.	Minimaal 25 jaar	Minimaal 50 jaar	Minimaal 100 jaar
Schade boom:	Onherstelbare schade aan de boom of wortelpakket met conditieverlies ten gevolg.	Snoeien overhangende takken, reductie in het wortelpakket van 10%	Geen snoei noodzakelijk, reductie wortelpakket alleen naast en achter de boom.	Geen schade aan boom en wortelpakket, groeiplaatsverbetering mogelijk.
Stabiliteit boom	De boom raakt tijdens de bouwfase of gebruiksfase instabiel	Er is een stabiliteitsconstructie in de uitvoeringsfase nodig.	De variant kan zonder stabiliteitsconstructie worden uitgevoerd.	De boom blijft tijdens de uitvoering en gedurende de gebruiksfase stabiel.
Functiewijziging:	De kademuur is niet meer te betreden, en kan geen dienst meer doen als aanmeerplek voor de woonboten.	Er kan niet meer achter de kademuur worden geparkeerd.	De kademuur voldoet aan alle eisen qua gebruik (parkeren, verkeer, woonboten, etc)	De kademuur maakt nieuwe functies mogelijk (bijv. vergroening of ondergrondse afvalopslag).
Beeldkwaliteit:	Afwijzing vergunning door welstand	Er blijft een stalen gording in het zicht.	Er wijzigt niks aan het beeld.	Het beeld sluit aan bij de overige vernieuwde kademuur.
Waterhuishouding:	Permanente constructie in de gracht, verlies woonbootfunctie, afwijzing vergunning Waternet	Tijdelijke verplaatsing van woonboot, tijdelijke constructie in het water gedurende de uitvoering, stremming doorvaart tijdens uitvoering	Geen stremming doorvaart tijdens uitvoering	Geen wijzigingen in doorstroomprofiel en oppervlaktewater.
Proportionele kosten:	Geen afwijzingscriterium	100% duurder	50% duurder	Gelijke of lagere bouwkosten per meter

3 Constructieve uitgangspunten en werkwijze

3.1 Werkwijze

- Veiligheidsklasse: RC2/CC2
- Levensduur: 50 jaar/100 jaar
- Belastingsfactoren verbouwniveau (NEN 8700-8701)

3.2 Materialen

- Stalen buispaal S235/S355
- Type anker wordt bepaald uit berekening

3.3 Belastingen

De belastingen die meegenomen worden in de berekening zijn:

- Maaiveldbelasting: 5 kN/m2 (CUR 166)

3.4 Berekeningen

De berekeningen die in deze fase worden uitgevoerd voor de doorsnede principe zijn:

- Verticale draagvermogen van stalen buispaal: hieruit wordt de paaldiameter en puntniveau van de stalen buispaal bepaald
- Stabiliteit toetsingen op kantelen en/of verschuiving:
    - er wordt aangenomen dat de kademuur op een houten vloer rust (kademuur zit niet vast aan houten vloer)
    - hieruit worden de specificaties van het anker bepaald op basis van de maximale horizontale belasting en de hoek die de anker moet hebben (gekeken moet worden of de anker niet door de vloer gaat, bij voorkeur dient dit vermeden te worden)

3.5 Buiten scope / onduidelijkheid over scope

Omdat er onvoldoende informatie is over de sterkte van het metselwerk kan de sterkte van het metselwerk en de verbinding van de eventuele anker niet getoetst worden.

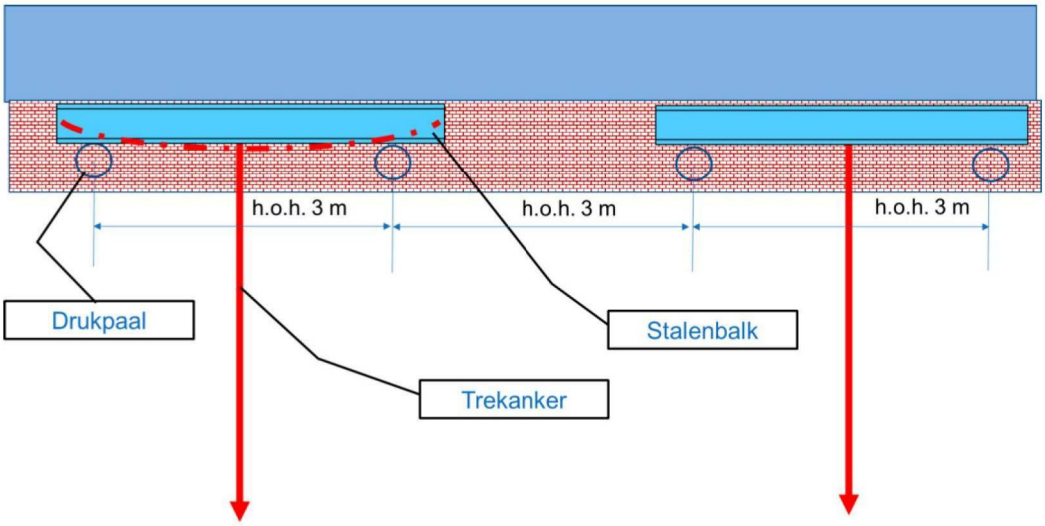
Er wordt alleen met ankers van het type groutanker gerekend. Wanneer dit vanwege de specificaties van de locatie niet mogelijk is zijn er andere types anker mogelijk maar die worden in deze fase nog niet beschouwt.

Eventueel kan windbelasting meegenomen worden volgens NEN 1991-1-4 / CUR 166.
Dit is een vraag omdat de maatregelen die wij toepassen in principe de huidige situatie sterker maken en dit nu ook een mogelijk probleem is. Tevens hangt het effect van windbelasting af van de specifieke locatie en boom, dit maakt het lastig om hier wat zinnigs over te zeggen met de huidige gegevens.

4 Voorgestelde verdere werkzaamheden

In een eerdere notitie van Tauw zijn 3 alternatieven bepaald voor het behoud van monumentale bomen bij kadevernieuwingen, deze notitie is bijgevoegd in Bijlage 1. Deze notitie zal uitgebreid worden met:

- Meename van relevant commentaar op presentatie, zie tevens onze reactie hierop, toegezonden op 05-06-2020.
- Uitwerking van het voorkeursalternatief van OG. Dit is alternatief 3b, zie Figuur 4.1.
- Explicieter onze keuzes naar voren brengen met name in relatie tot de vanuit de OG aangeleverde randvoorwaarde, zie Tabel 2.2



Figuur 4.1 Bovenaanzicht alternatief 3b, waarbij donker blauw het water is en licht blauw een stalen balk die in de metselwerk muur komt.

Bijlage 1 Notitie van Tauw met bepaling van alternatieven voor kadevernieuwingen met als doelstelling het behoud van bomen.