



MER Kanaalzone Noord Apeldoorn

Deelrapport Stadsklimaat

Gemeente Apeldoorn

6 juni 2025

Project MER Kanaalzone Noord Apeldoorn
Opdrachtgever Gemeente Apeldoorn

Document Deelrapport Stadsklimaat
Status Definitief
Datum 6 juni 2025
Referentie 136305/25-008.981

Projectcode 136305
Projectleider P.F.M. Fouraschen MSc
Projectdirecteur A.M. Springer-Rouwette MSc

Auteur(s) Ir. D.A.J. Vlierboom, S. Boussoufi BSc, B. Gradussen MSc
Gecontroleerd door J. van de Wetering MSc, C. Berkhout MSc, ir. J.D. Klein
Goedgekeurd door P.F.M. Fouraschen MSc

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Daalsesingel 51c
Postbus 24087
3502 MB Utrecht
+31 (0)30 765 19 00
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos, noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Tekst- en datamining van (delen van) dit document, evenals enige verwerking of reproductie ervan door middel van kunstmatige intelligentie technologieën is uitdrukkelijk niet toegestaan, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Dit document (of delen ervan) mag niet worden veeelvoudigd en/of anderszins worden gebruikt op enigerlei wijze voor het trainen van kunstmatige intelligentie technologieën, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
2	KADERS VANUIT WETGEVING, BELEID EN RICHTLIJNEN	6
3	WIJZE VAN ONDERZOEKEN EN BEOORDELINGSKADER MET CRITERIA	8
3.1	Ingrep-effectrelaties	8
3.2	Beoordelingskader en methodiek	9
3.2.1	Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal hittestress	9
3.2.2	Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal windklimaat	12
3.2.3	Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal bezonning	14
4	HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN	16
4.1	Huidige situatie	16
4.1.1	Hittestress	16
4.1.2	Windklimaat	18
4.1.3	Bezonning	18
4.2	Referentiesituatie	19
4.2.1	Hittestress	20
4.2.2	Windklimaat	20
4.2.3	Bezonning	21
4.3	Samenvatting van kansen en bedreigingen	21
5	EFFECTENBEOORDELING	22
5.1	Hittestress	22
5.1.1	Gevoelstemperatuur	22
5.1.2	Stedelijk hitte eiland	30
5.1.3	Samenvatting effectbeoordeling hittestress	31
5.2	Windklimaat	31
5.2.1	Samenvatting effectbeoordeling windklimaat	36
5.3	Bezonning	37
5.3.1	Samenvatting effectbeoordeling bezonning	42
6	OVERZICHT VAN EFFECTEN	44

6.1	Samenvatting van de effecten	44
6.1.1	Hittestress	44
6.1.2	Windklimaat	44
6.1.3	Bezinning	45
6.2	Keuzes, kansen en aandachtspunten	45
7	DISCUSSIES EN AANBEVELINGEN	47
7.1	Leemten in kennis en onzekerheden	47
7.2	Monitoring en evaluatie	47
7.3	Maatregelen achter de hand	47
8	REFERENTIES	49
	Laatste pagina	49
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Windhinder overzichtskaarten	4
II	Bezinningdiagrammen:	
	- bestaande situatie	23
	- alternatieven	23

1

INLEIDING

Doel deelrapport

Dit deelrapport beschrijft de effecten van de plannen voor de gebiedsontwikkeling van Kanaalzone Noord in Apeldoorn. Dit deelrapport vormt onderdeel van het MER Kanaalzone Noord, en gaat alleen in op specifieke uitgangspunten en gedetailleerde informatie over het thema Stadsklimaat. Het thema Stadsklimaat bestaat uit de sub thema's Hittestress, Windklimaat en Bezinning. Een algemene toelichting op de aanpak en uitgangspunten voor de effectstudies is te vinden in het hoofdrapport MER.

Leeswijzer

Tabel 1.1 Leeswijzer

Hoofdstuk	Geeft antwoord op de vraag:
1. Aanleiding	wat staat er in het deelrapport?
2. Kaders vanuit wetgeving, beleid en richtlijnen	wat zijn de geldende kaders en richtlijnen voor het thema stadsklimaat?
3. Wijze van onderzoeken en beoordelingskader met criteria	op welke manier zijn de effecten voor het thema stadsklimaat bepaald?
4. Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	hoe ziet de situatie er nu en straks uit voor het thema stadsklimaat?
5. Effecten beoordeling	welke effecten hebben de alternatieven op het thema stadsklimaat?
6. Overzicht van effecten	wat zijn de hoofdlijnen voor de effecten voor het thema stadsklimaat?
7. Discussies en aanbevelingen	welke kennis en informatie ontbreekt, wat zijn belangrijke ontwikkelingen om te monitoren en welke mitigerende maatregelen zijn mogelijk voor het thema stadsklimaat?
8. Referenties	welke bronnen zijn gebruikt voor het opstellen van dit deelrapport?

2

KADERS VANUIT WETGEVING, BELEID EN RICHTLIJNEN

Dit hoofdstuk beschrijft in tabel 2.1 en 2.2 de geldende wettelijke- en beleidskaders specifiek voor de thema's Hittestress, Windklimaat en Bezinning. Er is onderscheid gemaakt tussen wetten, beleidsstukken en richtlijnen op nationaal niveau (van het Rijk) en op regionaal niveau (van provincie en gemeentes). Voor het thema Windklimaat geldt enkel een landelijke norm.

Tabel 2.1 Geldende wettelijke- en beleidskaders op nationaal niveau

Beleidsstuk/wet nationaal	Relevantie
Hittestress	
Landelijke maatlat groene klimaatadaptieve gebouwde omgeving (februari 2023)	deze maatlat beschrijft landelijke eisen om de gebouwde omgeving klimaatadaptief in te richten, onder andere voor hittestress. Eisen richten zich op het creëren van schaduw, het inrichten van koele verblijfsplekken en het gebruik van warmtewerende oppervlakken
NAS	de Nationale Adaptatie Strategie (NAS) richt zich op het voorbereiden van Nederland op klimaatadaptatie. Hittestress is volgens de NAS een toenemend probleem door stijgende temperaturen en frequentere hittegolven. De NAS stipt hierbij de negatieve gezondheidseffecten, opwarming van stedelijke gebieden door het stedelijk hitte eiland en het toepassen van adaptieve maatregelen aan. Onder andere klimaatadaptieve maatregelen als vergroenen van steden door meer bomen en planten aan te leggen, het ontwerpen van gebouwen die beter bestand zijn tegen hitte, en het verbeteren van de infrastructuur om hittebestendigheid te verhogen worden genoemd
Windklimaat	
Nederlandse norm NEN8100 Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving (februari 2006)	met deze norm wordt het te verwachten windklimaat beoordeeld, op zowel stedenbouwkundig niveau, als op gebouwschaal
Nederlandse Praktijkrichtlijn NPR6097 (januari 2006)	volgens deze richtlijn wordt de windstatistiek afgeleid op basis waarvan de analyses worden uitgevoerd
Bezinning	n.v.t.

Tabel 2.2 Geldende beleidskaders op regionaal niveau

Kader regionaal	Relevantie
Hittestress	
NIKA (juni 2024)	de NIKA beschrijft het gemeentelijk beleid voor klimaatadaptatie en daarmee hittestress. Ook windhinder wordt aangestipt. Eisen richten zich op oppervlakte groen, de hoeveelheid bomen in een gebied en eisen voor winderhinder bij gebouwen hoger dan 15 meter
Windklimaat	
n.v.t.	
Bezinning	
Nota Hoogbouw 'Ruimte door Hoogte' Apeldoorn (mei 2008)	de gemeente Apeldoorn hanteert in het kader van de Hoogbouweffectrapportage het uitgangspunt dat omliggende woningen, bedrijven en /of openbare gebouwen niet onevenredig veel overlast ervaren door (permanente) slagschaduw. Voor omliggende woningen geldt dat woonvertrekken tenminste, in de periode van 19 februari tot en met 23 oktober, 120 minuten zonlicht kunnen krijgen. Dit komt overeen met de 'lichte' TNO-norm

3

WIJZE VAN ONDERZOEKEN EN BEOORDELINGSKADER MET CRITERIA

In paragraaf 3.1 zijn de belangrijkste ingreep-effectrelaties voor het thema Stadsklimaat weergegeven. Op basis hiervan zijn in het beoordelingskader in 4.2 het beoordelingskader geformuleerd. De effecten worden in hoofdstuk 5 en 6 beoordeeld aan de hand van dit beoordelingskader.

3.1 Ingreep-effectrelaties

In onderstaande tabel zijn de ingreep-effectrelaties opgenomen voor het thema stadsklimaat.

Tabel 3.1 Ingreep-effectrelaties

Ingreep	Effect	Plek in beoordelingskader
afname van verhard oppervlak	door een afname van verhard oppervlak en toename van groen zal het stedelijk hitte eiland minder sterk zijn. Dit werkt door in een lagere gevoelstemperatuur	- hittestress, gevoelstemperatuur & stedelijk hitte eiland
toename van het aantal bomen	bomen zijn effectief in het bieden van meer schaduw en verlagen daarnaast de temperatuur door verdamping. Daarnaast zorgen bomen voor een vertraging van de windstroming	- hittestress, gevoelstemperatuur; - windhinder en -gevaar
toename van hoogbouw binnen gebiedsontwikkeling	over het algemeen meer neerwaartse windbeweging en blokkade van de windstroming. Windsnelheden op voetgangershoogte kunnen lokaal toenemen. Afname van ventilatie kan hittestress verergeren. Tevens een afname van bezonning voor omliggende gebouwen door schaduw van hoogbouw	- hittestress, gevoelstemperatuur & stedelijk hitte eiland; - windhinder en -gevaar; - bezonning
toename van kwetsbare gebruiksfuncties binnen gebiedsontwikkeling	locaties waar kwetsbare verblijfsfuncties liggen (zitten, slenteren) overlappen mogelijk met zones waar een hinderlijk, of gevaarlijk windklimaat of hittestress voorkomt	- hittestress, gevoelstemperatuur; - windhinder en -gevaar
Toename van bebouwing	afname van windsnelheid en bezonning voor bestaande gebouwen door luwte en schaduw van extra bebouwing	- windhinder en -gevaar; - bezonning

3.2 Beoordelingskader en methodiek

Tabel 3.2 geeft voor de verschillende milieuaspecten de beoordelingscriteria en de methode weer voor het milieuthema stadsklimaat. In de onderstaande paragrafen wordt het beoordelingskader per milieuaspect verder toegelicht.

Tabel 3.2 Beoordelingskader

Milieuaspect	Beoordelingscriteria	Methode en informatie
hittestress	gevoelstemperatuur	gevoelstemperatuur is temperatuur zoals deze wordt ervaren door mensen en wordt gebruikt als een maatstaf voor hittestress. Een hoge gevoelstemperatuur heeft een negatief effect op de gezondheid, en kan zelfs leiden tot sterfte. De beoordeling is kwantitatief met modelberekening van de PET (Physiological Equivalent Temperature), een parameter die in Nederland gebruikt wordt om gevoelstemperatuur uit te drukken. De PET wordt berekend op basis van ruimtelijk ontwerp van de alternatieven en vergeleken met de referentiesituatie
hittestress	stedelijk hitte eiland	het stedelijk hitte eiland wordt veroorzaakt doordat in de stad meer warmte wordt vastgehouden door verharde materialen en doordat er minder verdamping is door groen. Een hogere luchttemperatuur werkt door in een hoge gevoelstemperatuur. De beoordeling is kwalitatief met een oppervlakteanalyse op basis van ruimtelijk ontwerp en verschil met referentiesituatie
windklimaat	windhinder en -gevaar	vaststellen van aandachtsgebieden aan de hand van dominante windrichting en relateren aan verblijfsfuncties in het gebied
bezonning	bezonning	voldoende zonlicht is belangrijk voor de leef kwaliteit van een woning. de bezonning op bestaande en nieuwe woningen wordt vastgesteld met behulp van een analysemethode waarbij bezonningsdiagrammen worden gegenereerd uit een 3D-model van het plangebied voor alle alternatieven

3.2.1 Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal hittestress

Onderzoeksmethode

Hittestress kan leiden tot fysieke schade, maar ook met name tot een onprettige en zelfs ongezonde leefomgeving. In de huidige situatie is het risico op hittestress in Kanaalzone Apeldoorn aanwezig, maar niet extreem. Hittestress wordt beschreven aan de hand van de gevoelstemperatuur (PET, Physiological Equivalent Temperature) op locatie en het stedelijk hitte eiland effect (UHI, Urban Heat Island). Gevoelstemperatuur is een lokaal effect, het speelt met name in de directe omgeving (zelfde straat, wijk). Het stedelijk hitte eiland speelt meer op wijk en stadsniveau. Door de aanwezigheid van veel verharde

oppervlakken in een stad en de afwezigheid van bomen wordt de gevoelstemperatuur op warme dagen hoger dan op plekken met meer groen en schaduw. In het buitengebied is met minder verharding en meer groen-blauw (water en groen) de luchttemperatuur lager. Verharding absorbeert warmte en straalt dit daarna uit naar de omgeving, wat een sterker stedelijk hitte eiland effect veroorzaakt. In de tabel zie je bij welke gevoelstemperaturen hittestress licht, matig, groot en extreem is.

Tabel 3.3 Fysiologisch stressniveau op basis van gevoelstemperatuur (Nouri, 2018)

Gevoelstemperatuur (°C)	Ervaring	Fysiologisch stressniveau
18-23	comfortabel	geen stress
23-29	beetje warm	lichte hittestress
29-35	warm	matige hittestress
35-41	heet	grote hittestress
41-46	zeer heet	extreme hittestress (niveau 1)
46-51	zeer heet	extreme hittestress (niveau 2)
51-56	zeer heet	extreme hittestress (niveau 3)
> 56	zeer heet	extreme hittestress (niveau 4)

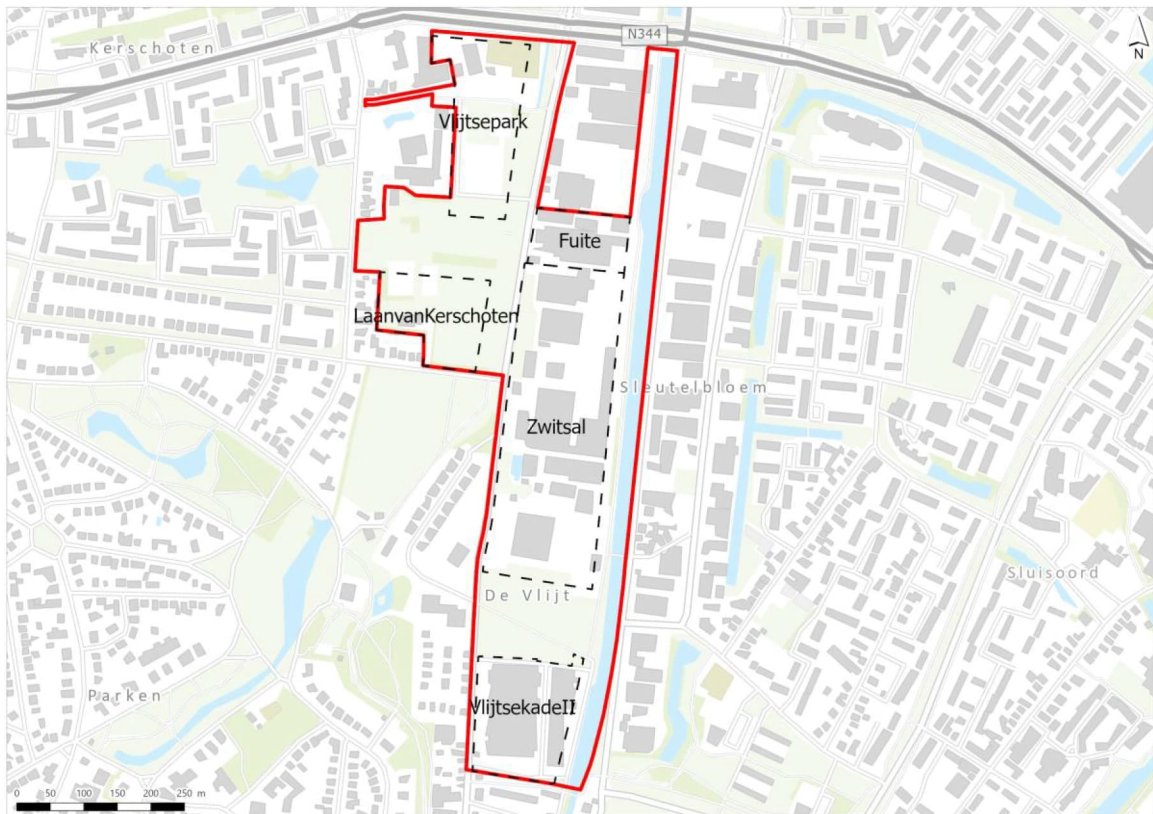
Voor het onderdeel gevoelstemperatuur is een **kwantitatieve** beoordeling uitgevoerd. Met de stedenbouwkundige opzet van de onderzoeksalternatieven (type oppervlak, locatie en hoogte van gebouwen, bomen) is de gevoelstemperatuur (PET) berekend met methode standaard stresstest hitte (RIVM, 2019). In deze methode wordt een standaard dag genomen, waarop de luchttemperatuur van 33 °C was en wind uit oostelijke richting kwam. Omdat de exacte locatie van bomen in de onderzoeksalternatieven nog niet bekend is, zijn voor het basisalternatief, het mobiliteitsalternatief en het energiealternatief alleen de bomen in de huidige situatie meegenomen. Omdat het toevoegen van bomen voor het energiealternatief een belangrijk onderdeel is, worden in dit alternatief 300 extra bomen (50 m²) toegevoegd in de ecolinten. De autonome ontwikkeling van het zwembad wordt **kwantitatief** meegenomen in de beoordeling.

Voor het onderdeel stedelijk hitte eiland is een **kwantitatieve** beoordeling uitgevoerd. Het stedelijk hitte eiland wordt niet berekend. In plaats daarvan wordt erg gekeken naar de verhouding verhard/groenblauw oppervlak ten opzichte van de referentiesituatie (inclusief autonome ontwikkeling van het zwembad). Hierbij wordt de aanname gemaakt dat het verhard oppervlak direct gerelateerd is aan het stedelijk hitte eiland.

Studiegebied

Het studiegebied voor hittestress bevat het totale plangebied en alle deelgebieden individueel, exclusief Willem Tell. Voor Willem Tell is er namelijk geen openbaar gebied, waardoor een hitteanalyse niet relevant is. Sommige deelgebieden zijn samengevoegd in de analyse. Hiermee komen we op de volgende studiegebieden in de analyse: Vlijtsepark Torens (en omgeving), Vlijtsekade II, Zwitsal, Laan van Kerschoten & Fuite.

Afbeelding 3.1 Totale studiegebied en deelstudiegebieden in Kanaalzone Apeldoorn voor hittestressanalyse



Beoordelingsschaal

Voor hittestress worden 2 componenten beschouwd: gevoelstemperatuur en het stedelijk hitte eiland. Beide zijn van belang om mee te nemen, maar de fysische processen zitten anders in elkaar, dus maatregelen zijn ook anders. Met deze reden zijn er 2 aparte beoordelingsschalen.

Tabel 3.4 Beoordelingsschaal gevoelstemperatuur

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	sterke toename gevoelstemperatuur in plangebied en sterke toename categorie extreme hittestress
-	bepaalde toename gevoelstemperatuur in plangebied en netto toename categorie extreme hittestress
0	neutraal, (vrijwel) geen effect ten opzichte van de referentiesituatie
+	bepaalde afname gevoelstemperatuur in plangebied en netto toename categorie 'matige hittestress' of lager
++	sterke afname gevoelstemperatuur in plangebied en sterke toename categorie 'matige hittestress' of lager

Tabel 3.5 Beoordelingsschaal stedelijk hitte eiland

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	sterke toename stedelijke hitte eiland door toename verhard en gebouwoppervlak
-	bepaalde toename stedelijke hitte eiland door toename verhard en gebouwoppervlak
0	neutraal, (vrijwel) geen effect ten opzichte van de referentiesituatie
+	bepaalde afname stedelijke hitte eiland door toename groen oppervlak
++	sterke afname stedelijke hitte eiland door toename groen oppervlak

3.2.2 Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal windklimaat

Onderzoeksmethode

Wind is noodzakelijk voor een comfortabel stadsklimaat, omdat het verkoeling en ventilatie stimuleert. Echter kunnen er ook situaties ontstaan waarbij windhinder of zelfs windgevaar kan ontstaan ten gevolge van de concentratie van ongewenste windstroming of wervelvorming binnen de bebouwde omgeving op locaties waar de verblijfsfunctie van de openbare ruimte dit niet toelaat. Onder extreme omstandigheden kan zelfs windgevaar ontstaan.

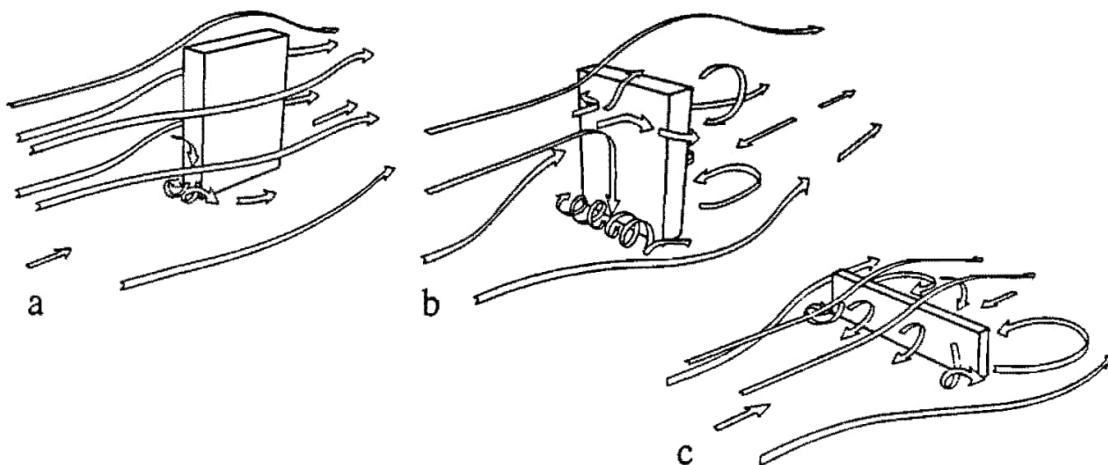
In deze effectstudie wordt het windklimaat kwalitatief beoordeeld. Voor wind uit het zuidwesten, de dominante windrichting, worden stroomlijnen ingeschat volgens welke de wind zich zal gedragen rondom en door het projectgebied. Op basis van basisprincipes in de stedelijke aerodynamica, wordt beoordeeld of de gebouwen in de verschillende alternatieven de stroomlijnen dusdanig beïnvloeden, zodat er hinderlijke of gevaarlijke situaties ontstaan, of juist hinderlijke of gevaarlijke situaties worden gereduceerd.

Een belangrijke variabele in de analyse is de resulterende windsnelheid op voetgangershoogte. Deze wordt beïnvloed door:

- de ongestoorde gemiddelde windsnelheid;
- de aerodynamische weerstand van het omringende gebied;
- effecten van omliggende bebouwing, inclusief vegetatie;
- het gebouwontwerp en de windstromen die daardoor ontstaan.

Afbeelding 3.2 toont hoe de windstromen zich rondom verschillende bouwtypes kunnen vormen: a) Hoogbouw in de richting van de wind met beperkte lokale versnelling. b) Hoogbouw dwars op de wind met kans op valwinden. c) Brede laagbouw dwars op de wind met versnelde stroming rondom de hoeken.

Afbeelding 3.2 Overzicht van 3 situaties waarbij de wind zich rondom het gebouw vormt voor (a) hoogbouw, in de richting van de wind (beperkte, lokale versnelling rondom de hoeken), (b) hoogbouw (versnelling rondom de hoeken, en kans op valwind), dwars op de wind en (c) brede laagbouw (versnelling rondom de hoeken), dwars op de wind [ref. 1]

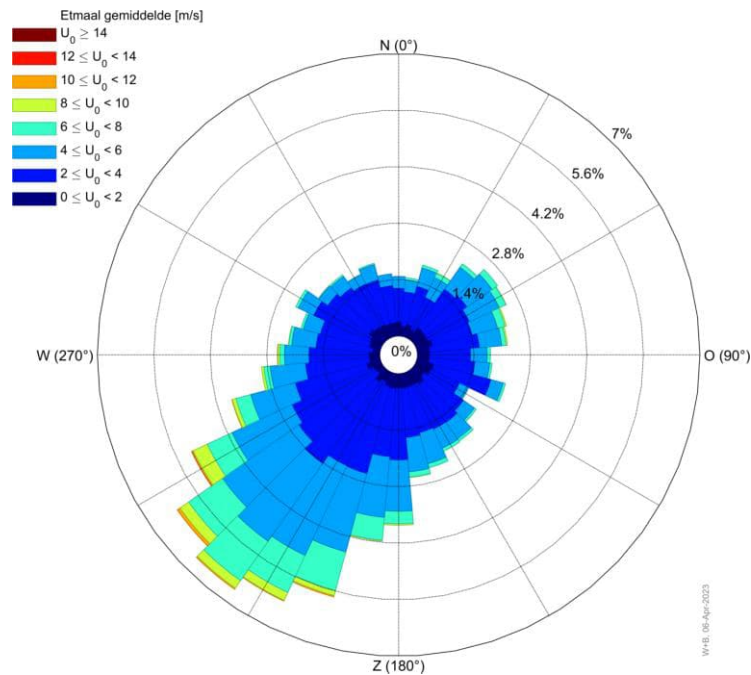


Specifiek voor de gebiedsontwikkeling in Kanaalzone Noord zijn de volgende uitgangspunten van belang bij het mogelijk optreden van windhinder of -gevaar:

- er wordt in principe uitgegaan van **NEN-8100**. Deze schrijft voor dat bij nieuwbouw hoger dan 30 gebruik moet worden gemaakt van kwantitatieve analyses, op basis van CFD-modellering. Echter verkeert deze ontwikkeling nog in de onderzoeksalternatievenontwikkelingsfase, waarin verschillende alternatieven op grote lijnen worden vergeleken. Ook is deze beoordeling geen onderdeel van een officiële vergunningsaanvraag, maar dient het ter ondersteuning bij het maken van ontwerpkeuzes. Daarom wordt voor nu volstaan met een kwalitatieve beschouwing van de effecten op het windklimaat. Op basis van een expertoordeel wordt voor elk van de 4 beschouwde onderzoeksalternatieven ingeschat in hoeverre windhinder of -gevaar te verwachten is;

- in deze kwalitatieve analyse wordt alleen de **dominante windrichting** in Apeldoorn, beschouwd. Dit is Zuidwest. Zie afbeelding 3.3 voor de windroos van het lokale windklimaat in het centrum van Apeldoorn. Dit is in studies vaak de windrichting waarbij maatgevende effecten zijn te verwachten, aangezien wind het grootste deel van de tijd uit deze richting komt, en de windsnelheden relatief hoog zijn;
- de variaties in bouwhoogte van de belendende bebouwing rondom het plangebied, op de schaal van zowel individuele bouwvolumes als stedenbouwkundige oriëntatie;
- de aanwezigheid van bomen, vegetatie en andere lokale elementen in de directe omgeving van het plangebied;
- het ruimtelijk plan van de 4 beschouwde onderzoeksalternatieven, waarin zowel de gebouwgeometrie, als de indeling van de openbare ruimte naar **verblijfscategorieën** (1) zitten, (2) slenteren en (3) (door)lopen worden opgenomen. Voor activiteit '(door)lopen' is een hogere overschrijdingskans van de drempelwaarde voor windsnelheid acceptabel. Deze overschrijdingskans neemt af voor de activiteit 'slenteren' en is het kleinst voor gebieden waar 'zitten' geldt. Voor de onderbouwing van de positionering van de verblijfsfuncties wordt verwezen naar het stedenbouwkundig ontwerp;
- voor de effectenbeoordeling is een **3D model** gemaakt op basis van de '3D Gebouwen' dataset van ESRI Nederland. De voorgestelde bouwvolumes zijn benaderd op basis van het bouwvlak en de geschatte bouwhoogte.

Afbeelding 3.3 Windroos op basis van de etmaal gemiddelde winddata voor de jaren 2000-2022, gemeten op het KNMI-weerstation 'Deelen'



Studiegebied

Het studiegebied betreft het hele plangebied.

Beoordelingsschaal

De beoordeling van de verschillende alternatief geschiedt volgens de beoordelingsschaal in tabel 3.6. Waarbij voor de definities van windhinder en -gevaar is aangesloten bij de NEN-8100 norm.

Tabel 3.6 Beoordelingsschaal windhinder en -gevaar

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	er is een grote toename van windhinder en/of gevaar
-	er is een beperkte toename van windhinder en/of gevaar
0	er is geen (wezenlijke) wijziging van windhinder en/of -gevaar
+	er is een beperkte afname van windhinder en/of gevaar
++	er is een grote afname van windhinder en/of gevaar

3.2.3 Onderzoeksmethode en beoordelingsschaal bezonning

Onderzoeksmethode

Voor de bezonningsstudie zijn de 4 alternatieven beoordeeld op hun invloed op de bezonning van de bestaande woningen in de omgeving van het ontwikkelingsgebied. De veranderingen in bezonning ten opzichte van de huidige situatie zijn in kaart gebracht door het maken van bezonningsdiagrammen. Deze diagrammen geven inzicht in de hoeveelheid zonlicht die op bijvoorbeeld gevels valt. Daarbij zijn de maatgevende momenten, zoals opgegeven door het IPLO (informatiepunt Leefomgeving), voor elke alternatief geanalyseerd. Deze zijn weergegeven in tabel 3.7. De beoordeling is kwalitatief uitgevoerd aan de hand van de bezonningsdiagrammen, waarbij de mate van bezonning visueel wordt geanalyseerd en vergeleken.

Door TNO zijn ook normen gegeven. Volgens de lichte TNO-norm moet er ten minste sprake zijn van 2 mogelijke bezonningsuren per dag in de periode van 19 februari tot 23 oktober. Door al deze maatgevende momenten te analyseren, kan worden vastgesteld of de bezonning voldoet aan de minimale eisen. Deze norm is van belang om te waarborgen dat er gedurende een groot deel van het jaar voldoende zonlicht in de woningen aanwezig is, wat essentieel is voor het wooncomfort en de gezondheid van de bewoners. Dus naast de maatgevende momenten uit tabel 3.7 zijn 19 februari en 23 oktober ook belangrijke toetsmomenten. Daarom worden voor zowel de bestaande situatie als voor elke alternatief ook bezonningsstudies uitgevoerd op deze data. De bezonningsdiagrammen van alle maatgevende momenten per alternatief zijn op schaal weergegeven in de bijlage II: Bezonningdiagrammen.

Tabel 3.7 Maatgevende momenten bezonningsdiagram

Dag	Uur
22 december	09.00, 12.00, 15.00
19 februari (lichte TNO norm)	09.00, 12.00, 15.00, 18.00
21 juni	09.00, 12.00, 15.00, 18.00, 20.00
21 maart	09.00, 12.00, 15.00, 18.00
23 september	09.00, 12.00, 15.00, 18.00
23 oktober (lichte TNO norm)	09.00, 12.00, 15.00, 18.00

Effectbeoordelingen in de volgende paragrafen zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- voor de beoordeling van de bezonning zijn zoals de TNO norm het voorschrijft vegetatie zoals bomen buitenbeschouwing gelaten;
- de studie voor het milieu aspect bezonning is met bezonningdiagrammen kwalitatief beoordeeld op basis van visuele analyse van de diagrammen.

Voor het opzetten van de modellen en diagrammen zijn de volgende documenten gebruikt:

- 3D-Omgevingsmodel en scenariomodellen verkregen van de stedenbouwkundig ontwerper.

Studiegebied

Voor de bezonningsstudie strekt het studiegebied zich uit tot de omliggende bestaande woningen in en rondom het ontwikkelingsgebied. Het gebied omvat een straal van circa 250 m buiten het ontwikkelingsgebied. Deze afbakening zorgt ervoor dat de invloed van de beoogde ontwikkelingen op de bezonning van de nabijgelegen woningen goed in kaart wordt gebracht.

Beoordelingsschaal

De verschillende alternatieven worden kwalitatief beoordeeld aan de hand van de beoordelingsschaal in tabel 3.8. De scores op deze schaal variëren van een sterke afname van bezonning (--) tot een sterke toename van bezonning (++)

Tabel 3.8 Beoordelingsschaal bezonning

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	er is een grote afname van bezonning
-	er is een lichte afname van bezonning
0	er is een verwaarloosbare verandering in de bezonning
+	er is een lichte toename van bezonning
++	er is een grote toename van bezonning

4

HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN

4.1 Huidige situatie

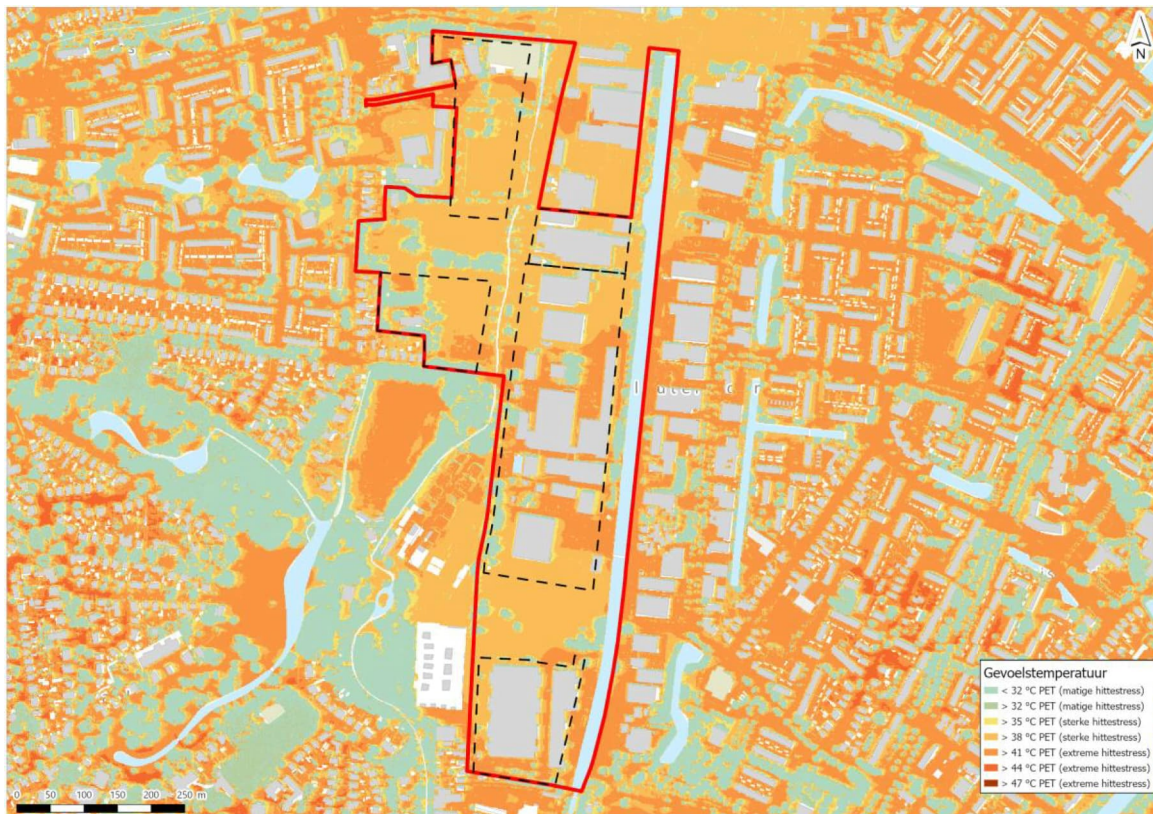
4.1.1 Hittestress

In afbeelding 4.1 is een kaart met de gevoelstemperatuur weergegeven (op een tropische dag met een buitentemperatuur van 33 °C) weergegeven. Alle deelontwikkelingen hebben een gemiddelde temperatuur in de categorie 'sterke hittestress' (zie tabel 4.1). In het studiegebied worden de hoogste gevoelstemperaturen gehaald in deelgebieden Vlijtsekade II, Zwitsal en Vlijtsepark Torens en omgeving (inclusief parkeerhub en zwembad), maar niet boven de 44 °C, het tweede niveau van 'extreme hittestress'. Er zijn momenteel niet veel verblijfsplekken in het gebied zelf vanwege functies in het plangebied (het gebied is momenteel grotendeels ingericht als bedrijventerrein). De sportvelden (in de omgeving van het toekomstige Vlijtsepark Torens) wordt gebruikt door sportclubs en gymlessen van middelbare scholen. Tijdens een tropische dag, wordt afhankelijk van de situatie besloten om activiteiten te laten doorgaan of verkoelende maatregelen te treffen. Gedurende hete dagen kan er worden uitgeweken naar het nabijgelegen Verzetstrijderspark of kanaal voor verkoeling.

Tabel 4.1 Gemiddelde gevoelstemperatuur en stedelijk hitte eiland in huidige situatie per deelgebied en over het gehele plangebied

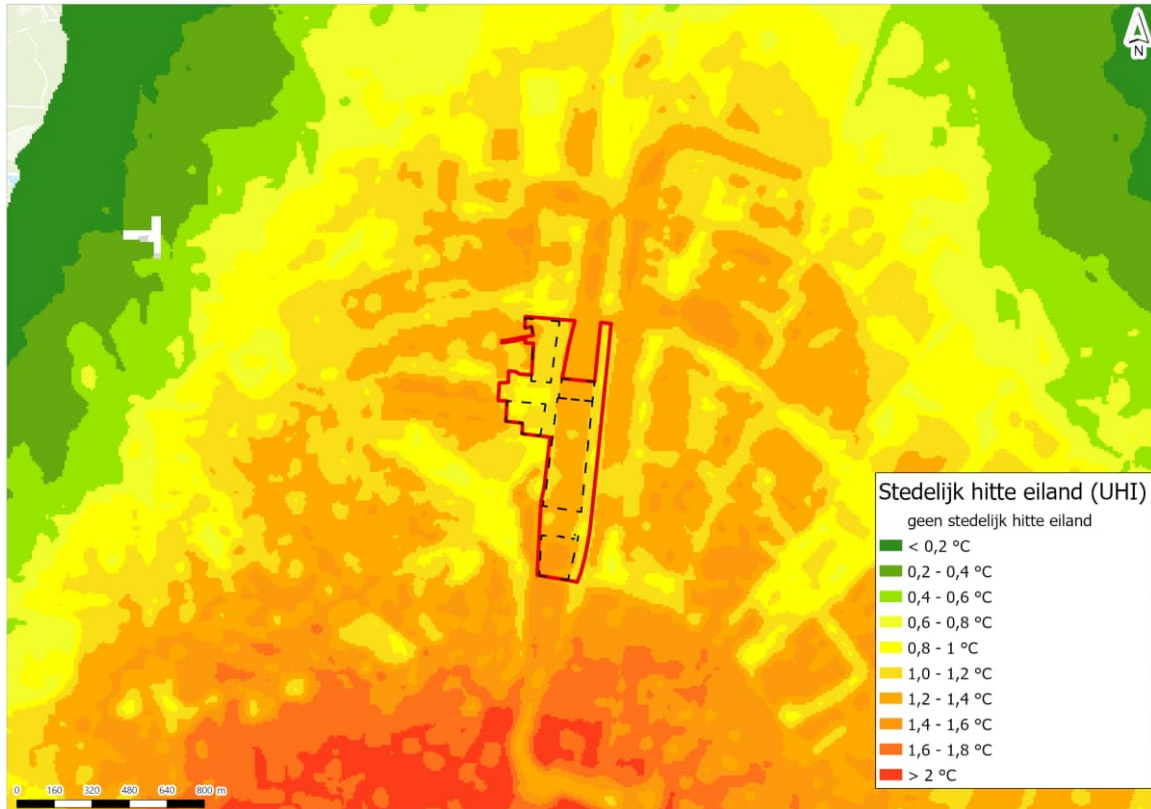
(Deel)gebied	Gevoelstemperatuur	Stedelijk hitte eiland
Vlijtsepark Torens en omgeving (inclusief parkeerhub en zwembad)	38,7 °C	1,1 °C
Vlijtsekade II	39,2 °C	1,4 °C
Zwitsal	39,4 °C	1,3 °C
Laan van Kerschoten	37,2 °C	1,0 °C
Fuite	37,8 °C	1,3 °C
geheel plangebied	38,5 °C	1,2 °C

Afbeelding 4.1 Gevoelstemperatuur op een tropische dag in het plangebied (Witteveen+Bos, 2024), berekend met methode standaard stresstest hitte



Het stedelijk hitte eiland is gemiddeld 1,2 °C (zie afbeelding 4.2). Dit is minder dan in het centrum van Apeldoorn (>2 °C), maar nog steeds significant vergeleken met het buitengebied. Het stedelijk hitte eiland is hier acceptabel. Met name de bedrijventerreinen van Vlijtsekade II, Zwitsal en Fuite ervaren hogere temperatuur door het stedelijk hitte eiland, vanwege de hoeveelheid verharding. De groene gebieden en de sportvelden bij de Laan van Kerschoten en Vlijtsepark Torens ervaren een lager stedelijk hitte eiland.

Afbeelding 4.2 Stedelijk hitte eiland in het noorden van Apeldoorn (RIVM, 2020)



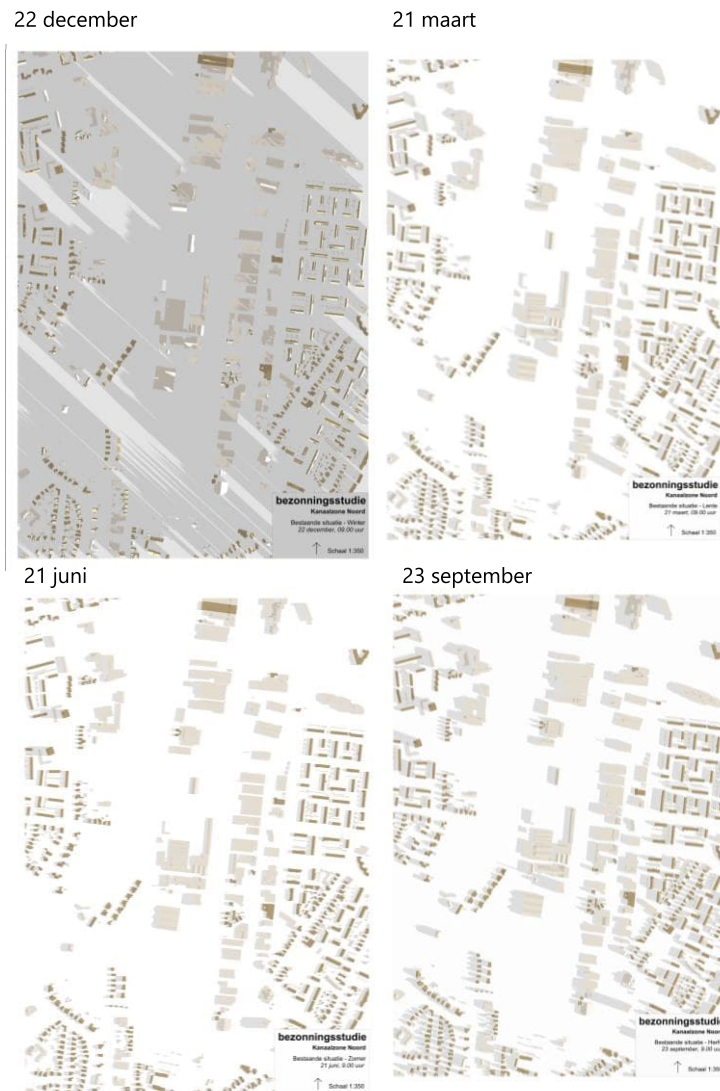
4.1.2 Windklimaat

In de huidige situatie bevindt zich geen hoogbouw binnen het projectgebied. Het is daarom onwaarschijnlijk dat er windhinder (of windgevaar) wordt ervaren. Het windklimaat wordt in grote mate bepaald door de aanwezige bomen, struiken en andere lage bebouwing. Deze elementen dragen bij aan het verminderen van de windsnelheid op de grond en het creëren van een aangenaam buitenklimaat. Wind wordt voornamelijk opgevangen door de bestaande vegetatie en verspreid over het gebied, waardoor er geen focuspunten zijn waar sterke windstromen ontstaan.

4.1.3 Bezinning

Het huidige gebied is niet dicht bebouwd en er zijn geen hoge gebouwen die grote schaduwen werpen. Dit heeft een positieve invloed op de bezinning van de woningen in het gebied. In de winter, wanneer de zon laag staat, is er in de ochtend veel schaduw in westelijke richting en in de late middag/avond valt de schaduw naar het oosten. Gedurende de rest van het jaar staat de zon hoger en is er voldoende bezinning op de woninggebouwen. Zie afbeelding 4.3 voor een weergave van de bezinning in het gebied gedurende de seizoenen, van winter tot en met herfst. In deze figuren wordt de stand van de zon telkens om 09.00 uur 's ochtends weergegeven voor de huidige situatie. Deze visualisaties bieden een duidelijk beeld van de ontwikkeling van zonnestralen en schaduwen door het jaar heen op een vast tijdstip.

Afbeelding 4.3 Bezonningsdiagrammen per seizoen om 09.00 uur



Uit de bezonningsstudie van de huidige situatie blijkt dat de bestaande woningen voldoen aan de lichte TNO-waarden, wat betekent dat ze voldoen aan de normen die zijn opgesteld door het Nederlandse TNO, zoals beschreven in het beoordelingsmethode voor bezonning. Volgens de lichte TNO-norm moet er sprake zijn van ten minste 2 mogelijke bezonningsuren per dag in de periode van 19 februari tot 23 oktober.

In de Bijlage II: Bezonningdiagrammen is de bezonning voor de 4 seizoenen en de maanden februari en oktober weergegeven, zoals gespecificeerd in de lichte TNO-norm, voor alle maatgevende tijden. Deze informatie vormt de basis voor de vergelijking van de basis-, mobiliteits-, groen/blauw- en natuuralternatief. Door deze vergelijking kan worden beoordeeld of en hoe elk onderzoeksalternatief de huidige bezonningssituatie beïnvloedt. Dit biedt inzicht in mogelijke veranderingen in schaduwwerking door de verschillende ontwerpen, wat bijdraagt aan inzicht voor een weloverwogen keuze.

4.2 Referentiesituatie

De enige ruimtelijke autonome ontwikkeling in de gebiedsontwikkeling is het zwembad, dat in alle onderzoeksalternatieven terug komt, maar in de huidige situatie afwezig is. Er wordt per milieuaspect besproken hoe deze autonome ontwikkeling is meegenomen. Verder geldt voor het milieuaspect hittestress en windklimaat nog klimaatverandering als autonome ontwikkeling.

4.2.1 Hittestress

Klimaatverandering is de grootste autonome ontwikkeling voor hittestress. Klimaatverandering draagt bij aan de stijging van de temperatuur (tabel 4.1). De opwarming van de aarde leidt tot meer frequente en intense hittegolven, wat de ervaring van hittestress in stedelijke gebieden versterkt. Een hogere temperatuur versterkt ook het stedelijk hitte eiland en veroorzaakt zo meer dagen waarop de gevoelstemperatuur te hoog is. Indicatief voor momenten waarop het risico op hittestress hoog is, zijn het aantal zomerse en tropische dagen. Dit aantal verdubbelt en verdriedubbelt respectievelijk in 2050. Tropische nachten veroorzaken ook veel hittestress bij mensen. Tropische nachten vertienvoudigen in 2050. Niet alleen hittestress door hoge temperaturen, maar met name ook de frequentie van extreme hitte neemt toe.

Tabel 4.2 Gegevens klimaatverandering voor het thema hittestress in de Bilt (met een soortgelijk hitteklimaat als Apeldoorn) in het Hd-scenario (Bron: KNMI'23 klimaatscenario's)

	Huidig klimaat (1991 - 2020)	Klimaat 2050 (Hd-scenario)
gemiddelde zomertemperatuur	17,3 °C	19,4 °C
aantal zomerse dagen (max temp >25 °C)	30 dagen	56 dagen
aantal tropische dagen (max temp boven 30° C)	6 dagen	15 dagen
aantal tropische nachten (min temp niet onder 20° C)	0,3 dagen	2 dagen

Door deze autonome ontwikkeling zal er in de referentiesituatie aanzienlijk meer kans op hittestress zijn dan in de huidige situatie, omdat de frequentie van het aantal warme en tropische dagen en nachten toeneemt. Dat betekent dat er vaker behoefte is aan verkoeling en dat een gebied met onvoldoende relatief koele plekken een gezondheidsrisico vormt.

De autonome ontwikkeling van het zwembad is niet meegenomen in de referentiesituatie voor gevoelstemperatuur. De aanwezigheid van het zwembad wordt kwalitatief meegenomen in de beoordeling. Het effect van deze autonome ontwikkeling op de gevoelstemperatuur is beperkt, en gelijk voor alle onderzoeksalternatieven.

4.2.2 Windklimaat

Het wel of niet optreden van windhinder of -gevaar is ook afhankelijk van autonome, lokale ontwikkelingen. Meer bebouwing (met name hoogbouw) of aanplanting van hoge vegetatie rondom het projectgebied leidt namelijk tot beschutting, waardoor binnenkomende windsnelheden lager zullen worden en de kans op windhinder of -gevaar afneemt.

Daarnaast zijn globale (klimaat)veranderingen van belang voor de toe of afname van windhinder en -gevaar. Een veranderend windklimaat, bijvoorbeeld een in aantal stormen, heeft direct effect op de toe- of afname van windhinder en -gevaar. Volgens het KNMI is het aantal stormen in de afgelopen decennia gestaag afgenomen. Een mogelijke oorzaak voor deze afname is de toename in bebouwing binnen Nederland [ref. 2]. Hierdoor wordt de kans op windhinder en -gevaar in de toekomst mogelijk kleiner dan in de huidige situatie.

4.2.3 Bezinning

Autonome ontwikkelingen kunnen de bezinning in het gebied beïnvloeden. De huidige bezinningsstudie is gebaseerd op de bestaande bebouwing. Echter, naast de bestaande situatie wordt momenteel een zwembad ontwikkeld, evenals meerdere vrijstaande woningen. Deze nieuwe gebouwen zullen de bezinning van de omliggende bebouwing beperken. De nieuwe gebouwen zijn wel laagbouw, dus de beperking op bezinning zal minimaal zijn. Toekomstige ontwikkelingen, waarbij extra bebouwing wordt toegevoegd, kunnen de bezinning verder beperken. In hoeverre de bezinning beperkt zal worden, is afhankelijk van de grootte en hoogte van de nieuwe bebouwing. Over het algemeen geldt dat een hogere bebouwingsdichtheid leidt tot een afname van de bezinning. Als het daarbij ook om hoge gebouwen gaat met veel slagschaduw, wordt de bezinning van omliggende gebouwen nog verder beperkt.

4.3 Samenvatting van kansen en bedreigingen

Hittestress

Door de aanwezigheid van veel verharde oppervlakken in een stad en de afwezigheid van bomen wordt de gevoelstemperatuur op warme dagen hoger dan op plekken met meer groen en schaduw. In het buitengebied is met minder verharding en meer groen-blauw (water en groen) de luchttemperatuur lager. Verharding absorbeert warmte en straalt dit daarna uit naar de omgeving, wat een sterker stedelijk hitte eiland effect veroorzaakt. Door de autonome ontwikkeling van klimaatverandering zal er in de referentiesituatie aanzienlijk meer kans op hittestress zijn dan in de huidige situatie, omdat de frequentie van het aantal warme en tropische dagen en nachten toeneemt.

Windklimaat

Een belangrijke variabele van de windklimaatanalyse in de bebouwde omgeving is de resulterende windsnelheid op voetgangershoogte. Deze is afhankelijk van de ongestoorde gemiddelde windsnelheid, de aerodynamische weerstand van het omringende gebied, effecten van belendende bebouwing (inclusief bomen en overige vegetatie) en het effect van het gebouwontwerp op de windstromen. Wind gedraagt zich complex rondom gebouwen. In de huidige situatie bevindt zich geen hoogbouw binnen het projectgebied. Het is daarom onwaarschijnlijk dat er windhinder (of windgevaar) wordt ervaren.

Bezinning

Het huidige gebied is niet dicht bebouwd en er zijn geen hoge gebouwen die grote schaduwen werpen. Dit heeft een positieve invloed op de bezinning van de woningen in het gebied. In de winter is er in de ochtend veel schaduw in westelijke richting en in de late middag/avond valt de schaduw naar het oosten. Gedurende de rest van het jaar staat de zon hoger en is er voldoende bezinning op de woninggebouwen om te voldoen aan de lichte TNO-norm.

Een mogelijke bedreiging voor de bezinning is de toevoeging van veel hoogbouw. Dit kan lange schaduwen werpen, waardoor de bezinning in bepaalde delen van het gebied sterk afneemt. Een zorgvuldige afweging van de hoogte en plaatsing van nieuwe hoogbouw is daarom essentieel.

5

EFFECTENBEOORDELING

5.1 Hittestress

5.1.1 Gevoelstemperatuur

Effectbeschrijving

In deze paragraaf wordt het effect van de 4 beschouwde onderzoeksalternatieven op de gevoelstemperatuur beschreven. De autonome ontwikkeling van het zwembad is niet meegenomen in de referentiesituatie, waardoor de toename van gevoelstemperatuur in de omgeving van Vlijtsepark Torens mogelijk een vertekend beeld geeft.

Elk alternatief wordt beschreven met een kaart van de berekende gevoelstemperatuur, een tabel met gemiddelde en maximale gevoelstemperaturen, en een kaart die het verschil ten opzichte van de referentiesituatie weergeeft.

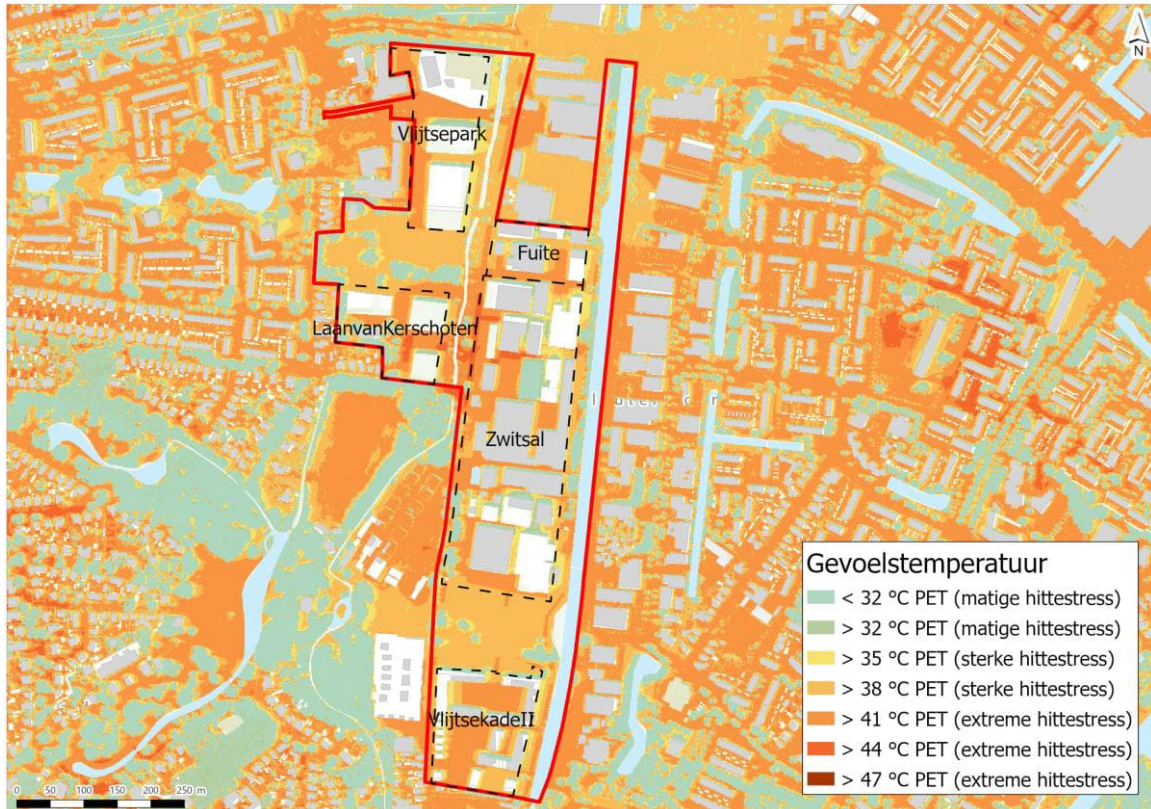
Basisalternatief

Een kaart voor de gevoelstemperatuur voor het basisalternatief is weergegeven in afbeelding 5.1. De gemiddelde gevoelstemperatuur in het studiegebied is 38,7 °C. Dat is 0,2 °C hoger dan in de referentiesituatie. Vlijtsekade en Vlijtsepark Torens hebben een gemiddelde gevoelstemperatuur die meer dan 1 °C hoger is dan het studiegebied. De hoogste waarden voor gevoelstemperatuur (boven de 44 °C PET) worden gehaald in deelgebieden de Laan van Kerschoten en Zwitsal. Er zullen in het basisalternatief minimaal 740 bomen aanwezig moeten zijn volgens de NIKA. De PET-berekening voor het basisalternatief gaat alleen uit van de bomen in de huidige situatie. Nieuwe bomen komen niet terug in de kaart van de gevoelstemperatuur, omdat het detailniveau van het ontwerp nog niet ver genoeg uitgewerkt is. Met name in Vlijtsepark Torens vertekend dit het beeld, omdat hier ook veel bomen verdwijnen met de nieuwe bebouwing.

Tabel 5.1 Gemiddelde en maximale gevoelstemperatuur voor het basisalternatief in het plangebied en per deelgebied

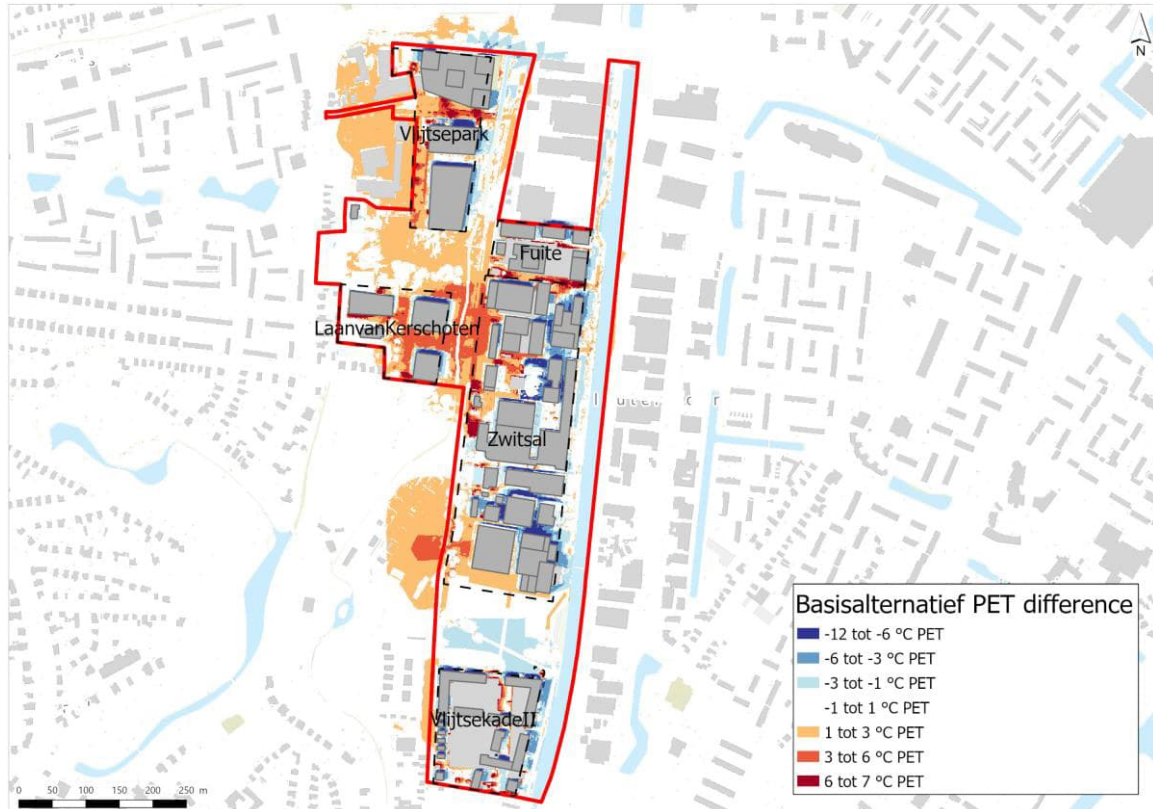
Deelgebied	Hoogste gevoelstemperatuur	Gemiddelde gevoelstemperatuur
plangebied	45,5 °C	38,7 °C
Vlijtsepark Torens	44,0 °C	40,2 °C
Vlijtsekade II	42,6 °C	39,9 °C
Zwitsal	45,5 °C	38,7 °C
Laan van Kerschoten	44,6 °C	38,3 °C
Fuite	42,9 °C	39,0 °C

Afbeelding 5.1 Gevoelstemperatuur (°C PET) berekend voor het basialternatief



Afbeelding 5.2 laat het verschil in gevoelstemperatuur tussen het basialternatief en de referentiesituatie zien. De gevoelstemperatuur in het oostelijk deel Zwitsal en Vlijtskade neemt af. Deze gebieden zijn momenteel grotendeels verhard, en nieuwe gebouwen zorgen voor meer schaduw in het gebied. De gevoelstemperatuur in Vlijtpark Torens (waar lokaal een aantal bomen verdwijnen), de Laan van Kerschoten en het westelijk deel van Zwitsal stijgt. De verharding neemt toe en er komen een aantal nieuwe gebouwen in dit voorheen voornamelijk groene gebied. Hierdoor zijn er meer materialen die warmte opnemen in plaats van groen dat verkoelend werkt. Daarnaast blokkeren de nieuwe gebouwen de ventilatie in het gebied, waardoor warmte blijft hangen. Met name de bebouwing in Zwitsal staat erg dicht op elkaar en de doorgang richting de Laan van Kerschoten wordt geflankeerd door hoge gebouwen (boven de 40 m), die de oostelijke wind blokkeert. De combinatie van factoren zorgt voor een toename van de gevoelstemperatuur tot wel 7 °C. In het studiegebied Fuite staat in de huidige situatie een groot gebouw, waardoor er geen buitenruimte en geen hittestress is. Daardoor is het ook lastig te zeggen of een verschil in gevoelstemperatuur in de tabel een verbetering is ten opzichte van de referentiesituatie.

Afbeelding 5.2 Verschil in gevoelstemperatuur (°C PET) ten opzichte van de referentiesituatie voor het basialternatief



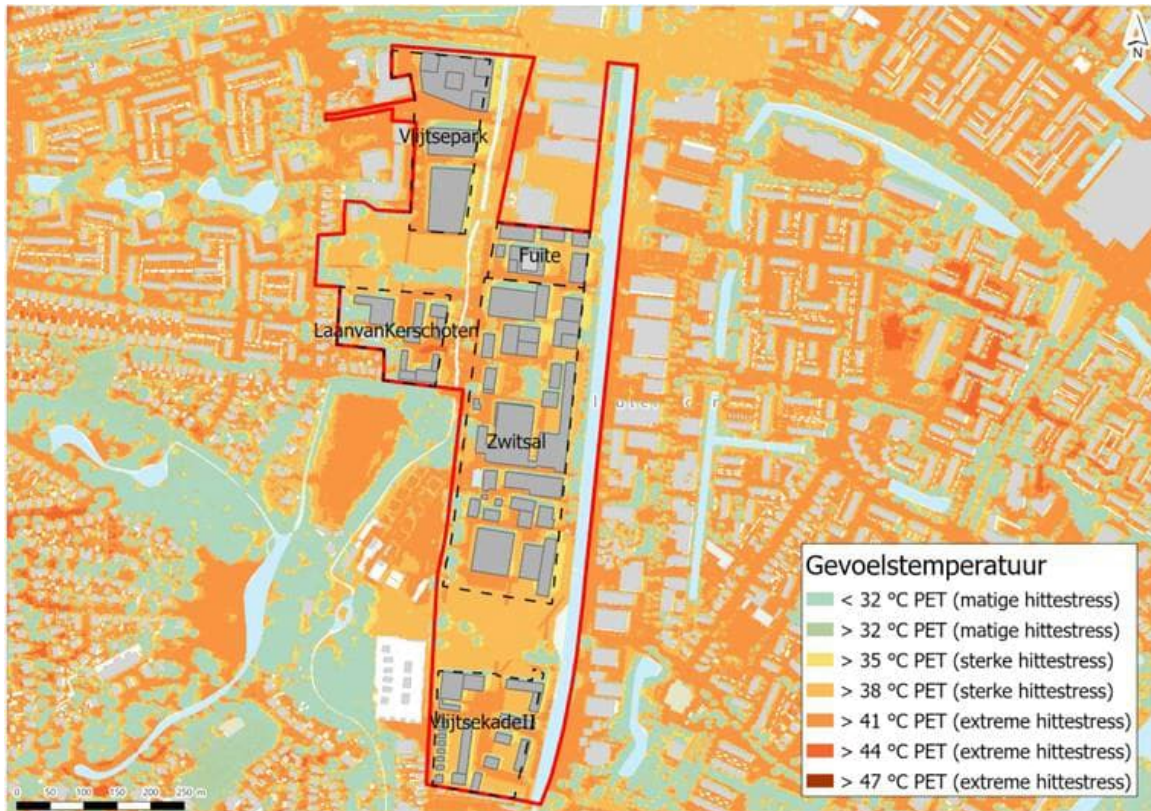
Mobiliteitsalternatief

Een kaart voor de gevoelstemperatuur voor het mobiliteitsalternatief is weergegeven in afbeelding 5.3. De gemiddelde gevoelstemperatuur in het studiegebied is 38,2 °C. Dat is 0,3 °C lager dan in de referentiesituatie. Vlijtpark Torens heeft een gemiddelde gevoelstemperatuur die meer dan 1 °C hoger is dan het studiegebied. De hoogste waarden voor gevoelstemperatuur (boven de 44 °C PET) worden gehaald in deelgebied de Laan van Kerschoten en Vlijtpark Torens. Het aantal bomen is vergelijkbaar met het basialternatief, maar met bomen worden in het mobiliteitsalternatief strategisch schaduwrijke routes voor langzaam verkeer gecreëerd, waardoor de gevoelstemperatuur daar lager is. Nieuwe bomen komen niet terug in de kaart van de gevoelstemperatuur, omdat het detailniveau van het ontwerp nog niet ver genoeg uitgewerkt is. Met name in Vlijtpark Torens vertekend dit het beeld, omdat hier ook veel bomen verdwijnen met de nieuwe bebouwing.

Tabel 5.2 Gemiddelde en maximale gevoelstemperatuur voor het mobiliteitsalternatief in het plangebied en per deelgebied

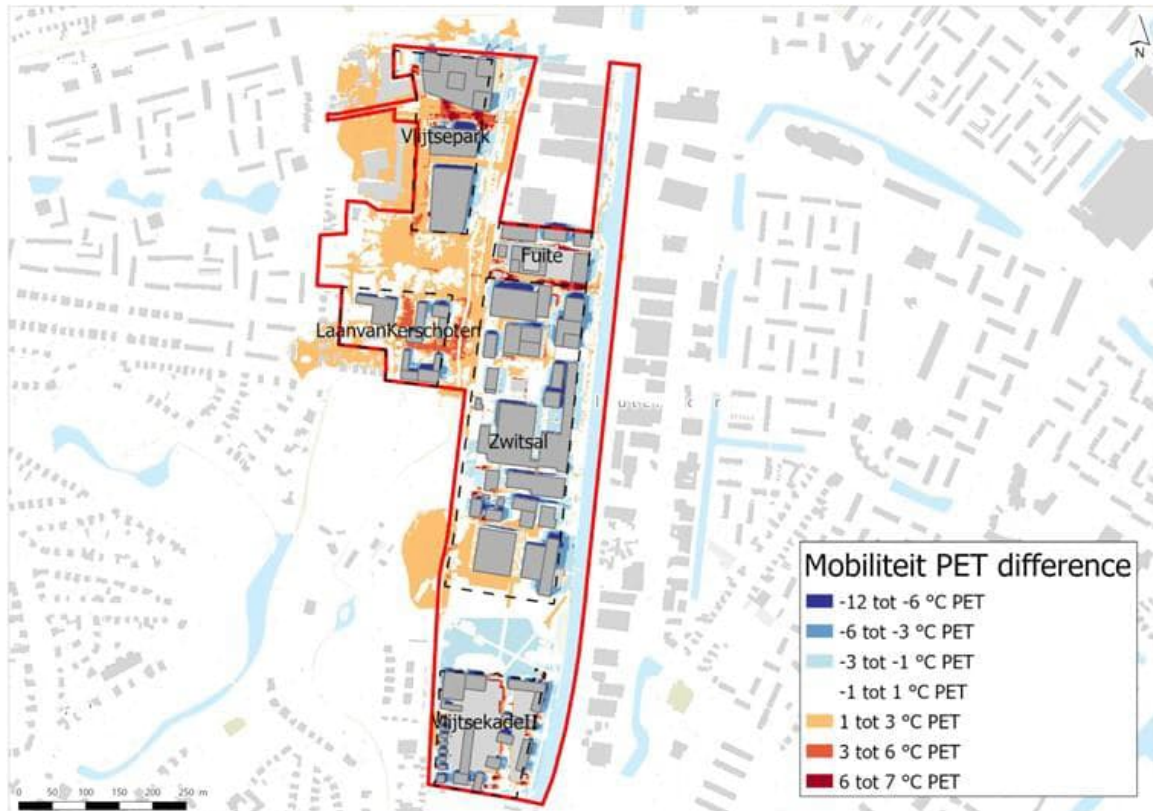
Deelgebied	Hoogste gevoelstemperatuur	Gemiddelde gevoelstemperatuur
plangebied	44,3 °C	38,2 °C
Vlijtpark Torens	44,2 °C	39,4 °C
Vlijtskade II	42,3 °C	37,2 °C
Zwitsal	43,6 °C	38,4 °C
Laan van Kerschoten	44,3 °C	37,1 °C
Fuite	42,1 °C	37,1 °C

Afbeelding 5.3 Gevoelstemperatuur (°C PET) berekend voor het mobiliteitsalternatief



Afbeelding 5.4 laat het verschil in gevoelstemperatuur tussen het mobiliteitsalternatief en de referentiesituatie zien. De gevoelstemperatuur in het oostelijk deel Zwitsal en Vlijtskade neemt af. Deze gebieden zijn momenteel grotendeels verhard, en nieuwe gebouwen zorgen voor meer schaduw in het gebied. De gevoelstemperatuur in Vlijtpark Torens, de Laan van Kerschoten en het westelijk deel van Zwitsal stijgt. De verharding neemt toe en er komen een aantal nieuwe gebouwen in dit voorheen voornamelijk groene gebied. Hierdoor zijn er meer materialen die warmte opnemen in plaats van groen dat verkoelend werkt. Daarnaast blokkeren de nieuwe gebouwen de ventilatie in het gebied, waardoor warmte blijft hangen, desalniettemin minder dan in de basisalternatief, omdat de gebouwen lager zijn in de ventilatiecorridor. De combinatie van factoren zorgt voor een toename van de gevoelstemperatuur tot 5 °C op enkele plekken. In het deelgebied Fuite staat in de huidige situatie een groot gebouw, waardoor niet duidelijk te zeggen is in hoeverre hittestress toeneemt.

Afbeelding 5.4 Verschil in gevoelstemperatuur (°C PET) ten opzichte van de referentiesituatie voor het mobiliteitsalternatief



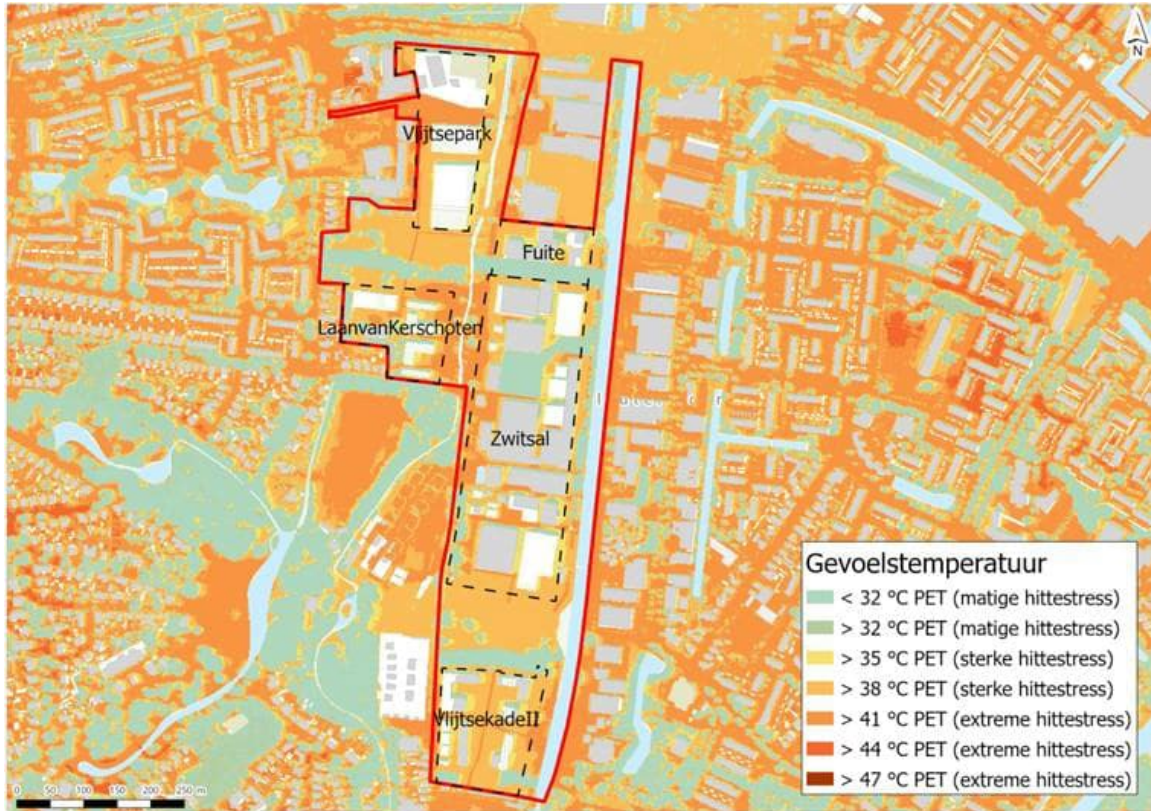
Groen/blauwalternatief

Een kaart voor de gevoelstemperatuur voor het groen/blauwalternatief is weergegeven in afbeelding 5.5. De gemiddelde gevoelstemperatuur in het studiegebied is 37,5 °C. Dat is 0,9 °C lager dan in de referentiesituatie. Vlijtsepark Torens heeft een gemiddelde gevoelstemperatuur die meer dan 1 °C hoger is dan het studiegebied. Ook de hoogste waarden voor gevoelstemperatuur worden gehaald in deelgebieden Vlijtsepark Torens, maar nergens zijn deze temperaturen boven de 44 °C PET. Het groen/blauwalternatief zal minstens 1.000 bomen bevatten, 40 % meer dan de andere 3 alternatieven. De bomen zullen met name geplaatst worden in 4 ecolinten die van oost naar west door het plangebied komen te liggen, wat koele verblijfsplekken scheidt die gebruikt kunnen worden om tijdens een hittegolf de hitte te ontluchten. De bomen in deze ecolinten zijn meegenomen in de PET-berekening, omdat dit een kenmerkend aspect van dit onderzoeksalternatief is.

Tabel 5.3 Gemiddelde en maximale gevoelstemperatuur voor het groen/blauwalternatief in het plangebied en per deelgebied

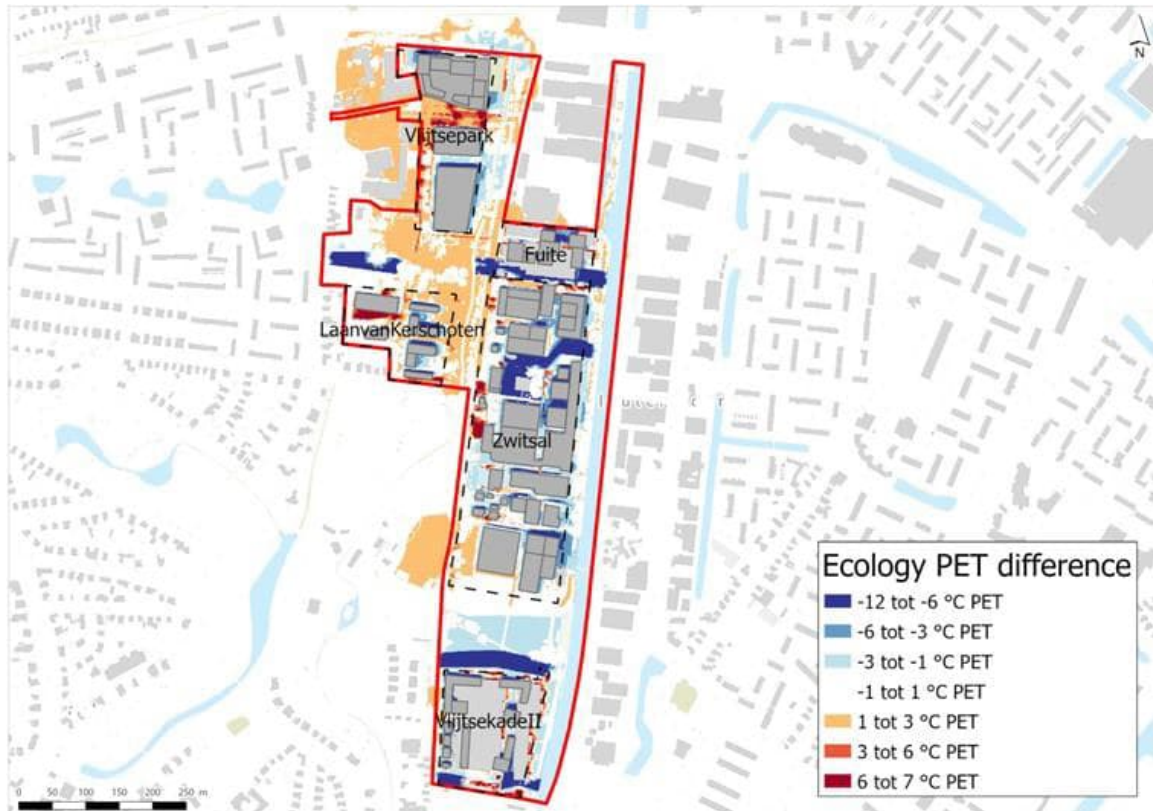
Deelgebied	Hoogste gevoelstemperatuur	Gemiddelde gevoelstemperatuur
plangebied	43,3 °C	37,6 °C
Vlijtsepark Torens	43,4 °C	39,6 °C
Vlijtsekade II	42,6 °C	38,3 °C
Zwitsal	43,0 °C	37,5 °C
Laan van Kerschoten	42,6 °C	37,3 °C
Fuite	40,3 °C	34,4 °C

Afbeelding 5.5 Gevoelstemperatuur (°C PET) berekend voor het groen/blauwalternatief



Afbeelding 5.6 laat het verschil in gevoelstemperatuur tussen het groen/blauwalternatief en de referentiesituatie zien. De gevoelstemperatuur in Zwitsal, Fuite en Vlijtskade neemt af. Deze gebieden zijn momenteel grotendeels verhard, en nieuwe gebouwen zorgen voor meer schaduw in het gebied. De gevoelstemperatuur in Vlijtpark Torens en de Laan van Kerschoten stijgt. De verharding neemt toe en er komen een aantal nieuwe gebouwen in dit voorheen voornamelijk groene gebied. Hierdoor zijn er meer materialen die warmte opnemen in plaats van groen dat verkoelend werkt. Daarnaast blokkeren de nieuwe gebouwen de ventilatie in het gebied, waardoor warmte blijft hangen. Alleen in dit alternatief is er meer ruimte gecreëerd voor groene linten, waardoor de ventilatie redelijk goed is vergeleken met andere onderzoeksalternatieven. De combinatie van factoren zorgt dat de lokale toename van de gevoelstemperatuur maar op een aantal locaties hoger is dan 3 °C.

Afbeelding 5.6 Verschil in gevoelstemperatuur (°C PET) ten opzichte van de referentiesituatie voor het groen/blauwalternatief



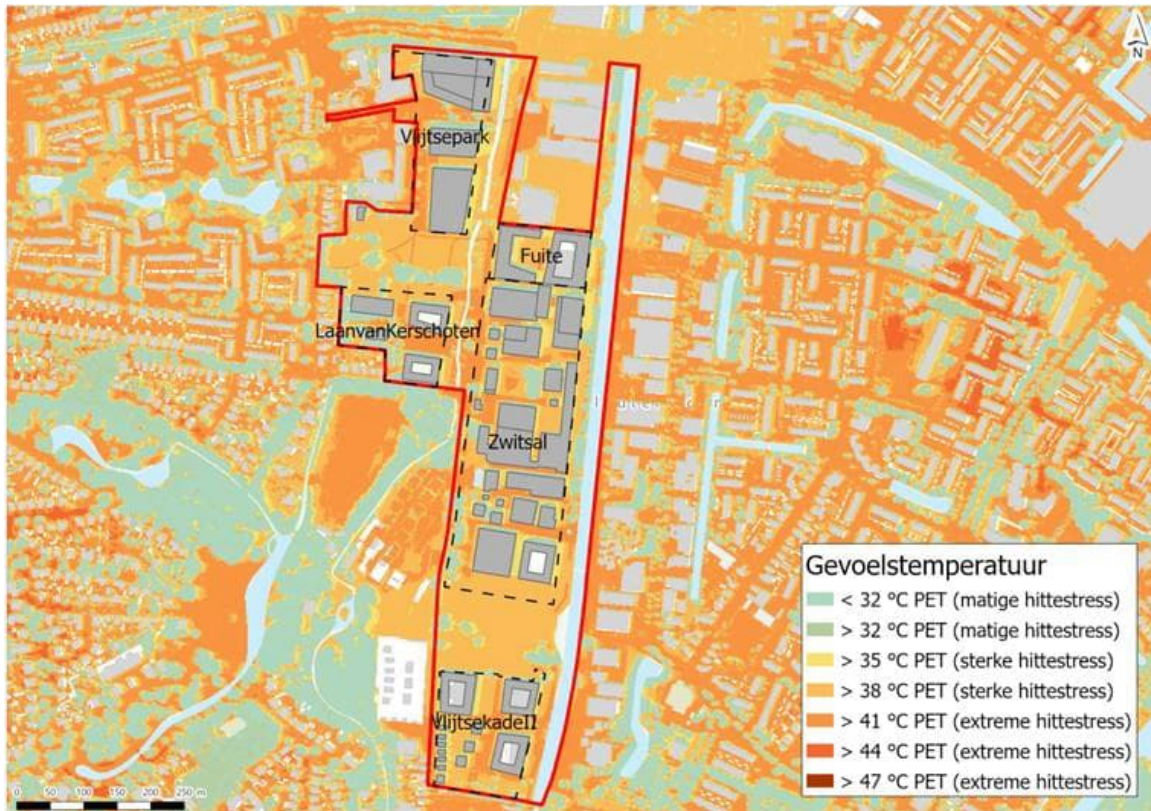
Energiealternatief

Een kaart voor de gevoelstemperatuur voor het energiealternatief is weergegeven in afbeelding 5.7. De gemiddelde gevoelstemperatuur in het plangebied is 38,0 °C. Dat is 0,5 °C lager dan in de referentiesituatie. Geen enkel deelgebied heeft een gemiddelde gevoelstemperatuur die meer dan 1 °C hoger is dan het studiegebied. De hoogste waarden voor gevoelstemperatuur worden gehaald in deelgebieden Laan van Kerschoten en Zwitsal, maar nergens zijn deze temperaturen boven de 44 °C PET. Het aantal bomen is vergelijkbaar met het basisalternatief. Nieuwe bomen komen niet terug in de kaart van de gevoelstemperatuur, omdat het detailniveau van het ontwerp nog niet ver genoeg uitgewerkt is.

Tabel 5.4 Gemiddelde en maximale gevoelstemperatuur voor het energiealternatief in het plangebied en per deelgebied

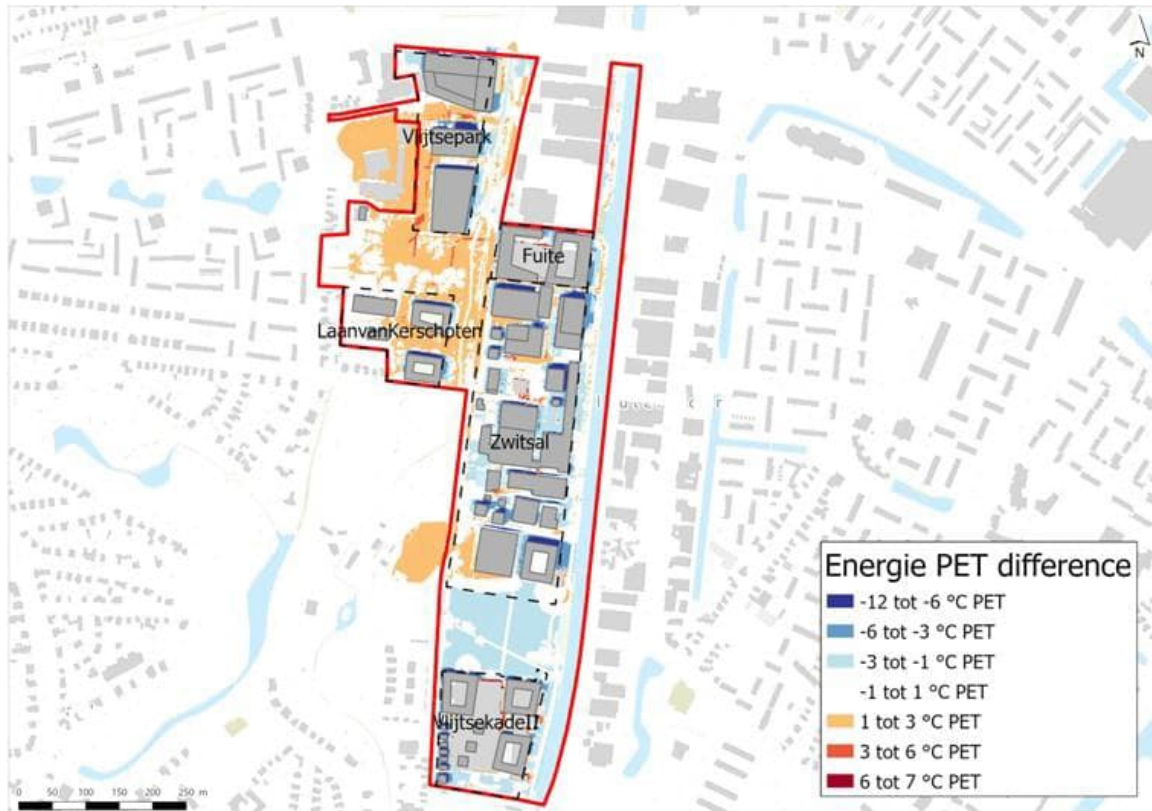
Deelgebied	Hoogste gevoelstemperatuur	Gemiddelde gevoelstemperatuur
plangebied	43,2 °C	38,0 °C
Vlijtpark Torens	42,7 °C	38,7 °C
Vlijtskade II	42,3 °C	37,3 °C
Zwitsal	43,1 °C	38,2 °C
Laan van Kerschoten	43,0 °C	36,9 °C
Fuite	41,8 °C	35,2 °C

Afbeelding 5.7 Gevoelstemperatuur (°C PET) berekend voor het energiealternatief



Afbeelding 5.8 laat het verschil in gevoelstemperatuur tussen het energiealternatief en de referentiesituatie zien. De gevoelstemperatuur in Zwitsal en Vlijtskade neemt af. Deze gebieden zijn momenteel grotendeels verhard, en nieuwe gebouwen zorgen voor meer schaduw in het gebied. De gevoelstemperatuur in Vlijtpark Torens en de Laan van Kerschoten stijgt. De verharding neemt toe en er komen een aantal nieuwe gebouwen in dit voorheen voornamelijk groene gebied. Hierdoor zijn er meer materialen die warmte opnemen in plaats van groen dat verkoelend werkt. Daarnaast blokkeren de nieuwe gebouwen de ventilatie in het gebied, waardoor warmte blijft hangen. In dit alternatief zijn er meer gesloten bouwblokken, waardoor wind door corridors geleid wordt en de ventilatie van de openbare gebieden verbetert. Daarnaast heeft deze alternatief efficiënter ruimtegebruik, waardoor er meer ruimte voor groen is. De combinatie van factoren zorgt dat de lokale toename van de gevoelstemperatuur nergens hoger is dan 3 °C. In het deelgebied Fuite staat in de huidige situatie een groot gebouw, waardoor niet duidelijk te zeggen is in hoeverre hittestress toeneemt.

Afbeelding 5.8 Verschil in gevoelstemperatuur (°C PET) ten opzichte van de referentiesituatie voor het energiealternatief



5.1.2 Stedelijk hitte eiland

Effectbeschrijving

In deze paragraaf wordt het effect van de 4 beschouwde onderzoeksalternatieven op de het stedelijk hitte eiland beschreven. De alternatieven worden beschouwd met een tabel met de toename verhard oppervlak in elk alternatief ten opzichte van de referentiesituatie

Ten opzichte van de referentiesituatie neemt in alle alternatieven verharding toe in de groene gebieden en sportvelden bij de Laan van Kerschoten en Vlijtpark Torens en neemt het groen oppervlak toe bij de bedrijventerreinen van Vlijtskade II, Zwitsal en Fuite. De alternatieven verschillen in de mate waarop. tabel 5.5 geeft de toename van verhard oppervlak weer. Het basisalternatief kent de hoogste toename aan verharding, al blijft de toename onder de 5 %. In het mobiliteitsalternatief is nagenoeg geen toename in verharding te vinden ten opzichte van de referentiesituatie.

Met het groen/blauwalternatief wordt het oppervlak voor groeninrichting gemaximaliseerd. Hier neemt het verhard oppervlak met 25 % af. Ook worden hier groene daken toegepast. Dit is echter nog niet meegenomen in de oppervlakteanalyse, omdat het detailniveau van het ontwerp nog niet ver genoeg uitgewerkt is. Met groene daken zal het stedelijk hitte eiland nog verder afnemen. Ook het energiealternatief kent door de gesloten bouwblokken efficiënter ruimtegebruik, waardoor er meer ruimte voor groen is.

Tabel 5.5 Toename verhard oppervlak ten opzichte van de referentiesituatie

	Referentie-situatie	Alternatieven			
		Basisalternatief	Mobiliteitsalternatief	Groen/blauwalternatief	Energiealternatief
verhard oppervlak (m ²)	142.250	148.400	143.850	105.150	130.900
verandering (%)	-	4 %	1 %	-26 %	-8 %

5.1.3 Samenvatting effectbeoordeling hittestress

De gevoelstemperatuur verslechterd alleen in de basisalternatief. Er is een netto toename van de categorie extreme hittestress en over het algemeen neemt de gevoelstemperatuur toe, zij het beperkt. In het mobiliteitsalternatief is de toename van de gevoelstemperatuur in bepaalde gebieden nagenoeg gelijk met de afname in andere gebieden. Het groen/blauwalternatief ziet een sterke afname in gevoelstemperatuur en een sterke toename in het aantal koele gebieden, waar matige hittestress geldt. Het energiealternatief ziet een afname van de gevoelstemperatuur, en een netto toename van de categorie 'matige hittestress'.

Het stedelijk hitte eiland neemt in geen enkele alternatief significant toe. Het groen/blauwalternatief heeft daarentegen een dermate grote toename van groen oppervlak dat het stedelijk hitte eiland sterk zal afnemen. Daarnaast zullen groene gevels en groene daken ook nog een positief effect hebben. In het energiealternatief wordt een beperkte afname van het stedelijk hitte eiland verwacht.

Tabel 5.6 Beoordelingsschaal hittestress (zonder inzet van mitigerende maatregelen)

Beoordelingscriterium	Alternatieven			
	Basis	Mobiliteit	Groen/blauw	Energie
gevoelstemperatuur	-	0	++	+
stedelijk hitte eiland	0	0	++	+

Mitigerende maatregelen

De effecten op gevoelstemperatuur worden in het basisalternatief als negatief beoordeeld. De gevoelstemperatuur kan beperkt worden door meer **schaduw** te creëren. Dit is met name van belang op strategische locaties als verblijfsplekken waar mensen zitten of slenteren. Het aanplanten van bomen is hierin het meest effectief. Voor het stedelijk hitte eiland zijn er geen negatieve effecten en daarom ook geen mitigerende maatregelen nodig.

5.2 Windklimaat

Effectbeschrijving

In deze paragraaf worden voor de 4 beschouwde onderzoeksalternatieven locaties aangewezen waar windhinder of mogelijk windgevaar kan worden verwacht. De analyse richt zich vooral op windrichting Zuidwest, omdat deze het grootste deel van de tijd voorkomt, en er vanuit deze windrichting relatief hoge windsnelheden optreden. Vervolgens worden de aandachtsgebieden voor windhinder en/of -gevaar vergeleken met de verblijfsfunctie van de ruimtelijke omgeving. De combinatie leidt tot een mogelijk oordeel over de kans op windhinder of -gevaar. Voor de verschillende onderzoeksalternatieven wordt een overzicht

van een aantal zones gepresenteerd waarbinnen aandachtsgebieden zijn vastgesteld. Een grote kaart met een totaaloverzicht van iedere alternatief is bijgevoegd in bijlage I.

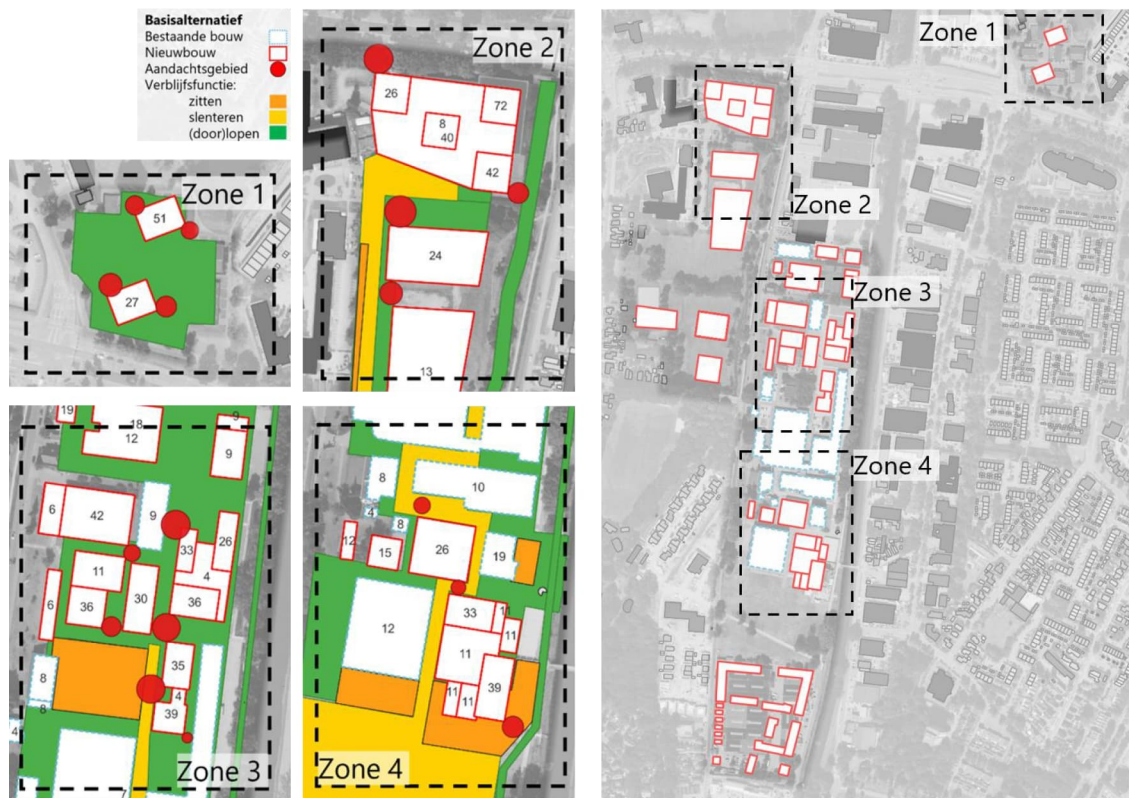
Basisalternatief

De vastgestelde aandachtsgebieden binnen het Basisalternatief zijn weergegeven in afbeelding 5.9. Binnen deelontwikkeling Wilhelm Tell (zone 1) bevinden zich 2 gebouwen met relatief grote hoogtes van 27 en 51 m. Rondom de oostelijke en westelijke hoeken van de gebouwen is een versnelling van de wind te verwachten. Het terrein rondom de gebouwen wordt ingericht als parkeerterrein, gekenmerkt door de verblijfsfunctie '(door)lopen'. De verwachting is dat er een beperkt risico is op windhinder.

Ter plaatse van de noordwestelijke en zuidoostelijke hoeken van het noordelijke bouwblok Vlijtsepark Torens (zone 2) treedt een versnelling van de wind op, waardoor aandachtsgebieden ontstaan. De Parkeergarage Vlijtseweg (zone 2) met een hoogte van 24 m leidt aan de noordelijke en zuidelijke hoek tot een versnelling van de aankomende wind, waardoor de kans op windhinder aanwezig is. Deze kans is kleiner wanneer de parkeergarage een open, wind-doorlatende structuur krijgt. Aangezien de verblijfsfunctie binnen de genoemde aandachtsgebieden hier '(door)lopen' is, zal de kans op windhinder beperkt zijn. Het centrale gedeelte van het Zwitsalterrein (zone 3) bevat een aantal hoge gebouwen rondom het centrale plein, die bij wind uit het zuidwesten onbeschut zijn door lagere bebouwing. Tussen deze gebouwen zal een versnelling van de wind optreden, terwijl een verblijfsfunctie '(door)lopen' en 'slenteren' wordt voorzien. De kans op windhinder is hier reëel.

Ten slotte zijn er op het zuidelijke deel van het Zwitsalterrein (zone 4) enkele locaties aan te wijzen waar de kans op windhinder ontstaat. Direct ten noorden en ten zuiden van het centrale gebouw (met een hoogte van 26 meter) ontstaat langs de hoeken een concentratie van de wind. Aan de zuidzijde wordt het effect versterkt doordat hier een gebouw met een hoogte van 33 meter wordt voorzien. De verblijfsfunctie is hier 'slenteren', waardoor een reële kans op hinder ontstaat. Een derde aandachtsgebied is vastgesteld in de zuidoostelijke hoek van zone 4. Een gebouw met een hoogte van 39 meter wordt voorzien. Er is nauwelijks beschutting door laagbouw aanwezig voor wind uit het zuidwesten, waardoor ter plaatse van de zuidoostelijke hoek van de hoogbouw een aandachtsgebied ontstaat. In combinatie met de verblijfsfunctie 'zitten', is hier windhinder te verwachten.

Afbeelding 5.9 Basisalternatief. Links: ingezoomde zones waarbinnen aandachtsgebieden zijn vastgesteld. Getallen markeren de gebouwhoogte van zowel de nieuwbouw als bestaande bouw. Rechts: markering zones



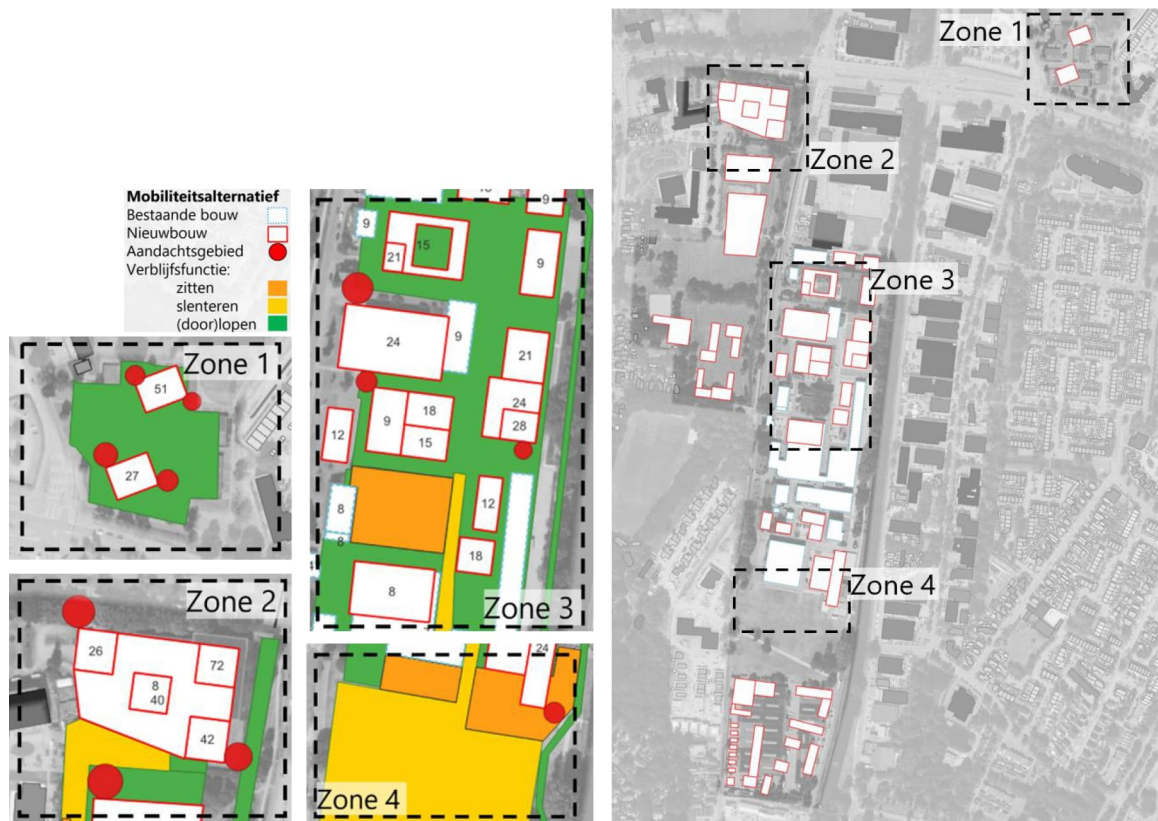
Mobiliteitsalternatief

Een overzicht van de verblijfsfuncties in relatie tot aandachtsgebieden voor het mobiliteitsalternatief is gegeven in afbeelding 5.10. De ontworpen bouwvolumes in deelontwikkeling Wilhelm Tell (zone 1) en Vlijtsepark Torens (zone 2) zijn gelijk aan het basisalternatief. De locaties van aandachtsgebieden en de kans op windhinder is daarom ook gelijk.

Het hoogste gebouw centraal op het Zwitsalterrein (zone 3) heeft een hoogte van 28 m en bevindt zich aan de oostzijde van de zone. Ten zuiden van dit gebouw ontstaat een aandachtsgebied doordat het gebouw (en het daaraan grenzende gebouw met een hoogte van 24 m) leidt tot een neerwaartse wind bij wind uit het zuiden en zuidwesten. Daarnaast bevindt zich ten zuidwesten van dit gebouw weinig beschutting, en vormen de gebouwen die aan het plein grenzen een zekere trechter, waardoor de windsnelheid hier naar verwachting ook toeneemt. Dankzij de verblijfsfunctie '(door)lopen' is de kans op windhinder beperkt aanwezig. Ook aan de westzijde van het zuidelijke gedeelte van het Zwitsalterrein (zone 4) zijn 2 locaties gemarkeerd als aandachtsgebieden. Ter plaatse van de noordoostelijke hoek van het gebouw met een hoogte van 24 meter ontstaat een lokale versnelling van de windstroming. Door de verblijfsfunctie '(door)lopen' is de kans op windhinder gering. Aan de zuidzijde van het gebouw leidt de neerwaartse, oostelijk gerichte windstroom in combinatie met de windstroom die getrechterd wordt door de zuidelijk-gelegen gebouwen tot een versnelling van de windsnelheid. Ondanks de verblijfsfunctie '(door)lopen' is de kans op windhinder hier beperkt aanwezig.

Ten slotte bevindt zich in zone 4 op een vergelijkbare locatie als voor de hiervoor besproken onderzoeksalternatieven een aandachtsgebied. De combinatie van een gebouwhoogte van 24 m, een gebrek aan beschutting aan zuidwestelijke zijde van het gebouw en een verblijfsfunctie 'zitten' leidt hier tot een reële kans op windhinder.

Afbeelding 5.10 Mobiliteitsalternatief. Links: ingezoomde zones waarbinnen aandachtsgebieden zijn vastgesteld. Getallen markeren de gebouwhoogte van wel de nieuwbouw als bestaande bouw. Rechts: markering zones



Groen/blauwalternatief

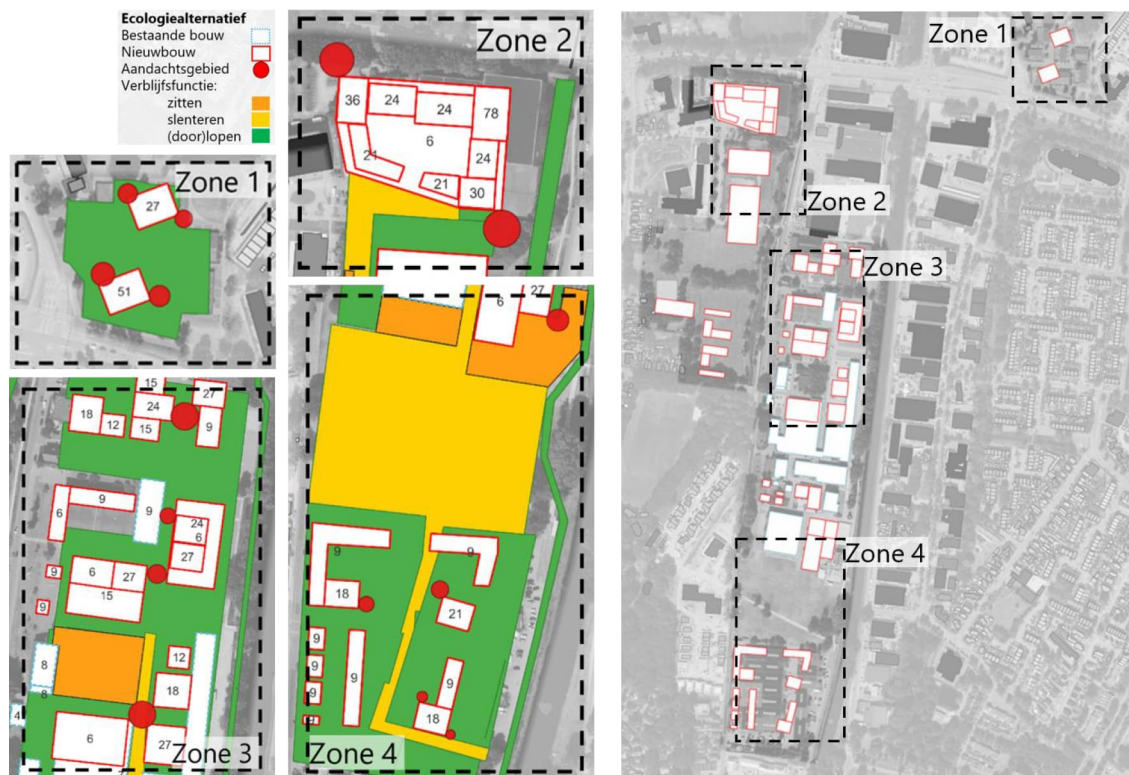
Afbeelding 5.11 geeft de aandachtsgebieden met potentiële windhinder weer voor het groen/blauwalternatief. Binnen deelontwikkeling Wilhelm Tell (zone 1) worden de gebouwen in hoogte gewisseld, ten opzichte van de basisalternatief. Dit leidt tot een vergrote kans op windhinder rondom de zuidelijke toren, omdat de hoogste toren niet langer (deels) beschermt wordt door de lagere toren, zoals het geval is in de basisalternatief. De kans op windhinder rondom de noordelijke toren neemt echter af ten opzichte van de basisalternatief. Wederom wordt tussen de gebouwen een parkeerplaats voorzien, waardoor verblijfsfunctie '(door)lopen' van toepassing is. Er is een reële kans op windhinder, met name ter plaatse van de hoeken van de zuidelijke toren.

Het bouwblok in Vlijtsepark Torens (zone 2) bevat hoogbouw ter plaatse van de noordoostelijke en zuidwestelijke hoeken, net als in de basisalternatief. Hierdoor ontstaat een lokale toename in windsnelheid, en een beperkte kans op windhinder.

Ondanks dat er op het Zwitsalteryin (zone 3) minder hoogbouw is voorzien dan in het basisalternatief, is een aantal locaties aan te wijzen als aandachtsgebied, waar potentieel windhinder kan ontstaan. Vooral in de centrale as, langs de hoekpunten van de hoogbouw is er kans op versnelling van de wind en een mogelijk risico op windhinder. Door de verblijfsfunctie '(door)lopen' is het centrale en noordelijke deel van zone 3 zal de kans zeer beperkt zijn. In het zuidelijke deel van zone 3 is de kans op windhinder reëel.

Op het zuidelijke deel van het Zwitsalteryin (zone 4) treedt een lokale versnelling in windstroming op ten gevolge van de hoogbouw, met een hoogte van 27 m. Het feit dat hier verblijfsfunctie 'zitten' geldt, zorgt voor een aanwezige kans op windhinder, net als het geval was in de basisalternatief. In Vlijtsekade II (zone 4) ontstaat op 4 locaties een beperkte toename in windsnelheid te plekke van de hoeken van de relatief hoge gebouwen. Gezien de verblijfsfunctie '(door)lopen' is de kans op windhinder hier gering.

Afbeelding 5.11 Groen/blauwalternatief. Links: ingezoomde zones waarbinnen aandachtsgebieden zijn vastgesteld. Getallen markeren de gebouwhoogte van wel de nieuwbouw als bestaande bouw. Rechts: markering zones



Energiealternatief

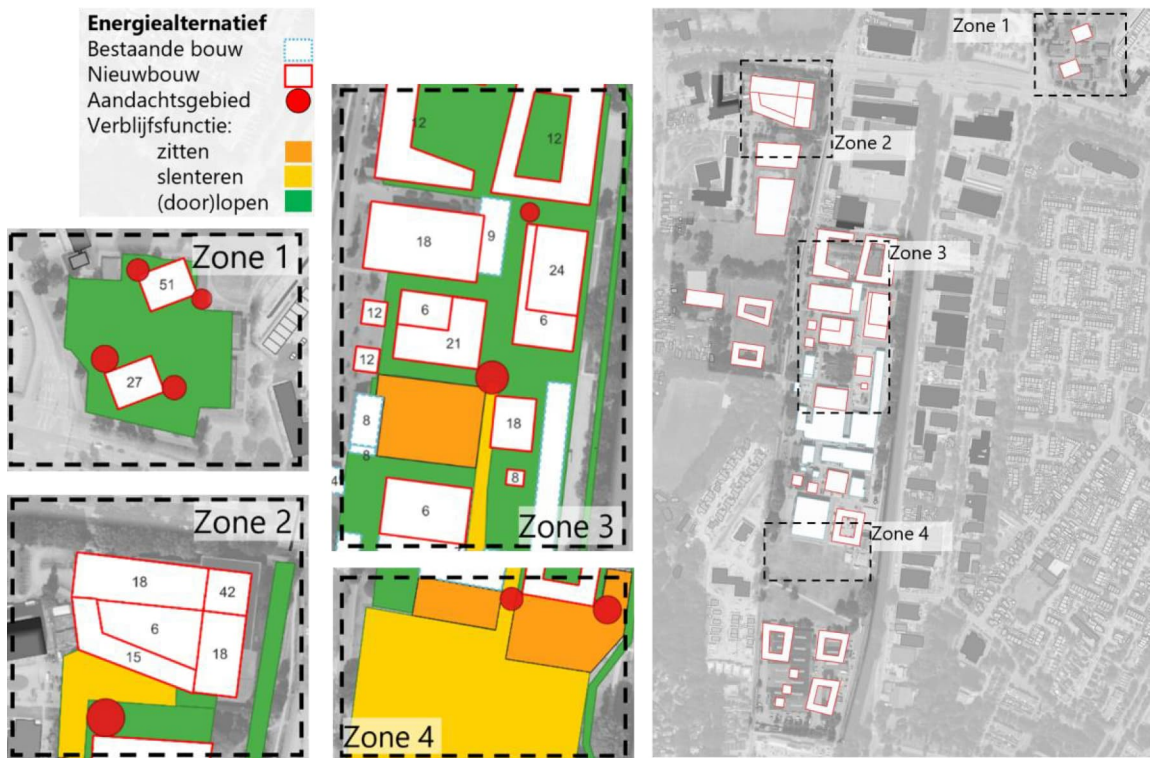
Afbeelding 5.12 geeft de aandachtsgebieden met potentiële kans op windhinder weer voor het energiealternatief. De ontworpen bouwvolumes in deelontwikkeling Wilhelm Tell (zone 1) zijn gelijk aan het basisalternatief. De locatie van de aandachtsgebieden en de kans op windhinder is daarom gelijk.

Binnen deelontwikkeling Vlijtsepark Torens (zone 2) is de kans op windhinder ten opzichte van de andere alternatieven relatief beperkt. Enkel ten noorden van de parkeergarage ontstaat een mogelijk aandachtsgebied. Echter neemt de kans op windhinder in dit aandachtsgebied af wanneer de wanden winddoorlatend worden ontworpen.

Op het Zwitsalterrein (zone 3) zijn 2 aandachtsgebieden aan te wijzen. De eerste bevindt zich aan de noordwestzijde van het plein, waar verblijfsfunctie 'zitten' geldt. Op deze locatie ontstaat trechterwerking door de aangrenzende gebouwen met een hoogte van respectievelijk 21 en 18 m. Gezien de verblijfsfunctie ontstaat hier een reële kans op windhinder. Het tweede aandachtsgebied ligt noordelijk van deze locatie en grenst aan een gebouw met een hoogte van 24 meter. Windstroming versnelt hier ter plaatse van de hoek, en wordt tevens geblokkeerd door het gebouw direct ten noorden van het aandachtsgebied. Gezien de verblijfsfunctie '(door)lopen' is de kans op windhinder hier echter beperkt.

Ten slotte bevat het zuidelijke deel van het Zwitsalterrein (zone 4), 2 aandachtspunten. Een gebouwhoogte van 20 m, een gebrek aan beschutting vanuit zuidwestelijke richting en de aanwezigheid van relatief kwetsbare verblijfsfuncties 'slechteren' en 'zitten' leiden tot een reële kans op windhinder op deze locaties.

Afbeelding 5.12 Energiealternatief. Links: ingezoomde zones waarbinnen aandachtsgebieden zijn vastgesteld. Getallen markeren de gebouwhoogte van wel de nieuwbouw als bestaande bouw. Rechts: markering zones



5.2.1 Samenvatting effectbeoordeling windklimaat

De hiervoor gepresenteerde analyse is aan de hand van beoordelingskader uit paragraaf 3.2.2 vertaald naar tabel 5.7. Alle 4 beoordeelde onderzoeksalternatieven bevatten een aantal locaties waarvoor beperkte tot reële kans op windhinder is vastgesteld, wat leidt tot een negatieve (-) beoordeling. Echter is de mate van windhinder voor het groen/blauwalternatief het minst, omdat deze alternatief de minste (in aantal) hoogbouw bevat en de hoogbouw relatief gunstig is gepositioneerd. De mate van hoogbouw is relatief beperkt, en de projectlocatie ligt midden in stedelijk gebied. Hierdoor is het onwaarschijnlijk dat er windgevaar op zal treden.

De verschillen tussen de onderzoeksalternatieven zijn klein en weinig onderscheidend. Daarom is eenzelfde beoordeling gegeven voor alle alternatieven.

Tabel 5.7 Beoordelingsschaal Windhinder (zonder inzet van mitigerende maatregelen)

Beoordelingscriterium	Alternatieven			
	Basis	Mobiliteit	Groen/blauw	Energie
windhinder	-	-	-	-
windgevaar	0	0	0	0

Mitigerende maatregelen

In de voorgaande beoordelingen is een aantal aandachtsgebieden vastgesteld waarbinnen de kans op windhinder reëel is. Deze aandachtsgebieden kunnen worden verholpen door middel van diverse mitigerende maatregelen, hieronder geordend van meest doeltreffend naar minst:

- optimalisatie stedenbouwkundig ontwerp: limiteer de hoeveelheid hoogbouw (vooral direct grenzend aan locaties met kwetsbare verblijfsfuncties), beschut hoogbouw door omliggende laagbouw, voorkom

trechtersvorming tussen hoogbouw. Dit kan met name in het basisalternatief helpen waar in zone 3 trechtersvorming ontstaat tussen de hoogbouw;

- optimalisatie architectonisch ontwerp: aerodynamische vormgeving van gebouwen en bouwblokken, getrapte bouwblokken met treden aan de voet van hoogbouw, plaats de hoogbouw niet aan de rand van het bouwblok maar centreer deze, maak (een deel van) de nieuwbouw wind-doorlatend (half open parkeergarages zijn hier een voorbeeld van), voeg elementen als luifels en arcades toe langs de plint van de nieuwbouw. Deze maatregelen zullen allen de wind lokaal afremmen en daarmee het lokale windklimaat verbeteren;
- wijziging verblijfsfuncties: limiteer de verblijftijd in de buurt van aandachtsgebieden, door hier een relatief lichte verblijfsfunctie als '(door)lopen' aan toe te kennen, of niet als zijnde verblijfruimte aan te merken. Plaats geen kwetsbare verblijfsfunctie als 'zitten' ter plaatse van de hoek van hoogbouw. In alle alternatieven is er in zone 4 een verblijfsfunctie 'zitten' op een open hoek van hoogbouw. Een andere inrichting van de buitenruimte waarbij deze verblijfsfunctie veranderd is hierbij aan te raden;
- voeg lokale elementen toe aan het straatbeeld: verdichting van het vegetatiebeeld, straatkunst, of windschermen. Net als bij de verandering in architectonisch ontwerp kunnen deze elementen de wind afremmen en hiermee het lokale windklimaat verbeteren.

5.3 Bezonning

Effectbeschrijving

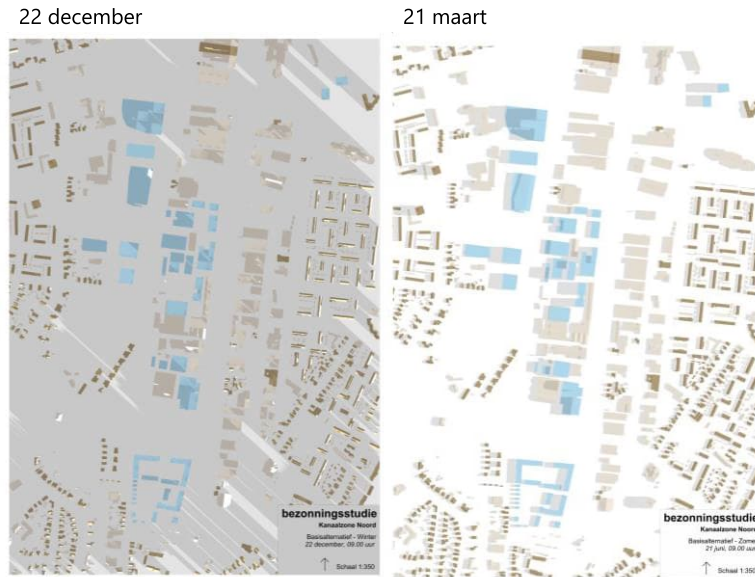
In deze paragraaf worden de 4 alternatieven besproken en beoordeeld op hun invloed op de bezonning van de bestaande woningen in de omgeving van het ontwikkelingsgebied. Om dit te onderzoeken, zijn de veranderingen in bezonning ten opzichte van de huidige situatie in kaart gebracht. Hiervoor zijn bezonningsdiagrammen gemaakt. Deze diagrammen geven inzicht of er voldoende zonlicht is op bijvoorbeeld een gevel. De bezonningsdiagrammen van alle maatgevende momenten per alternatief zijn op schaal weergegeven in de bijlage ii: bezonningdiagrammen.

Basisalternatief

In december om 09.00 uur valt de schaduw in het ontwikkelingsgebied voorbij de woningen aan de Erasmusstraat, Musschenbroekstraat, Boerhaavestraat, Robert Kochstraat, Einsteinlaan, De Kwekerij, Vlijtsemolen en Vlijtseweg. In totaal gaat het om ongeveer 70 woningen die hinder ondervinden van de schaduw. De grootste invloed is merkbaar in de vroege ochtend aan de westzijde, door de nieuwe gebouwen aan de westkant van het ontwikkelingsgebied. In de late namiddag is de schaduw vooral merkbaar aan de oostzijde, waar de gebouwen aan de oostkant dan de schaduwen werpen op de omliggende woningen. Op de andere relevante tijdstippen in de winter, zoals 12.00 uur en 15.00 uur, is de impact minimaal. Om 12.00 uur worden geen woningen belemmerd en om 15.00 uur slechts 2 woningen aan de Vlijtseweg en Kanaal Noord.

Van februari tot en met oktober vormt de slagschaduw in het studiegebied een verwaarloosbare belemmering voor de omliggende woningen. In maart worden om 18.00 uur 3 woningen belemmerd aan de Sleutelbloemstraat en 2e Sluisweg. In juni worden om 20.00 uur 5 woningen belemmerd aan de 2e Sluisweg en Turandotstraat. In september worden om 18.00 uur 4 woningen belemmerd aan de Kanaal Noord. In oktober worden om 09.00 uur 8 woningen belemmerd aan De Kwekerij en Boerhaavestraat.

Afbeelding 5.13 Bezonningsdiagram basialternatief 09.00 uur



Tabel 5.8 Overzicht van het aantal extra belemmerde woningen door het Basialternatief

	Aantal woningen extra belemmerd				
	09.00	12.00	15.00	18.00	20.00
22 december	73	0	2		
19 februari	0	0	0		
21 maart	0	0	0	3	
21 juni	0	0	0	0	5
23 september	0	0	0	4	
23 oktober	8	0	0		

Uit de analyse van de bezonning voor het basialternatief op de bestaande woninggebouwen blijkt dat dit alternatief een lichte afname van de bezonning veroorzaakt in vergelijking met de referentiesituatie. Deze afname is voornamelijk merkbaar in de vroege ochtenduren aan de westzijde en in de late namiddaguren aan de oostzijde. Volgens de lichte TNO-norm moet er sprake zijn van ten minste 2 mogelijke bezonningsuren per dag in de periode van 19 februari tot 23 oktober. Uit tabel 5.8 blijkt dat de bestaande woningen in het studiegebied voldoen aan deze lichte TNO-norm.

Wat betreft de schaduwvorming op de nieuwe gebouwen binnen het ontwikkelingsgebied, is het basialternatief redelijk dicht bebouwd aan de kant boven de bestaande Zwitserse gebouwen. Dit is duidelijk te zien in afbeelding 5.13. Hierdoor valt de schaduw van sommige nieuwe bebouwing ook op elkaar. Gedurende de dag verplaatst de schaduw zich van het oosten naar het westen, waardoor op verschillende tijden verschillende delen van sommige gebouwen in de schaduw komen te liggen.

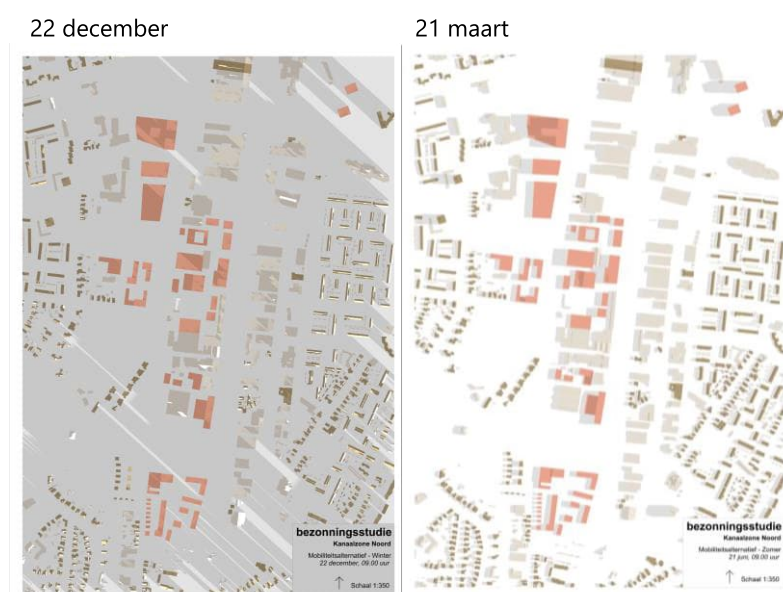
Mobiliteitsalternatief

In december om 09.00 uur valt de schaduw in het ontwikkelingsgebied voorbij de woningen aan de Musschenbroekstraat, Boerhaavestraat, Robert Kochstraat, Einsteinlaan, De Kwekerij, Vlijtsemolen en Vlijtseweg. In totaal gaat het om ongeveer 50 woningen die hinder ondervinden van de schaduw. De grootste invloed is merkbaar in de vroege ochtend aan de westzijde, door de nieuwe gebouwen aan de westkant van het ontwikkelingsgebied. In de late namiddag is de schaduw vooral merkbaar aan de oostzijde, waar de gebouwen aan de oostkant dan de schaduwen werpen op de omliggende woningen. Op de andere

relevante tijdstippen in de winter, zoals 12.00 uur en 15.00 uur, is de impact minimaal. Om 12.00 uur worden geen woningen belemmerd en om 15.00 uur slechts 1 woning aan de Vlijtseweg.

Van februari tot en met oktober vormt de slagschaduw in het studiegebied een verwaarloosbare belemmering voor de omliggende woningen. In maart worden om 18.00 uur 4 woningen belemmerd aan de Sleutelbloemstraat en 2e Sluisweg. In juni worden om 20.00 uur 3 woningen belemmerd aan de 2e Sluisweg en Turandotstraat. In oktober worden om 09.00 uur 5 woningen belemmerd aan De Kwekerij.

Afbeelding 5.14 Bezonningsdiagram mobiliteitsalternatief 09.00 uur



Tabel 5.9 Overzicht van het aantal extra belemmerde woningen door het mobiliteitsalternatief

	Aantal woningen extra belemmerd				
	9.00	12.00	15.00	18.00	20.00
22 december	51	0	1		
19 februari	0	0	0		
21 maart	0	0	0	4	
21 juni	0	0	0	0	3
23 september	0	0	0	0	
23 oktober	5	0	0		

Uit de analyse van de bezonning voor het mobiliteitsalternatief op de bestaande woninggebouwen blijkt dat dit alternatief een lichte afname van de bezonning veroorzaakt in vergelijking met de referentiesituatie. Deze afname is voornamelijk merkbaar in de vroege ochtenduren aan de westzijde en in de late namiddaguren aan de oostzijde. Volgens de lichte TNO-norm moet er sprake zijn van ten minste 2 mogelijke bezonningsuren per dag in de periode van 19 februari tot 23 oktober. Uit tabel 5.9 blijkt dat de bestaande woningen in het gebied voldoen aan deze lichte TNO-norm.

Wat betreft de schaduwvorming op de nieuwe gebouwen binnen het ontwikkelingsgebied, heeft het mobiliteitsalternatief redelijk wat kleinere los staande gebouwen, vergelijkbaar met het basisalternatief. In het mobiliteitsalternatief staan deze gebouwen echter verder van elkaar, wat ervoor zorgt dat de slagschaduw op sommige plekken in de tussenruimten valt en niet op de gebouwen zelf. Gedurende de dag

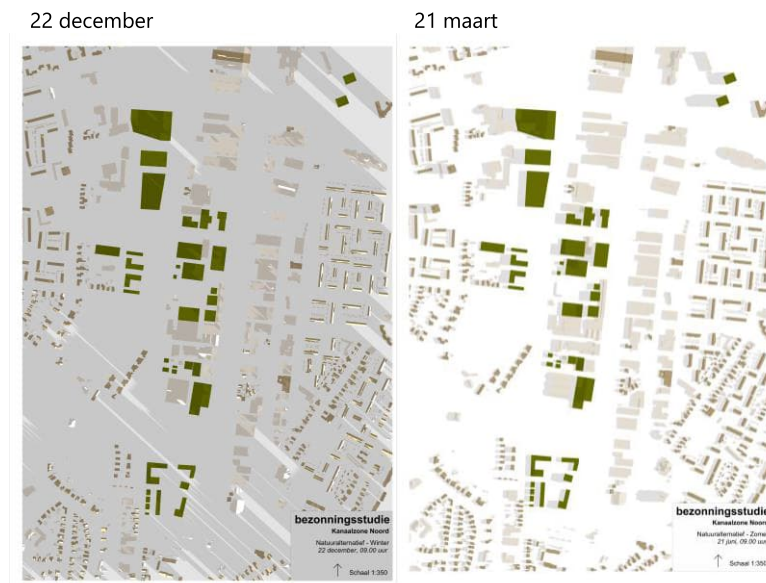
verplaatst de schaduw zich van het oosten naar het westen, waardoor op verschillende tijdstippen verschillende delen van sommige gebouwen in de schaduw komen te liggen. In Bijlage II: Bezonningdiagrammen is het verloop van de bezonning op verschillende tijdstippen van de dag en op verschillende data te zien. Dit geeft een duidelijke illustratie van wanneer welke delen van de gebouwen in de schaduw komen te liggen.

Groen/blauwalternatief

In december om 09.00 uur valt de schaduw in het ontwikkelingsgebied voorbij de woningen aan de Erasmusstraat, Musschenbroekstraat, Boerhaavestraat, Robert Kochstraat, Einsteinlaan, De Kwekerij, Vlijtsemolen en Vlijtseweg. In totaal gaat het om ongeveer 70 woningen die hinder ondervinden van de schaduw. De grootste invloed is merkbaar in de vroege ochtend aan de westzijde, door de nieuwe gebouwen aan de westkant van het ontwikkelingsgebied. In de late namiddag is de schaduw vooral merkbaar aan de oostzijde, waar de gebouwen aan de oostkant dan de schaduwen werpen op de omliggende woningen. Op de andere relevante tijdstippen in de winter, zoals 12.00 uur en 15.00 uur, is er geen impact.

Van februari tot en met oktober vormt de slagschaduw in het studiegebied een verwaarloosbare belemmering voor de omliggende woningen. In maart worden om 18.00 uur 8 woningen belemmerd aan Kanaal Noord en 2e Sluisweg. In september wordt om 18.00 uur 1 woning belemmerd aan de Kanaal Noord. In oktober worden om 09.00 uur 4 woningen belemmerd aan De Kwekerij.

Afbeelding 5.15 Bezonningsdiagram groen/blauwalternatief 09.00 uur



Tabel 5.10 Overzicht van het aantal extra belemmerde woningen door het Groen/blauwalternatief

	Aantal woningen extra belemmerd				
	09.00	12.00	15.00	18.00	20.00
22 december	69	0	0		
19 februari	0	0	0		
21 maart	0	0	0	8	
21 juni	0	0	0	0	0
23 september	0	0	0	1	
23 oktober	4	0	0		

Uit de analyse van de bezonning voor het groen/blauwalternatief op de bestaande woninggebouwen blijkt dat dit alternatief een lichte afname van de bezonning veroorzaakt in vergelijking met de referentiesituatie. Deze afname is voornamelijk merkbaar in de vroege ochtenduren aan de westzijde en in de late namiddaguren aan de oostzijde. Volgens de lichte TNO-norm moet er sprake zijn van ten minste 2 mogelijke bezonningsuren per dag in de periode van 19 februari tot 23 oktober. Uit tabel 5.10 blijkt dat de bestaande woningen in het gebied voldoen aan deze lichte TNO-norm.

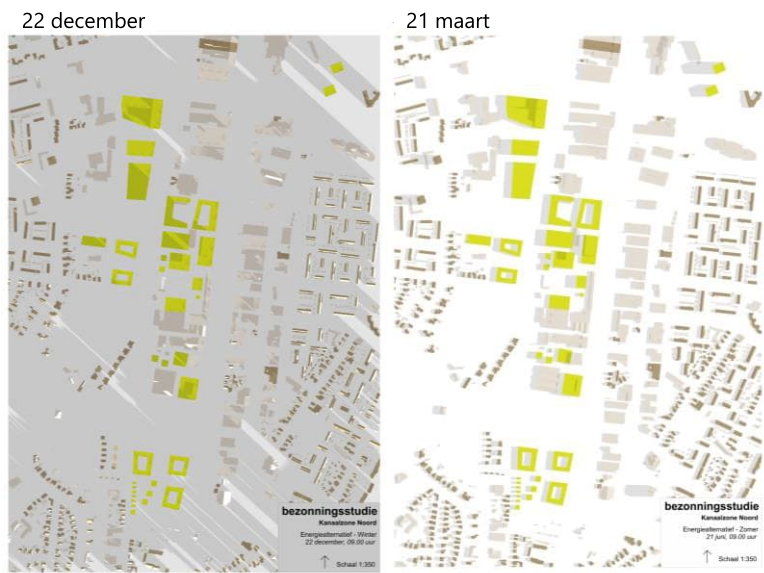
Wat betreft de schaduwvorming op de nieuwe gebouwen binnen het ontwikkelingsgebied, is het groen/blauwalternatief open ontworpen, met gebouwen die niet dicht op elkaar staan. Dit zorgt ervoor dat de zon tussen de open ruimtes kan schijnen en niet wordt geblokkeerd. Gedurende de dag verplaatst de schaduw zich van het oosten naar het westen, waardoor op verschillende tijdstippen verschillende delen van sommige gebouwen in de schaduw komen te liggen. In Bijlage II: Bezonningdiagrammen is het verloop van de bezonning op verschillende tijdstippen van de dag en op verschillende data te zien. Dit geeft een duidelijke illustratie van wanneer welke delen van de gebouwen in de schaduw komen.

Energiealternatief

In december om 09.00 uur valt de schaduw in het ontwikkelingsgebied voorbij de woningen aan de Erasmusstraat, Musschenbroekstraat, Boerhaavestraat, Robert Kochstraat, Einsteinlaan, De Kwekerij, Vlijtsemolen en Vlijtseweg. In totaal gaat het om ongeveer 50 woningen die hinder ondervinden van de schaduw. De grootste invloed is merkbaar in de vroege ochtend aan de westzijde, door de nieuwe gebouwen aan de westkant van het ontwikkelingsgebied. In de late namiddag is de schaduw vooral merkbaar aan de oostzijde, waar de gebouwen aan de oostkant dan de schaduwen werpen op de omliggende woningen. Op de andere relevante tijdstippen in de winter, zoals 12.00 uur en 15.00 uur, is er geen impact.

Van februari tot en met oktober vormt de slagschaduw in het studiegebied een verwaarloosbare belemmering voor de omliggende woningen. In maart worden om 18.00 uur 5 woningen belemmerd aan Kanaal Noord en 2e Sluisweg. In oktober wordt om 09.00 uur 1 woning belemmerd aan De Kwekerij.

Afbeelding 5.16 Bezonningsdiagram energiealternatief 09.00 uur



Tabel 5.11 Overzicht van het aantal extra belemmerde woningen door het energiealternatief

	Aantal woningen extra belemmerd				
	9.00	12.00	15.00	18.00	20.00
22 december	48	0	0		
19 februari	0	0	0		
21 maart	0	0	0	5	
21 juni	0	0	0	0	0
23 september	0	0	0	0	
23 oktober	1	0	0		

Uit de analyse van de bezonning voor het energiealternatief op de bestaande woninggebouwen blijkt dat dit alternatief een lichte afname van de bezonning veroorzaakt in vergelijking met de referentiesituatie. Deze afname is voornamelijk merkbaar in de vroege ochtenduren aan de westzijde en in de late namiddaguren aan de oostzijde. Volgens de lichte TNO-norm moet er sprake zijn van ten minste 2 mogelijke bezonningsuren per dag in de periode van 19 februari tot 23 oktober. Uit tabel 5.11 blijkt dat de bestaande woningen in het gebied voldoen aan deze lichte TNO-norm.

Wat betreft de schaduwvorming op de nieuwe gebouwen binnen het ontwikkelingsgebied, is het energiealternatief over het algemeen redelijk open ontworpen. De gebouwen boven de bestaande Zwitserse gebouwen zijn echter dichter bebouwd dan de rest van de omgeving. Gedurende de dag verplaatst de schaduw zich van het oosten naar het westen, waardoor op verschillende tijdstippen verschillende delen van sommige gebouwen in de schaduw komen te liggen. In Bijlage II: Bezonningdiagrammen is het verloop van de bezonning op verschillende tijdstippen van de dag en op verschillende data te zien. Dit geeft een duidelijke illustratie van wanneer welke delen van de gebouwen in de schaduw komen.

5.3.1 Samenvatting effectbeoordeling bezonning

De hiervoor gepresenteerde effecten is aan de hand van het beoordelingskader uit paragraaf 3.2.3 vertaald naar tabel 5.12. Uit de bezonningsstudie blijkt dat alle alternatieven een lichte afname van de bezonning veroorzaken in vergelijking met de huidige situatie. Deze afname is voornamelijk merkbaar in de vroege ochtenduren aan de westzijde en in de late namiddaguren aan de oostzijde. Alle alternatieven voldoen wel aan de lichte TNO-norm. Hoewel de belemmering beperkt is, zijn er verschillen tussen de alternatieven.

Het energiealternatief veroorzaakt de minste schaduwvorming op de bestaande woningen. Het aantal woningen ligt daarbij tussen de 50 en 60, verspreid over verschillende tijdstippen gedurende het jaar. Het mobiliteitsalternatief heeft iets meer invloed, maar blijft binnen dezelfde range van 50 tot 60 woningen. Vervolgens komt het groen/blauwalternatief met ongeveer 80 woningen die worden beïnvloed. Het basisalternatief veroorzaakt de meeste schaduw, met ongeveer 90 woningen die op verschillende momenten van het jaar worden beïnvloed.

Wat betreft de schaduwvorming op de nieuwe gebouwen binnen het ontwikkelingsgebied, veroorzaakt het groen/blauwalternatief de minste schaduwvorming op de gebouwen binnen het ontwikkelingsgebied. Dit komt doordat de gebouwen op sommige plekken verder uit elkaar staan. Echter, de slagschaduw reikt in de omgeving verder, waardoor het effect merkbaar is bij de bestaande woningen. De bezonning op de nieuwe gebouwen wordt beter behouden, maar die van de bestaande gebouwen verslechtert. Het basisalternatief daarentegen leidt tot de meeste schaduwvorming op zowel de nieuwe als bestaande gebouwen. Door de hogere bebouwingsdichtheid overlappen de schaduwen van de gebouwen vaker, wat de bezonning van sommige gebouwen op bepaalde momenten van de dag beperkt.

Al met al voldoen de bestaande woningen in en rondom het ontwikkelingsgebied in alle alternatieven aan de lichte TNO-norm. Hoewel het aantal woningen dat door schaduwvorming wordt beïnvloed per alternatief verschilt, leidt elk alternatief tot een lichte afname van de bezonning ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 5.12 Beoordelingsschaal bezonning (zonder inzet van mitigerende maatregelen)

Beoordelingscriterium	Alternatieven			
	Basis	Mobiliteit	Groen/blauw	Energie
bezonning	-	-	-	-

Mitigerende maatregelen

Om de impact van schaduwvorming op bestaande woningen te beperken of te compenseren, kunnen verschillende maatregelen worden overwogen. Hoewel het volledig voorkomen van schaduw op omliggende woningen in dit gebied vrijwel onmogelijk is, kan de hoeveelheid schaduw wel worden verminderd. Binnen het ontwikkelgebied kunnen 2 parameters worden aangepast om de bezonning van bestaande woningen te beïnvloeden: de hoogte en de positionering van de nieuwe gebouwen.

De hoogte van gebouwen is een cruciale factor in de mate van schaduwvorming. Hoe hoger een gebouw, des te groter en verder reikend de schaduw die het werpt. Om de impact van schaduw te verminderen in gebieden waar dit een probleem vormt, kan het beperken bouwhoogte een effectieve maatregel zijn.

De plaatsing van nieuwe gebouwen binnen het plangebied speelt een bepalende rol in de schaduwval. Door gebouwen strategisch te positioneren, kan de schaduwval worden gericht op minder gevoelige gebieden zoals openbare ruimtes of parkeerplaatsen, waardoor de impact op woningen wordt geminimaliseerd. Dit kan worden bereikt door gebouwen zo te oriënteren dat ze in lijn staan met de natuurlijke beweging van de zon, of door voldoende afstand te houden tussen hogere bouwvolumes en bestaande woningen. Deze benadering zorgt ervoor dat de schaduwwerking op woongebieden beperkt blijft en de leefbaarheid van de omgeving wordt behouden. Het helemaal voorkomen van schaduw op de omliggende woningen in dit gebied is vrijwel onmogelijk maar het beperken ervan is wel mogelijk.

Bij de alternatieven blijkt het volgende: het basisalternatief heeft de hoogste en dichtste bebouwing, wat de bezonning van de omliggende woningen het meest belemmert. Het mobiliteitsalternatief is ook relatief dicht bebouwd, maar in mindere mate dan het basisalternatief. Het energiealternatief bevat lagere bebouwing, wat leidt tot minder hinder voor de bezonning. Het groen/blauwalternatief biedt meer ruimte tussen de gebouwen, hoewel de bebouwing nog steeds relatief hoog is. Op de locaties met ruimte tussen de gebouwen blijft de bezonning beter behouden, doordat de zon daar vrijer kan doorkomen. Bij het koppelen van de mitigerende maatregelen wordt het volgende geadviseerd: verminder de hoogte en dichtheid van de bebouwing in het basis- en mobiliteitsalternatief. Creëer meer tussenruimten bij het energiealternatief om extra plekken te realiseren waar de zon vrijer kan doorkomen. Verlaag de hoogte van de gebouwen in het groen/blauwalternatief.

6

OVERZICHT VAN EFFECTEN

6.1 Samenvatting van de effecten

Tabel 6.1 geeft een samenvatting van de beoordelingen voor alle milieuaspecten. Energie en groen/blauw hebben vanuit stadsklimaat de voorkeur. Energie heeft minder verharding, lagere gebouwen, en bredere corridors. Groen/blauw heeft minder verharding en meer bomen. De effecten per thema worden in de volgende paragrafen uitgebreider besproken.

Tabel 6.1 Beoordeling van de effecten op thema Stadsklimaat (zonder inzet van mitigerende maatregelen)

Milieuaspect	Beoordelingscriterium	Alternatieven			
		Basis	Mobiliteit	Groen/blauw	Energie
hittestress	gevoelstemperatuur	-	0	++	+
	stedelijk hitte eiland	0	0	++	+
windklimaat	windhinder	-	-	-	-
	windgevaar	0	0	0	0
bezonning	bezonning	-	-	-	-

6.1.1 Hittestress

De gevoelstemperatuur verslechtert alleen in het basisalternatief. Er is een netto toename van de categorie extreme hittestress en over het algemeen neemt de gevoelstemperatuur toe, zij het beperkt. In het mobiliteitsalternatief is de toename van de gevoelstemperatuur in bepaalde gebieden nagenoeg gelijk met de afname in andere gebieden. Het groen/blauwalternatief ziet een sterke afname in gevoelstemperatuur en een sterke toename in het aantal koele gebieden, waar matige hittestress geldt. Het energiealternatief ziet een afname van de gevoelstemperatuur, en een netto toename van de categorie 'matige hittestress'

Het stedelijk hitte eiland neemt in geen enkele alternatief significant toe. Het groen/blauwalternatief heeft daarentegen een dermate grote toename van groen oppervlak dat het stedelijk hitte eiland sterk zal afnemen. In de energiealternatief wordt een beperkte afname van het stedelijk hitte eiland verwacht.

6.1.2 Windklimaat

Alle beoordeelde onderzoeksalternatieven bevatten een aantal locaties waarvoor beperkte tot reële kans op windhinder is vastgesteld, wat leidt tot een negatieve beoordeling. Met name rondom de 2 hoogbouwtorens van Wilhelm Tell ontstaat mogelijk windhinder. Daarnaast leidt in een aantal onderzoeksalternatieven de aanwezigheid van hoogbouw aan de noordwestzijde van open vlaktes of pleinen tot aandachtspunten, vooral zodra er kwetsbare verblijfsfuncties zijn gepland. Dit is aan de orde op het Zwitsalterrein en

Vlijtsepark Torens. Hierdoor ontstaan zones waar kans op valwind en trechtering van de windstroming reëel is.

Echter is de mate van windhinder voor het groen/blauwalternatief het minst, omdat dit alternatief de minste hoogbouw bevat en de hoogbouw relatief gunstig is gepositioneerd. Daarnaast bevat dit alternatief de meeste hoge vegetatie, waardoor de windstroming op voetgangershoogte ook wordt geremd.

Waar voor de onderzoeksalternatieven de mogelijkheid tot windhinder kan ontstaan, is het onwaarschijnlijk dat er windgevaar op zal treden. De mate van hoogbouw is relatief beperkt, en de projectlocatie ligt midden in stedelijk gebied.

6.1.3 Bezinning

Uit de bezonningsstudie blijkt dat alle onderzoeksalternatieven een lichte afname van de bezinning veroorzaken in vergelijking met de huidige situatie. Deze afname is voornamelijk merkbaar in de vroege ochtenduren aan de westzijde en in de late namiddaguren aan de oostzijde. Alle alternatieven voldoen echter aan de lichte TNO-norm. Hoewel de belemmering beperkt is, zijn er verschillen tussen de alternatieven.

Het energiealternatief veroorzaakt de minste schaduwvorming op de bestaande woningen. Het aantal getroffen woningen ligt daarbij tussen de 50 en 60, verspreid over verschillende tijdstippen gedurende het jaar. Het mobiliteitsalternatief heeft iets meer invloed, maar blijft binnen dezelfde range van 50 tot 60 woningen. Vervolgens komt het natuuralternatief met ongeveer 80 woningen die worden beïnvloed. Het basisalternatief veroorzaakt de meeste schaduw, met ongeveer 90 woningen die op verschillende momenten van het jaar worden beïnvloed. Wat betreft de schaduwvorming op de nieuwe gebouwen binnen het plangebied, zorgt het natuuralternatief voor de minste belemmering. Het basisalternatief veroorzaakt daarentegen de meeste schaduwvorming.

Voor de nieuwe gebouwen blijkt uit de analyse dat het groen/blauwalternatief de minste schaduw op de nieuwe gebouwen veroorzaakt, doordat de gebouwen verder uit elkaar staan. Hierdoor blijft de bezinning van de nieuwe gebouwen beter behouden. Echter, de schaduw reikt verder en valt op de bestaande gebouwen. Het basisalternatief veroorzaakt door de hogere bebouwingsdichtheid de meeste schaduw op de nieuwe gebouwen, wat de bezinning op bepaalde momenten van de dag beperkt.

Al met al voldoen alle alternatieven aan de lichte TNO-norm. Hoewel er verschillen zijn in het aantal woningen dat door schaduwvorming wordt beïnvloed, veroorzaken alle alternatieven een lichte afname van de bezinning in vergelijking met de bestaande situatie.

6.2 Keuzes, kansen en aandachtspunten

Een aandachtspunt is de bebouwing rond het groene gebied op het Zwitsalterrein. In het basisalternatief staan hier te hoge gebouwen, terwijl hier ook kwetsbare verblijfsfuncties zijn gepland. Het resultaat is de kans op windhinder op en opwarming door afname van ventilatie ten westen van Zwitsal. In andere alternatieven zijn er rond dit punt minder hoge gebouwen, en is de ruimtelijke inpassing anders, waardoor er minder windhinder en hittestress voorkomt.

Een belangrijke keuze ligt in het ontwerpen op minder verharding, verbeterde ventilatie en ruimte voor bomen. In het groen/blauwalternatief en het energiealternatief is door het ontwerp daardoor zowel de gevoelstemperatuur als het stedelijk hitte eiland lager dan in de referentiesituatie en de andere onderzoeksalternatieven. Aandachtspunten liggen op de verblijfsplekken, dat daar voldoende schaduw en een prettige omgeving is. Het is van belang om genoeg koele plekken te creëren binnen 200 meter loopafstand. In alle alternatieven zijn er genoeg potentiële koele plekken in de omgeving aanwezig. Als hier een mogelijkheid tot recreatie is, kunnen deze plekken ook verkoeling bieden tijdens hete dagen. Daarnaast

is het belangrijk dat er niet teveel hoge gebouwen dicht op elkaar staan en er ruimte is voor ventilatie, met name vanuit oostelijke richting.

Alle onderzoeksalternatieven waarbinnen hoogbouw grenst aan open vlakke ruimtes, en waar kwetsbare gebruiksfuncties zijn geplaatst, moet de kans op windhinder worden meegewogen in het ontwerpproces. Het is belangrijk om de bouwvolumes van hoogbouw te stroomlijnen, te beschutten of getrapt in bouwblokken te plaatsen (zoals in het groen/blauwalternatief). Op die manier kan worden geanticipeerd op valwind of het ontstaan van ongewenste wervels of windhotspots. Ook kan worden gekeken naar kleinere elementen, zoals luifels of vegetatie. De toevoeging van vegetatie (c.q. ruigte) biedt kansen om een deel van de wind af te remmen en is ook effectief voor de andere stadsklimaatthema's.

Alle onderzoeksalternatieven leiden tot een verslechtering van de bezonning ten opzichte van de referentiesituatie. Gedurende het jaar worden tussen de 50 en 90 woningen op verschillende momenten beïnvloed door schaduw. De impact varieert, maar in alle gevallen is er sprake van een afname in zonlichttoetreding. Het energiealternatief leidt met de compacte bebouwing tot de minste schaduwvorming voor bestaande woningen, terwijl het groen/blauwalternatief met de verspreide hoogbouw de minste schaduwwerking heeft voor de nieuwe woningen. Het basisalternatief daarentegen leidt tot de meeste schaduwvorming op zowel de nieuwe als bestaande gebouwen. Door de hogere bebouwingsdichtheid overlappen de schaduwen van de gebouwen vaker, wat de bezonning van sommige gebouwen op bepaalde momenten van de dag beperkt.

7

DISCUSSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Leemten in kennis en onzekerheden

De beoordelingen zijn gedaan op basis van een aantal onderzoeksalternatieven die ruimtelijk tot een wat lager detailniveau zijn uitgewerkt. Daarmee zijn de analyses ook beperkt tot het detailniveau van de ontwerpen. De plaatsing van bomen, belangrijk voor gevoelstemperatuur, is bijvoorbeeld niet realistisch uitgewerkt. Het enige verschil tussen de onderzoeksalternatieven zijn extra bomen in het groen/blauwalternatief.

De 4 onderzoeksalternatieven vertegenwoordigen daarnaast allemaal niet de toekomstige inrichting, omdat deze nog niet vaststaat. Daarnaast is er een leemte in kennis voor de beoordeling van het stedelijk hitte eiland, bezonning en windhinder. Nu is nog een kwalitatieve beoordeling uitgevoerd. Met modelanalyses kunnen deze aspecten ook kwantitatief beoordeeld worden, wat leidt tot een nauwkeurigere effectbepaling.

Naast dat de kwantitatieve uitwerking van windeffecten in NEN8100 wordt voorgeschreven bij implementatie van hoogbouw, dragen kwantitatieve CFD-modellen bij aan een nauwkeurigere beoordeling van de windeffecten. Zeker als blijkt dat er aandachtspunten ontstaan en optimalisatie gewenst is, kunnen windberekeningen handvatten bieden voor verdere ontwerptimalisaties.

7.2 Monitoring en evaluatie

Door het percentage schaduwoppervlakte op verblijfsplekken en het percentage groenoppervlak als indicatoren te gebruiken tijdens de gebiedsontwikkeling, kan de ontwikkeling van de hittestress gemonitord worden. Voor hittestress en windhinder gezamenlijk is de voorgenomen functie (recreatie, slenteren, doorlopen) van een gebied, en de mate van ventilatie tussen gebouwen, ook goede indicatoren om te monitoren. Effecten op hittestress en windhinder hangt samen met het beoogde doel van het gebied waar dit optreedt. Omdat voor hoogbouw modelstudies naar het windklimaat moeten worden uitgevoerd, is het van toegevoegde waarde om het windklimaat op zowel hoge als lage snelheden in beeld te brengen. Tijdens de gebiedsontwikkeling kan de wisselwerking tussen gebouwen, functiegebieden en deelontwikkelingen op hittestress en windhinder worden gevolgd. Ook de (voorgenomen) gebouwhoogte kan gemonitord worden, als indicator van (te verwachten) effecten op windhinder en bezonning.

7.3 Maatregelen achter de hand

Voor elk van de onderzochte alternatieven zijn een aantal mitigerende maatregelen opgesteld die ingezet kunnen worden om de negatieve effecten van windhinder, hittestress en beperkte bezonning te beperken. Deze maatregelen kunnen noodgedwongen toegepast worden indien de gebiedsontwikkeling anders uitpakt dan voorspeld in het MER. De mitigerende maatregelen zijn als volgt:

- meer **schaduw** te creëren, bijvoorbeeld met bomen Dit is met name van belang op strategische locaties als verblijfsplekken waar mensen zitten of slenteren. Het aanplanten van bomen is hierin het meest effectief. De aanwezigheid van bomen heeft ook een positief effect op het windklimaat bij hoge windsnelheden;

- genoeg **koele (verblijfs)plekken te creëren binnen 200 meter** loopafstand. Als hier een mogelijkheid tot recreatie is, kunnen deze plekken ook verkoeling bieden tijdens hete dagen;
- verhogen van het **percentage groen oppervlak**;
- op locaties waar dit niet mogelijk is, kan er gedacht worden aan **lichte bestratingsmaterialen** of installatie van **groene daken en gevels** op de gebouwen;
- **wijzig de locaties van kwetsbare verblijfsfuncties** voor beperking van de windhinder. Mogelijk kan een ongunstig gelegen voetpad of terras bijvoorbeeld worden verplaatst.
- de **gebouwhoogte beperken** om slagschaduw op de omliggende gebouwen te beperken.

8

REFERENTIES

- 1 Beranek (1980). General rules for the determination of wind environment. *Wind Engineering*, 225–234. doi:10.1016/b978-1-4832-8367-8.50027-9.
- 2 KNMI (2024). Waarnemingen klimaatverandering. <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/waarnemingen-klimaatveranderingen> [d.d. 30 januari 2025].

Bijlage(n)



BIJLAGE: WINDHINDER OVERZICHTSKAARTEN

Afbeelding I.1 Overzichtskaart van het projectgebied voor het Basisalternatief, met de verblijfsfuncties en aandachtsgebieden



Afbeelding I.2 Overzichtskaart van het projectgebied voor het Groen/blauwalternatief, met de verblijfsfuncties en aandachtsgebieden



Afbeelding I.3 Overzichtskaart van het projectgebied voor het Mobiliteitsalternatief, met de verblijfsfuncties en aandachtsgebieden



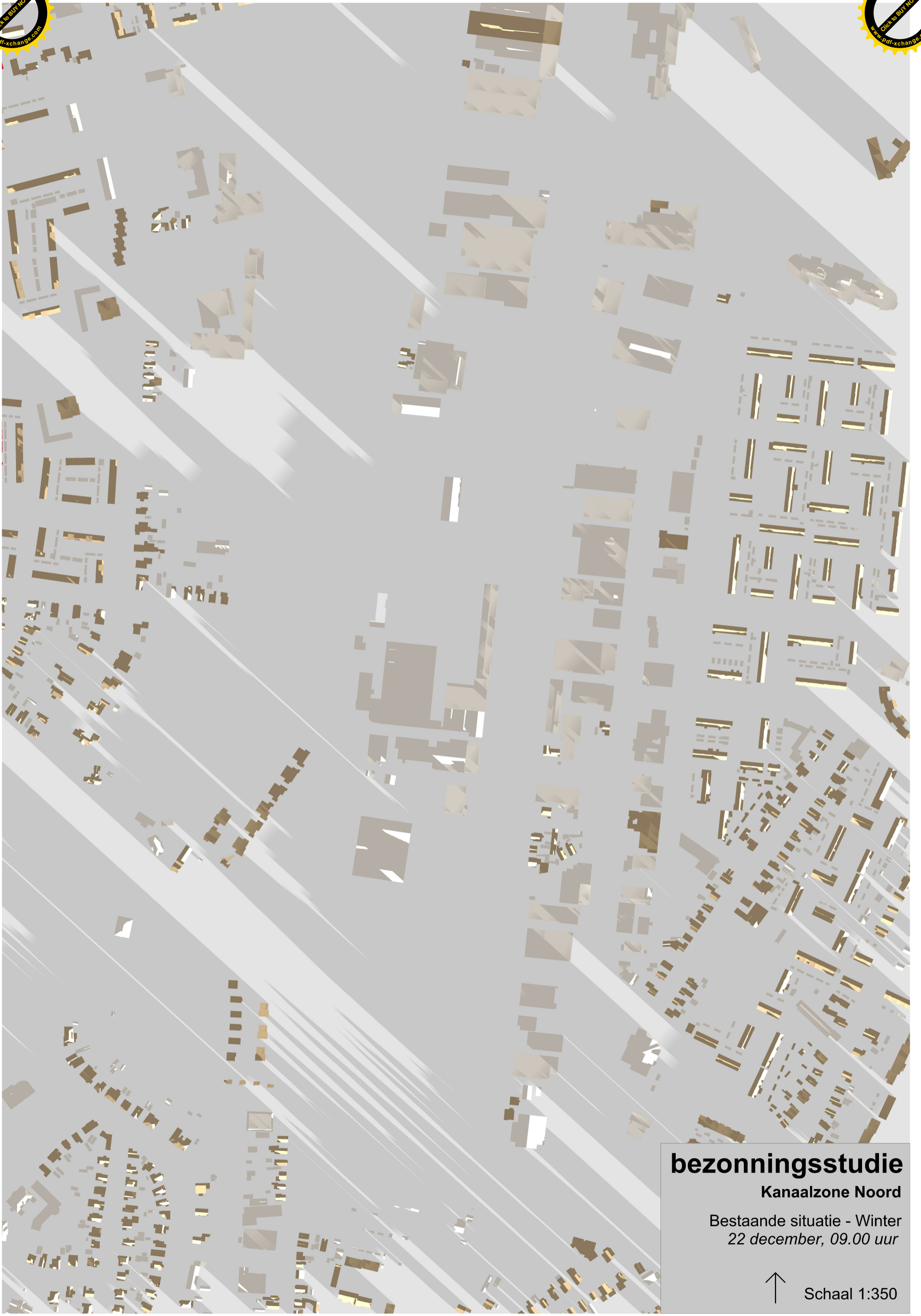
Afbeelding I.4 Overzichtskaart van het projectgebied voor het Energiealternatief, met de verblijfsfuncties en aandachtsgebieden





BIJLAGE II: BEZONNINGDIAGRAMMEN

Bestaande situatie



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Winter

22 december, 09.00 uur



Schaal 1:350



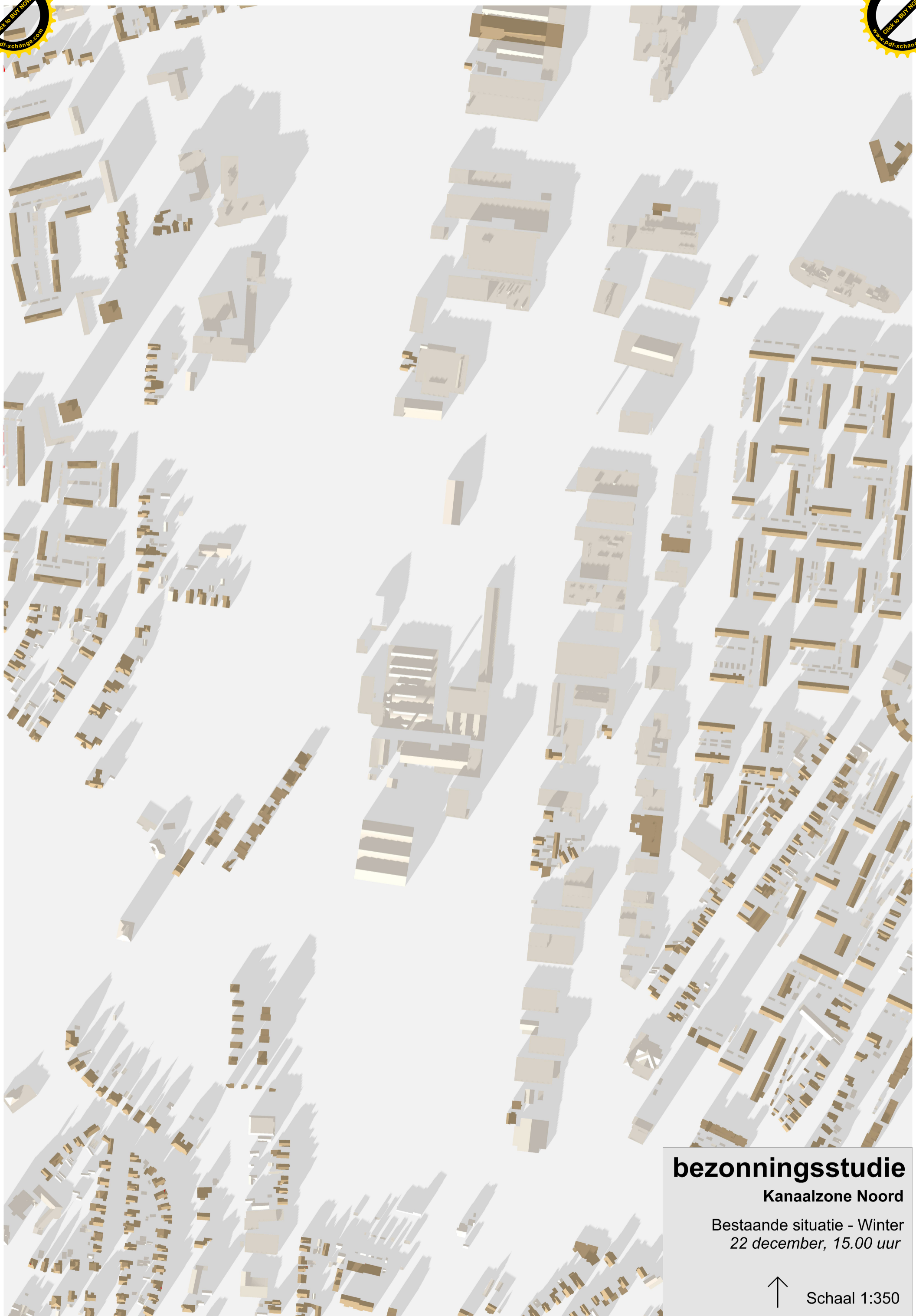
bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Winter
22 december, 12.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Winter
22 december, 15.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie
19 februari, 9.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie
19 februari, 12.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie
19 februari, 15.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Lente

21 maart, 09.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Lente

21 maart, 12.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

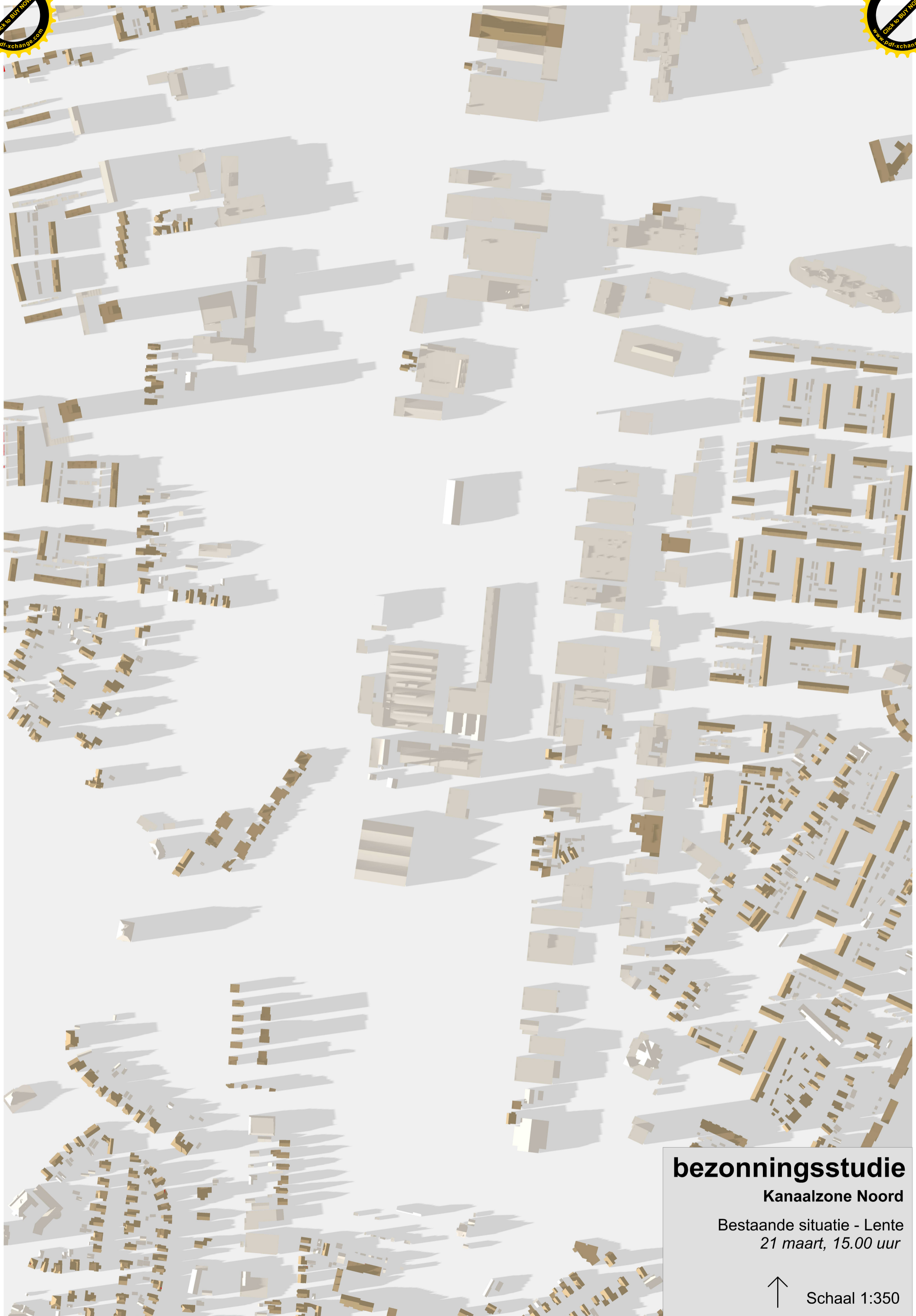
Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Lente

21 maart, 15.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Lente

21 maart, 15.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Zomer

21 juni, 9.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Zomer

21 juni, 12.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Zomer
21 juni, 15.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Zomer

21 juni, 18.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Zomer

21 juni, 20.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Herfst

23 september, 9.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Herfst
23 september, 12.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Herfst
23 september, 15.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

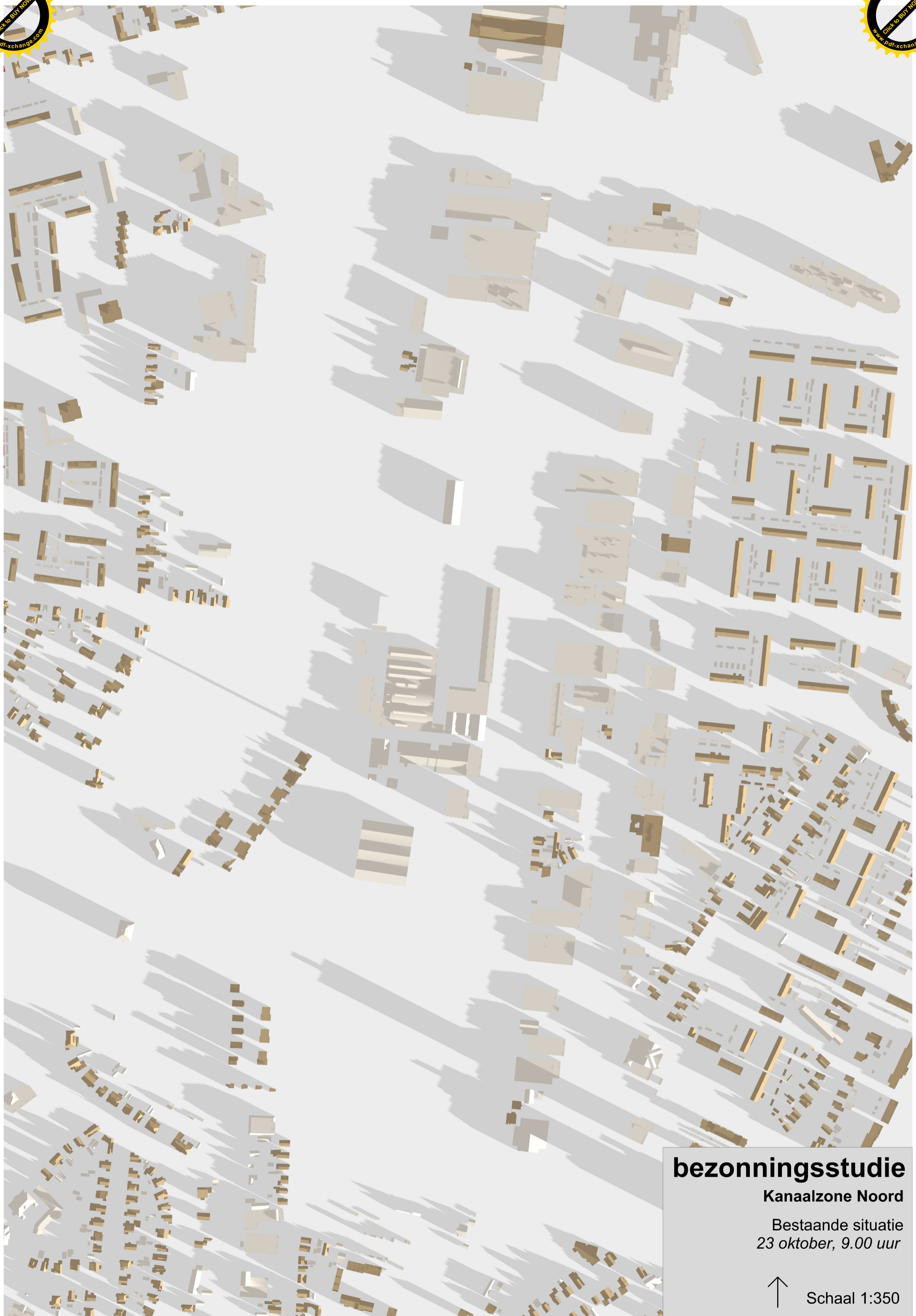
Kanaalzone Noord

Bestaande situatie - Herfst

23 september, 18.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie
23 oktober, 9.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie
23 oktober, 12.00 uur



Schaal 1:350



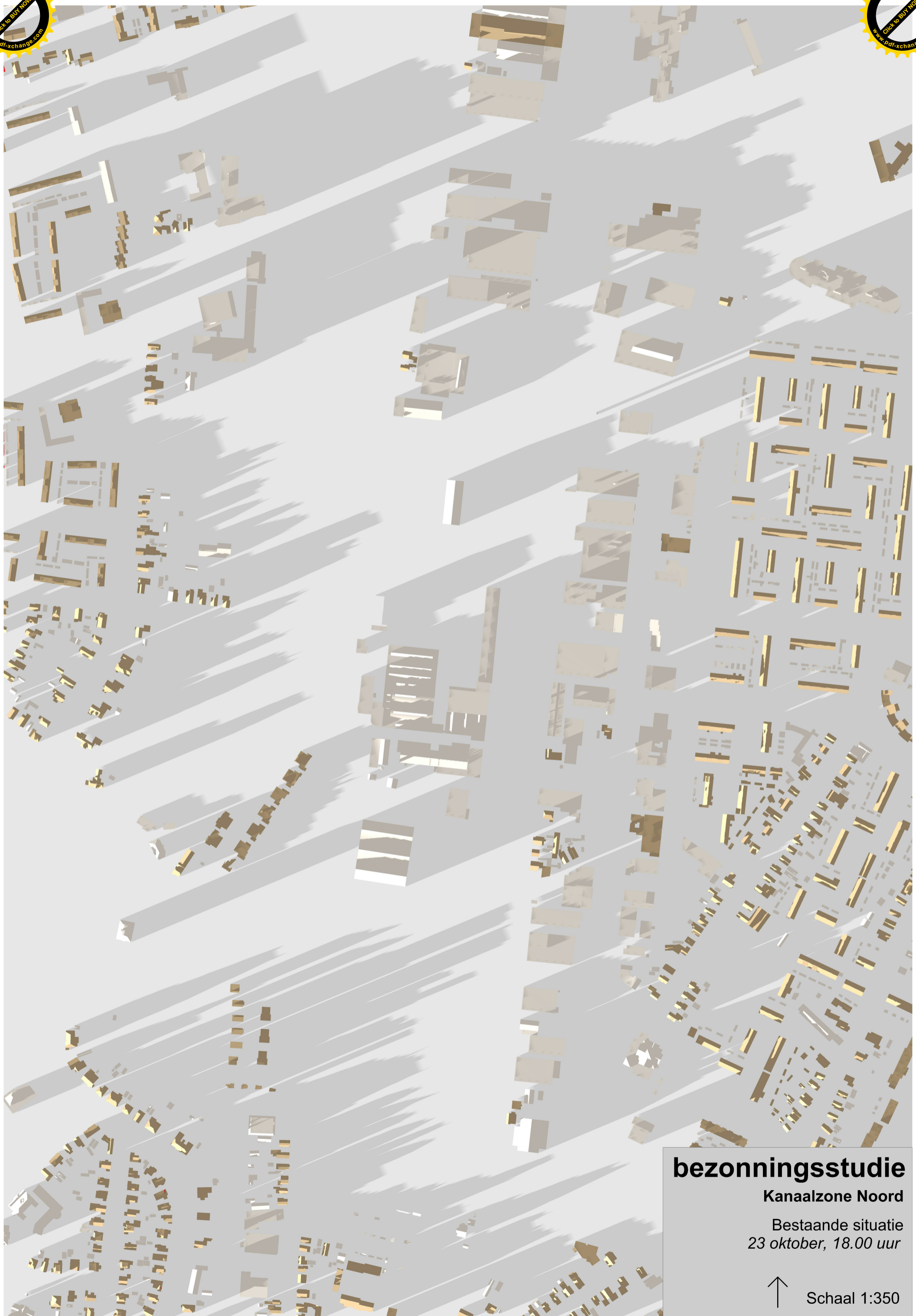
bezonningsstudie

Kanaalzone Noord

Bestaande situatie
23 oktober, 15.00 uur



Schaal 1:350



bezonningsstudie

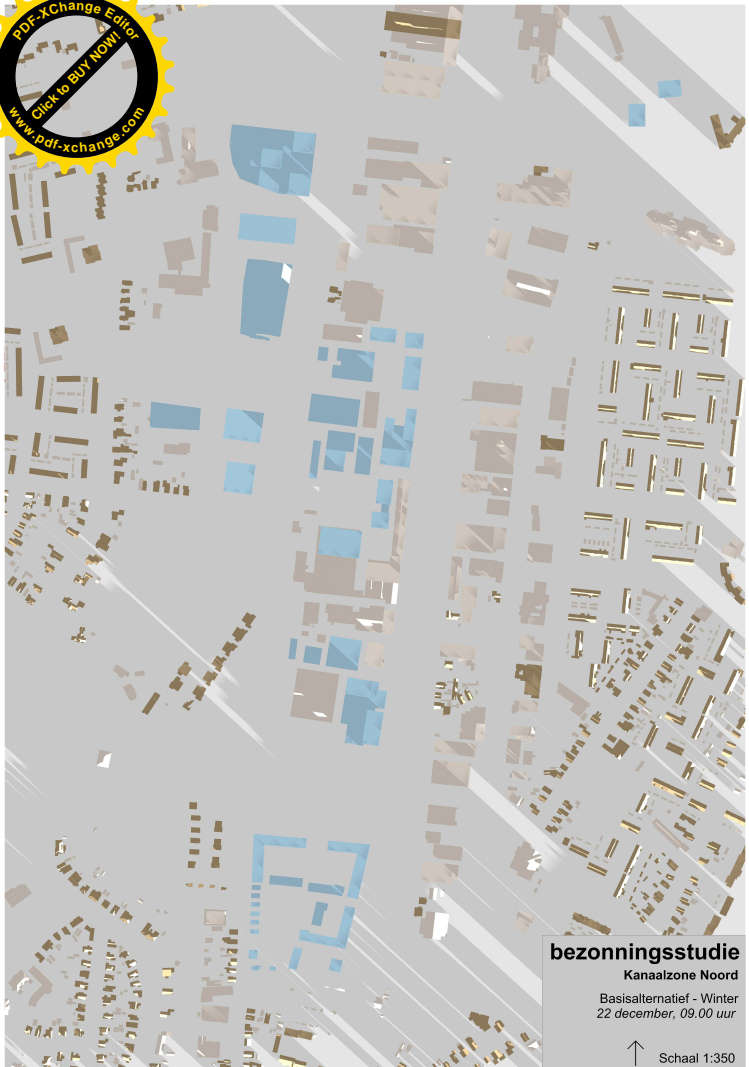
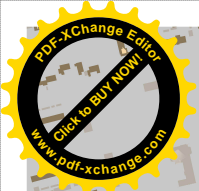
Kanaalzone Noord

Bestaande situatie
23 oktober, 18.00 uur



Schaal 1:350

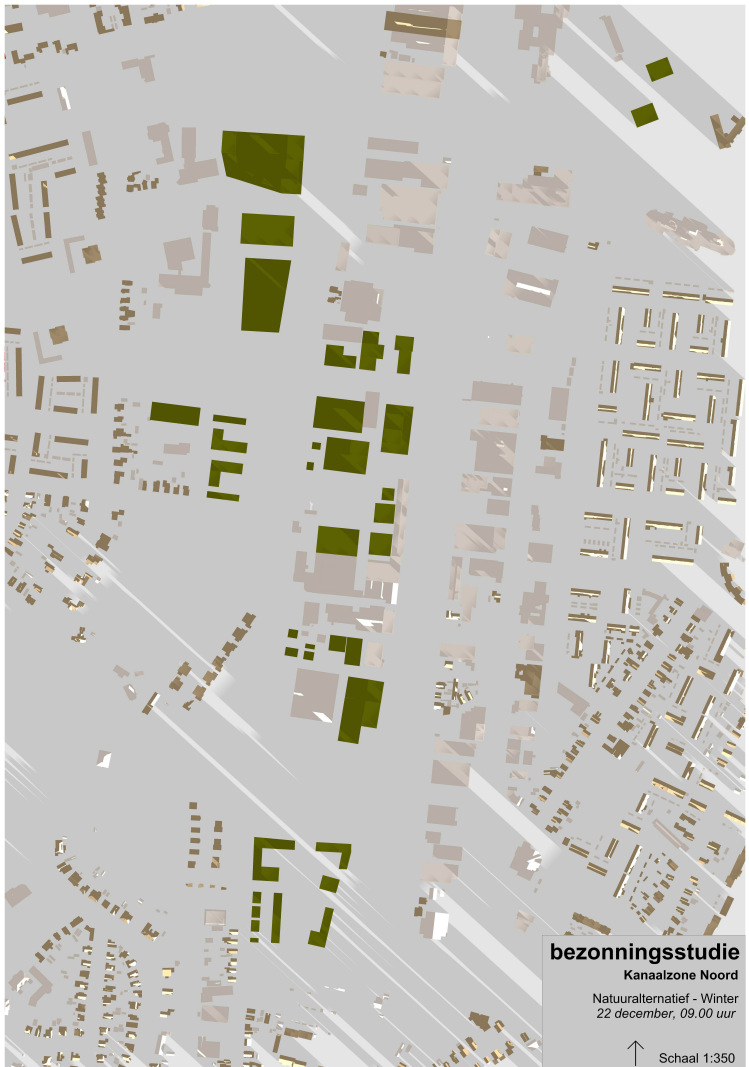
Alternatieven



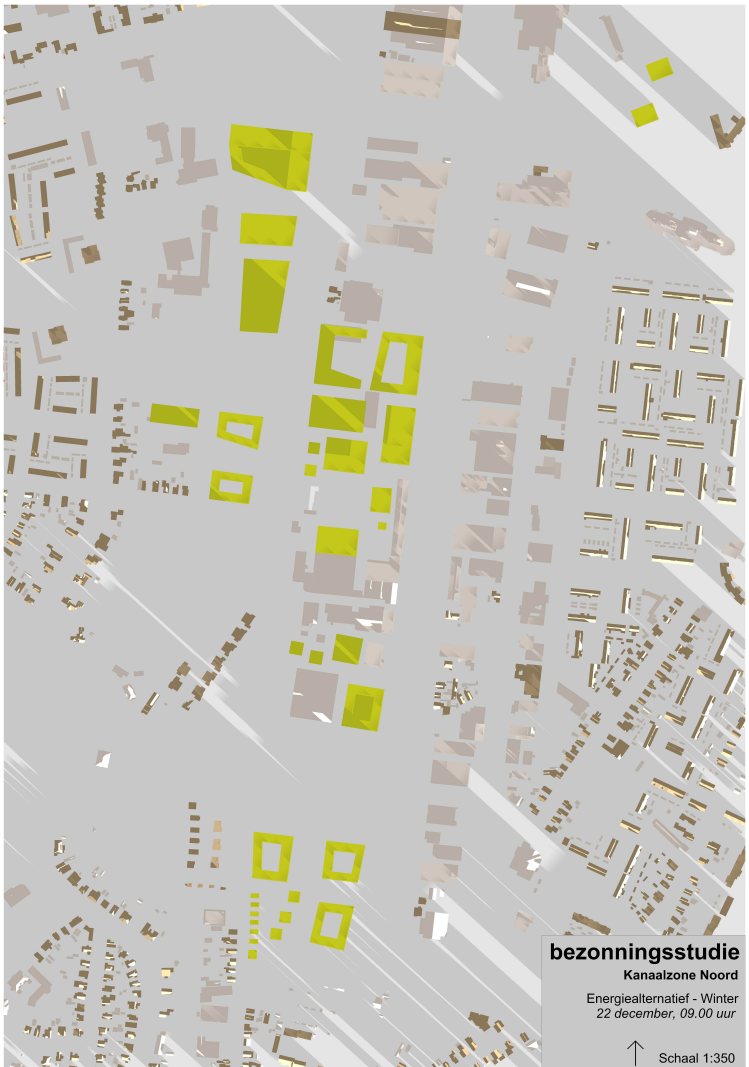
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basisalternatief - Winter
22 december, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350



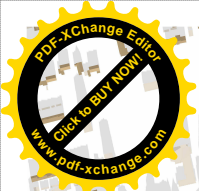
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief - Winter
22 december, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350

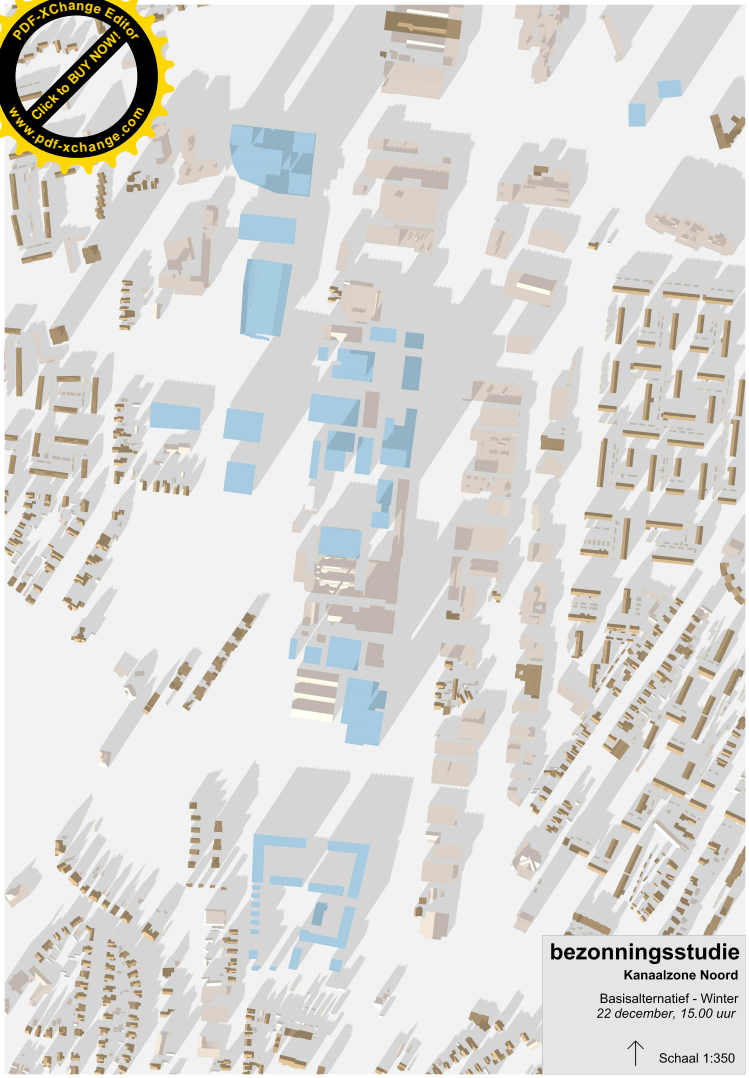


bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief - Winter
22 december, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief - Winter
22 december, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350





bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basialternatief - Winter
22 december, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



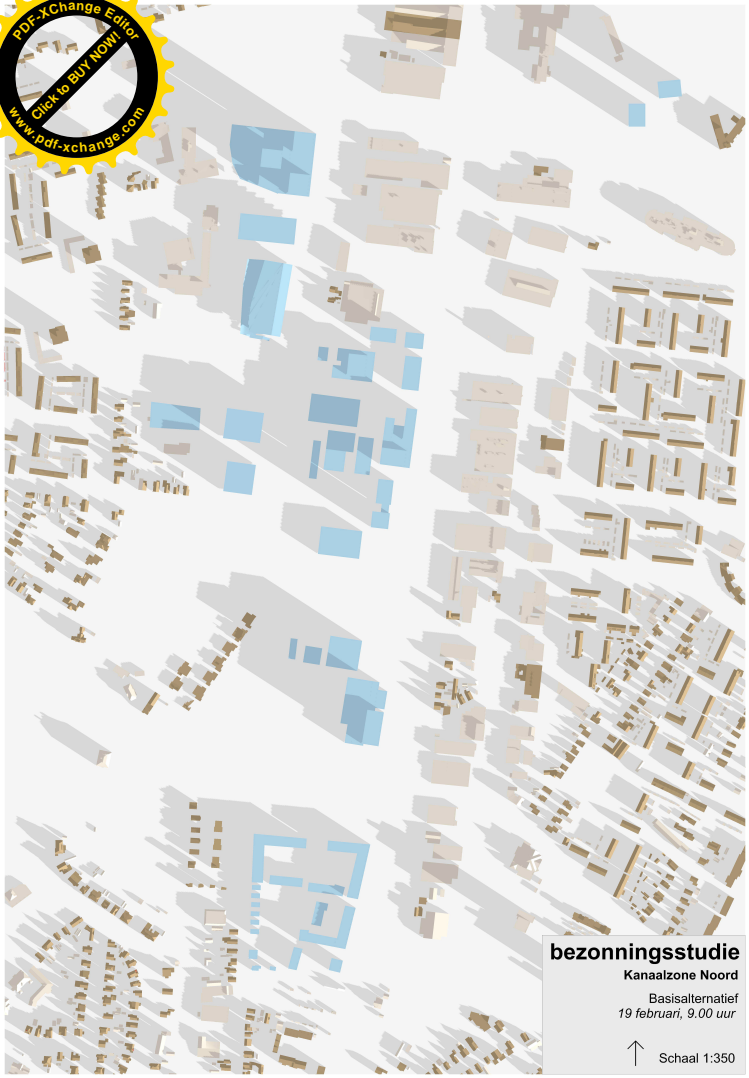
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief - Winter
22 december, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



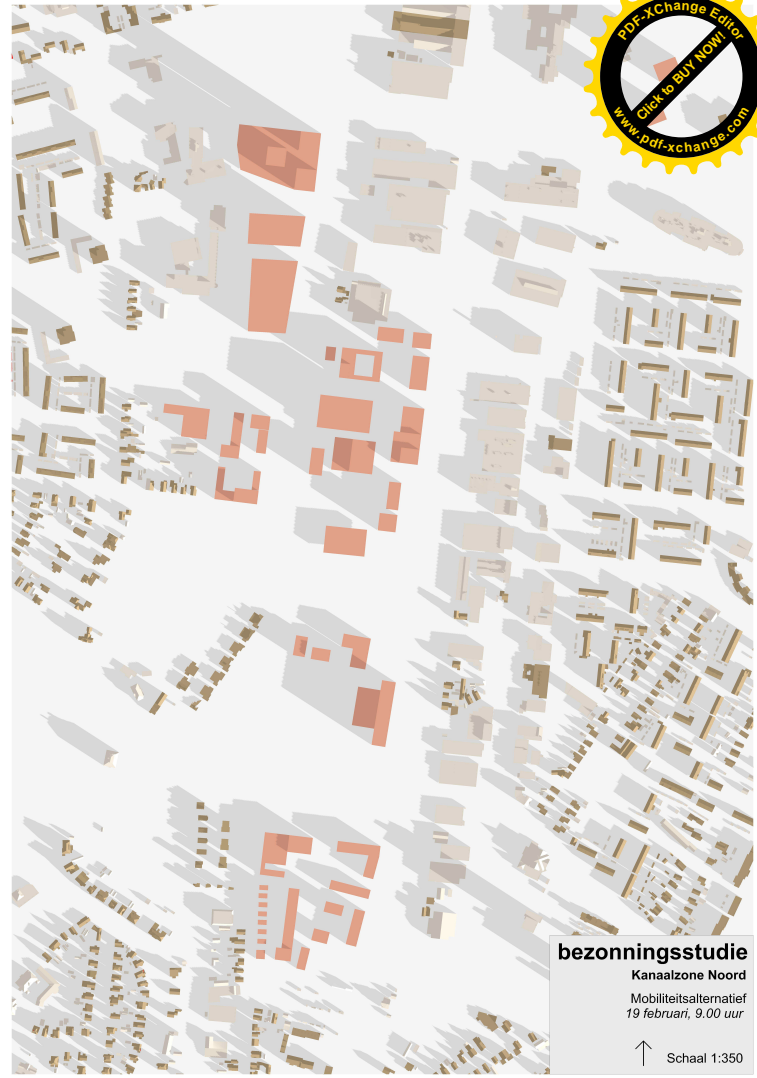
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief - Winter
22 december, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief - Winter
22 december, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



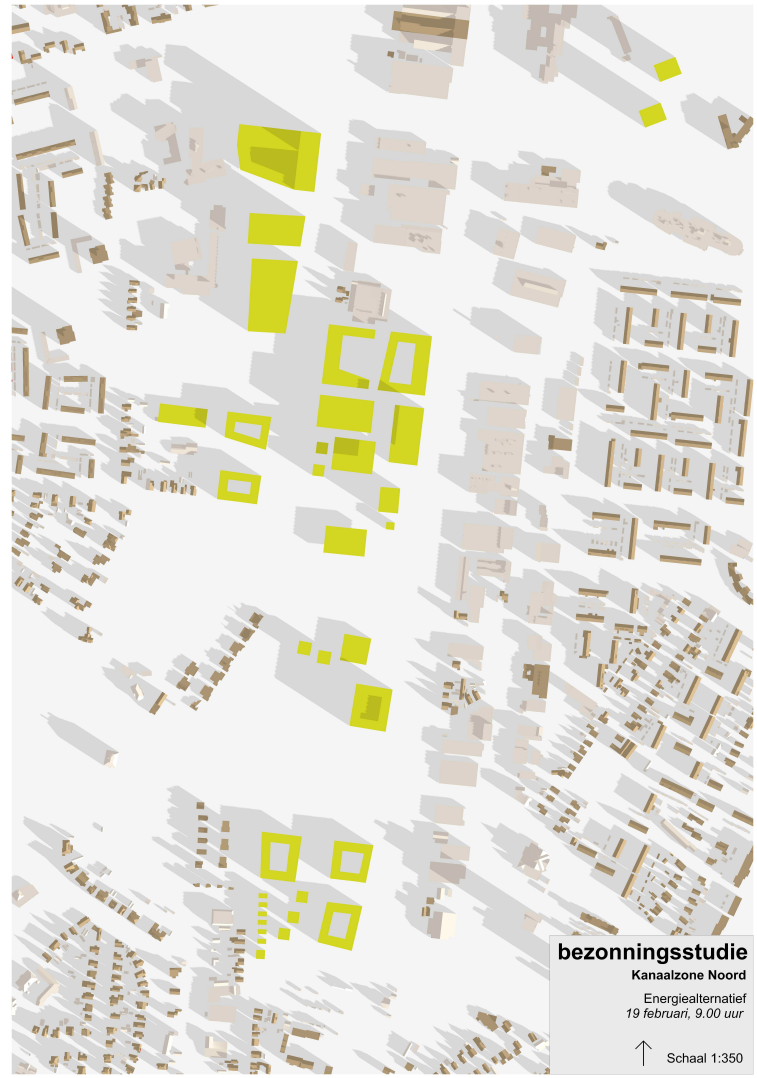
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basisalternatief
19 februari, 9.00 uur
↑ Schaal 1:350



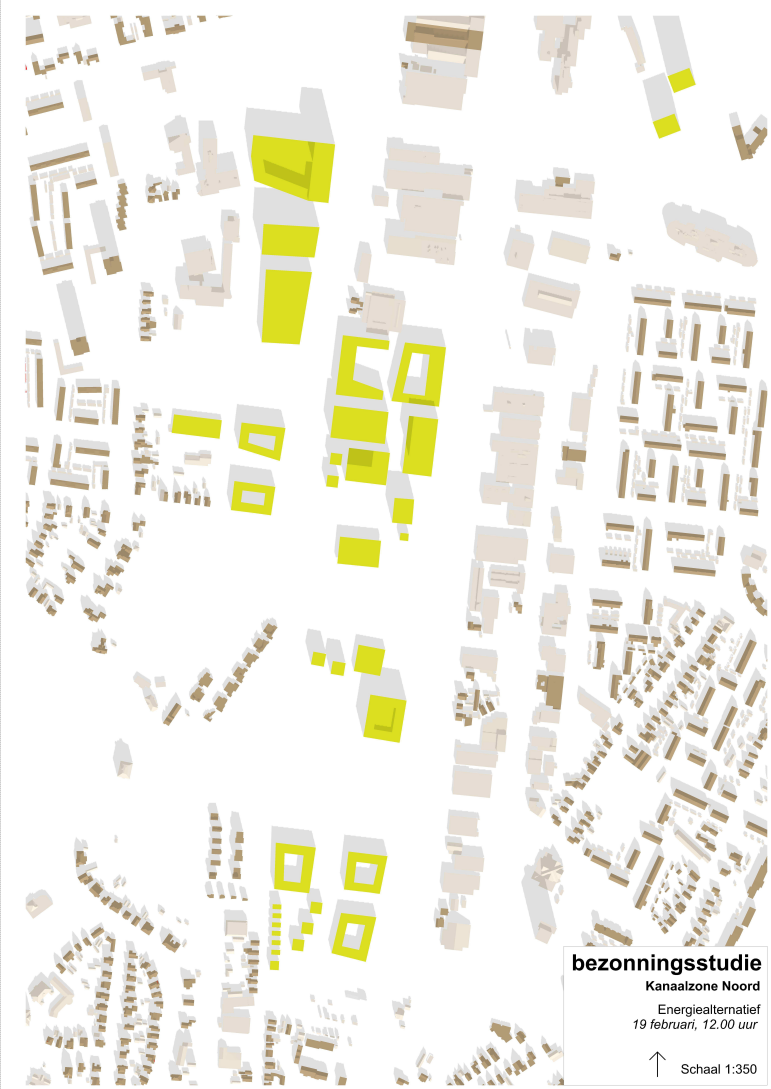
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief
19 februari, 9.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief
19 februari, 9.00 uur
↑ Schaal 1:350

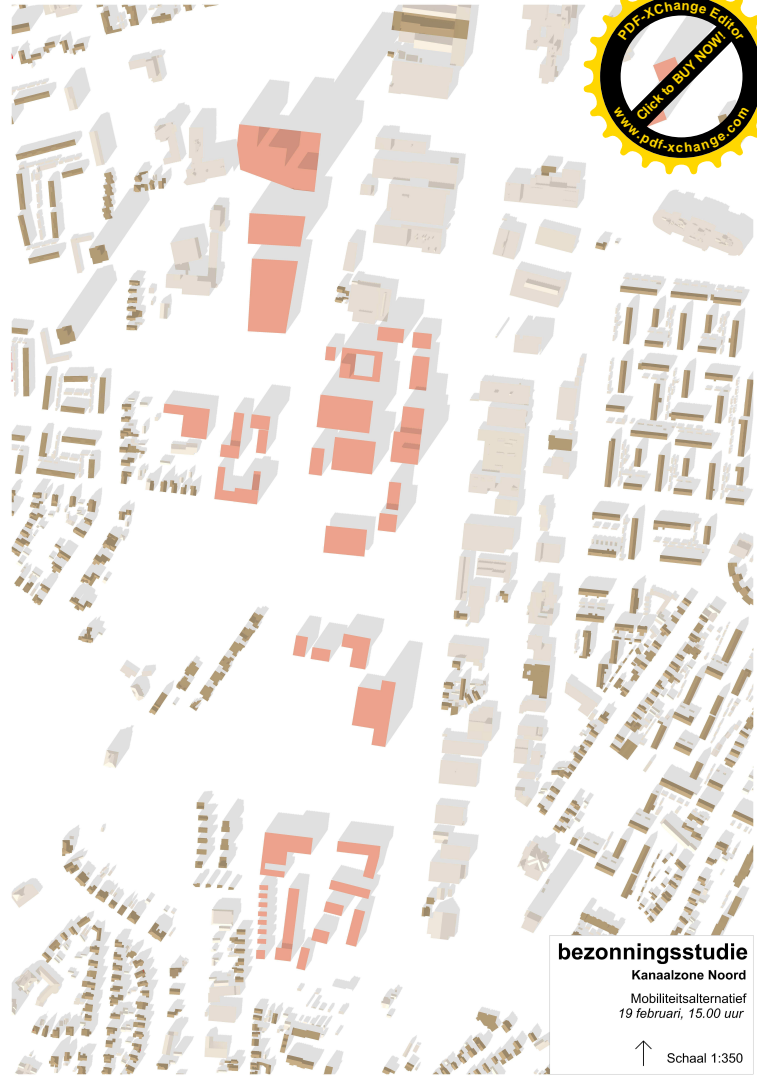


bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief
19 februari, 9.00 uur
↑ Schaal 1:350





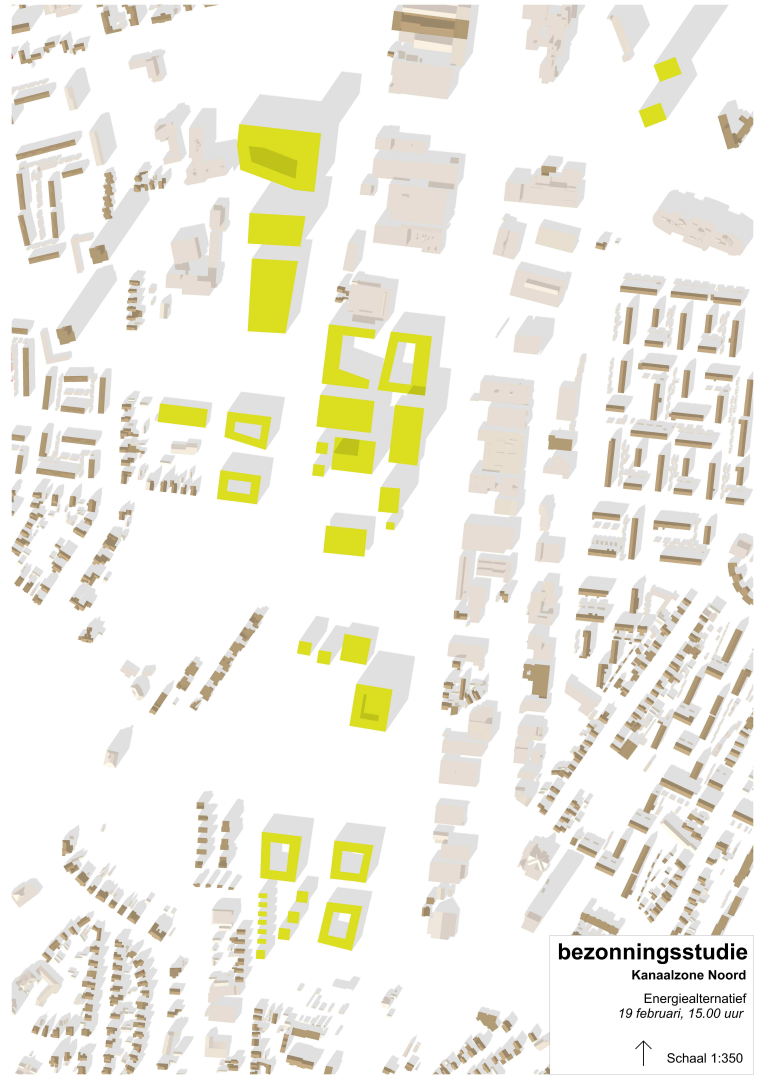
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basisalternatief
19 februari, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief
19 februari, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief
19 februari, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief
19 februari, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



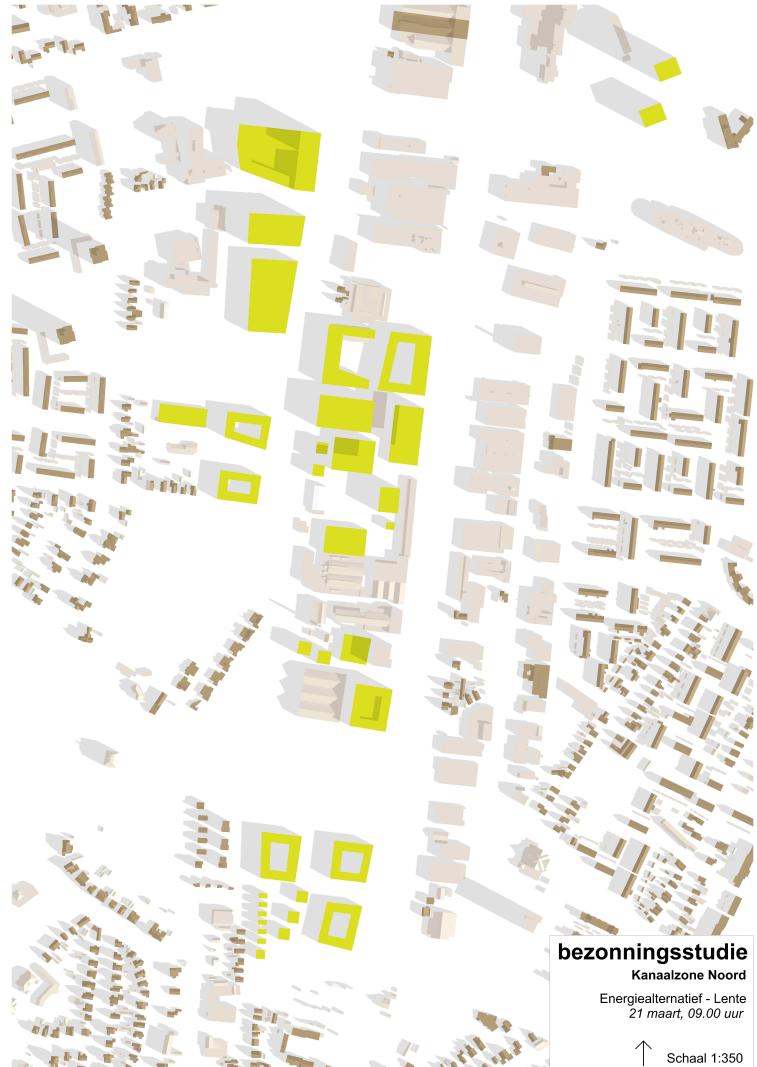
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Basisalternatief - Lente
 21 maart, 09.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



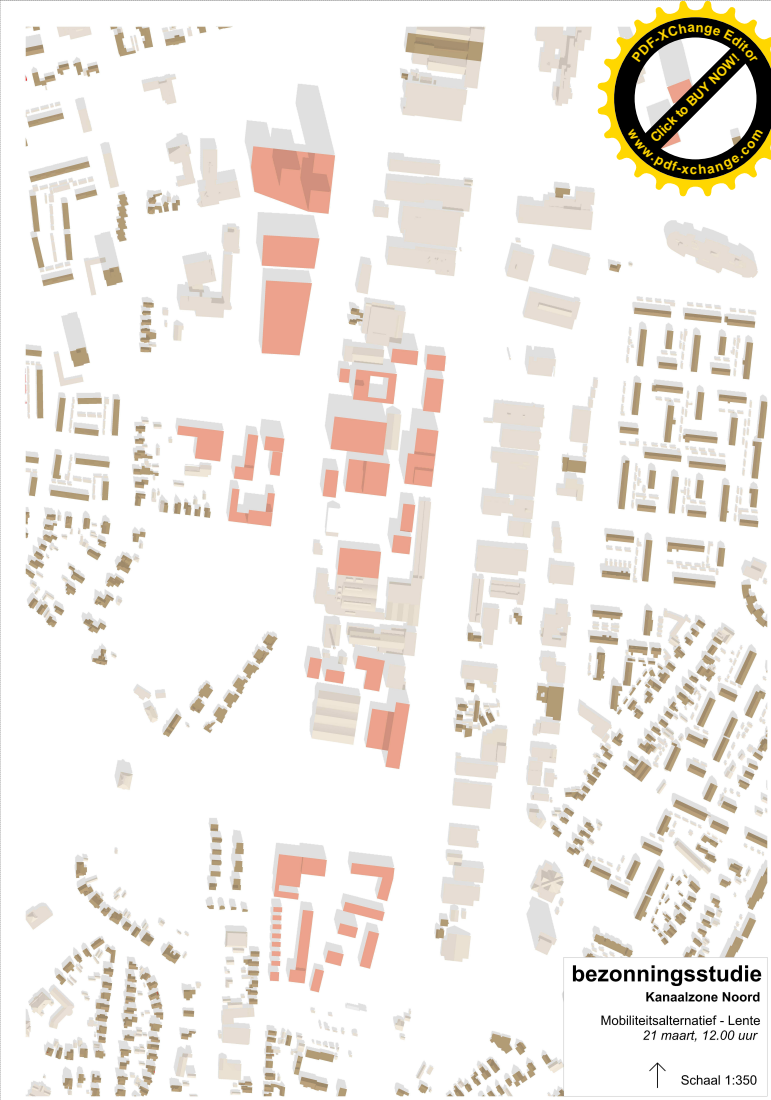
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Mobiliteitsalternatief - Lente
 21 maart, 09.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Natuuralternatief - Lente
 21 maart, 09.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Energiealternatief - Lente
 21 maart, 09.00 uur
 ↑ Schaal 1:350





bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basisalternatief - Lente
21 maart, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



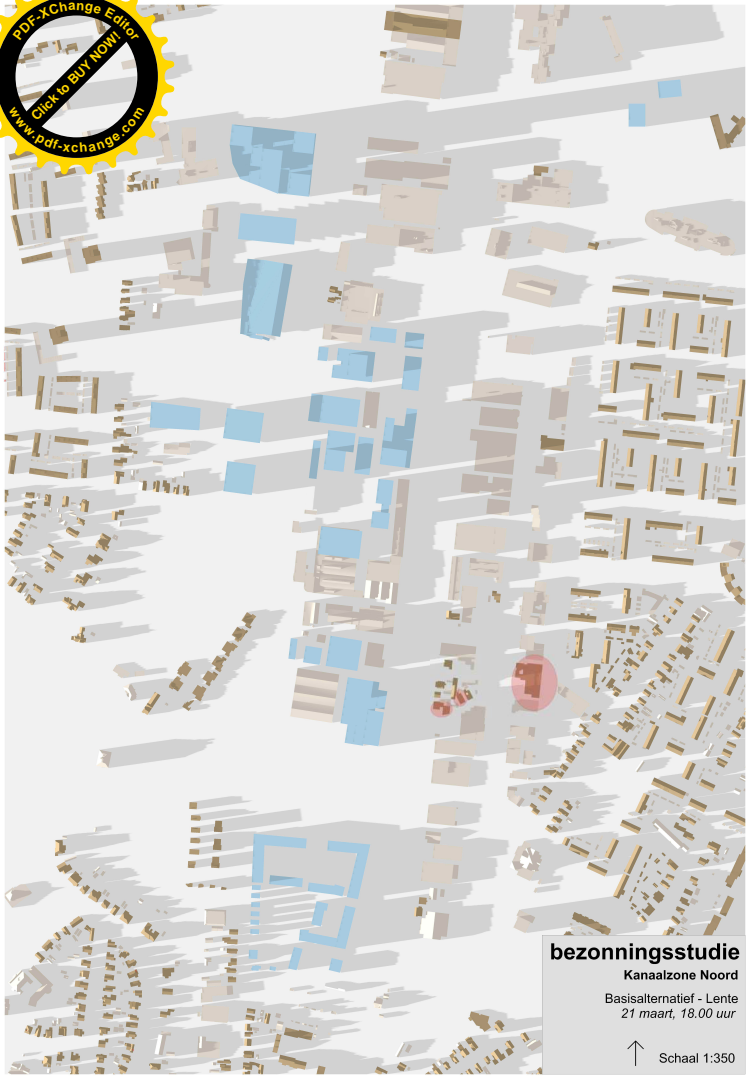
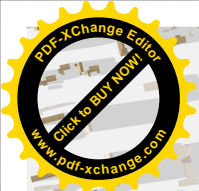
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief - Lente
21 maart, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief - Lente
21 maart, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief - Lente
21 maart, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



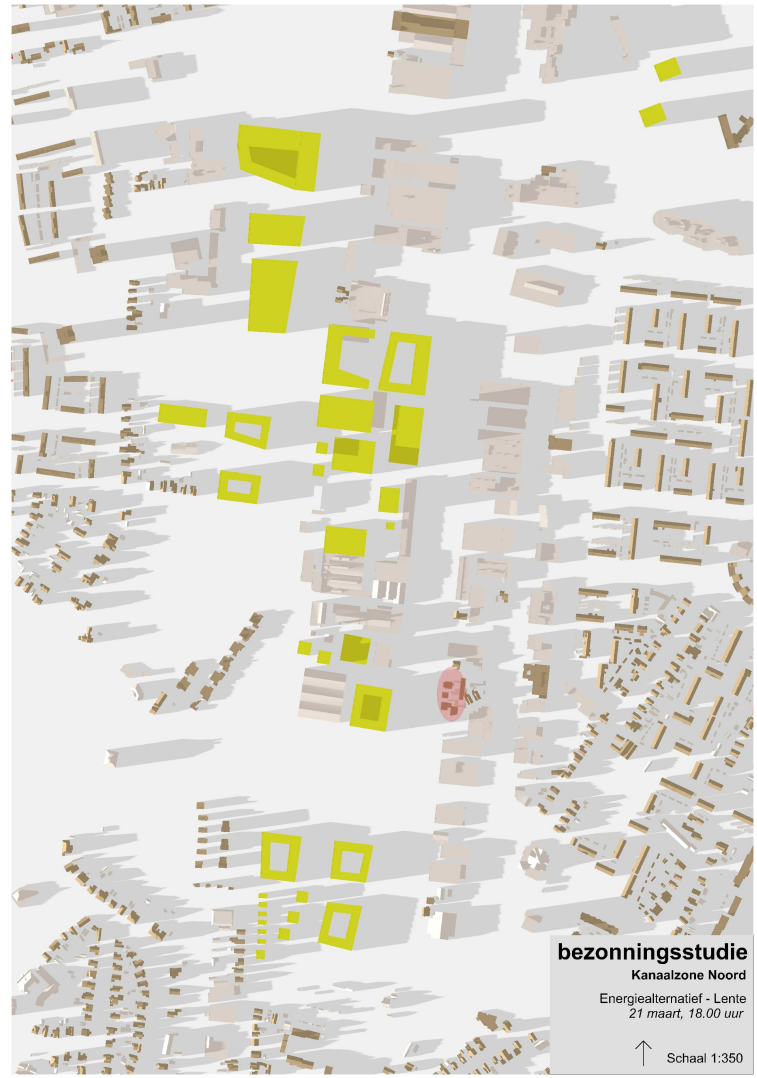
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basisalternatief - Lente
21 maart, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief - Lente
21 maart, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief - Lente
21 maart, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief - Lente
21 maart, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basisalternatief - Zomer
21 juni, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350



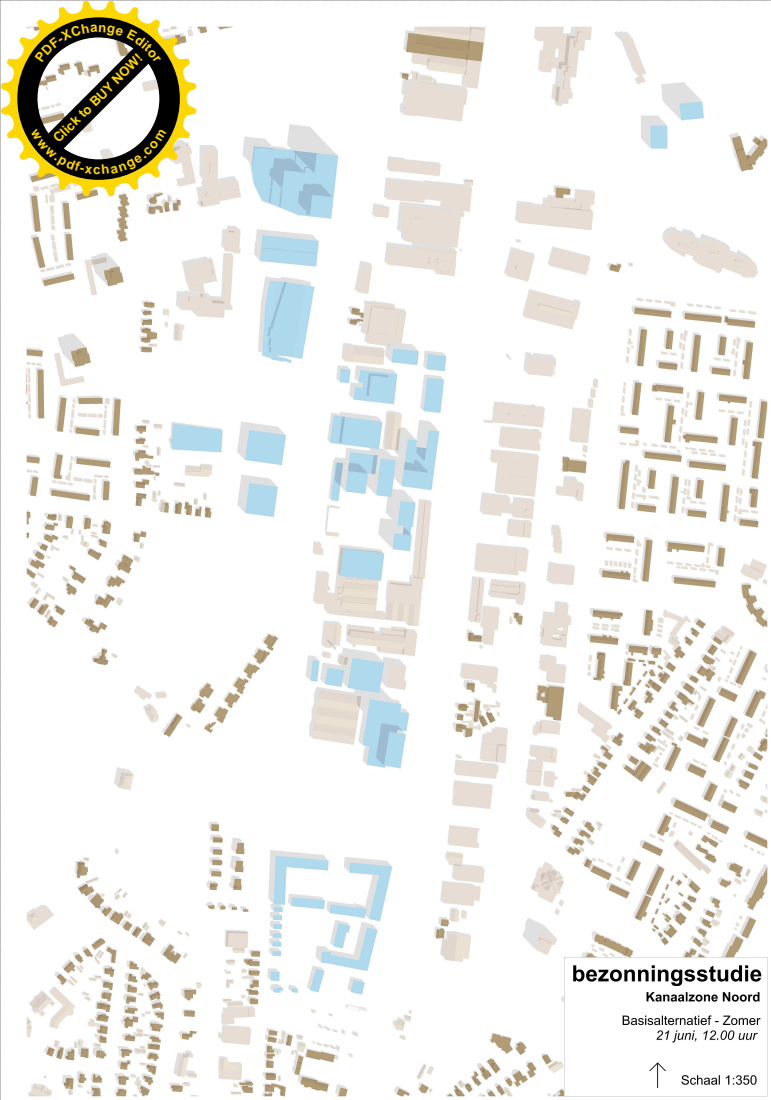
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief - Zomer
21 juni, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350



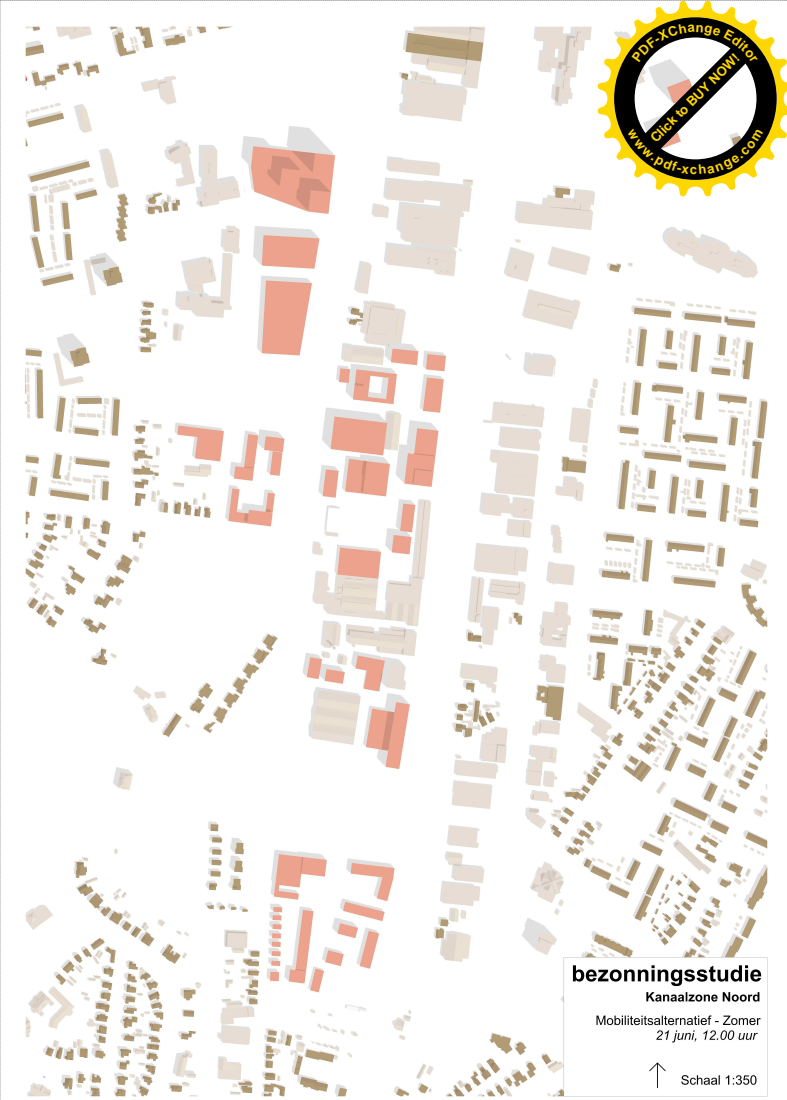
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief - Zomer
21 juni, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief - Zomer
21 juni, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Basisalternatief - Zomer
 21 juni, 12.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



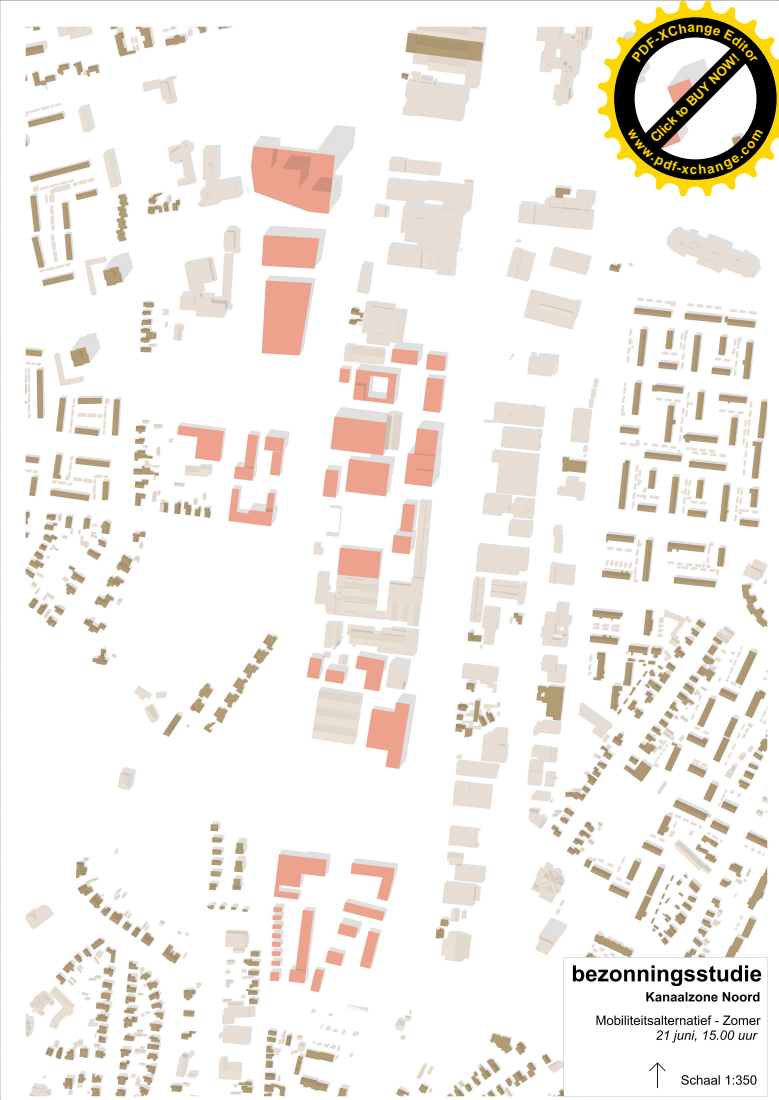
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Mobiliteitsalternatief - Zomer
 21 juni, 12.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Natuuralternatief - Zomer
 21 juni, 12.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Energiealternatief - Zomer
 21 juni, 12.00 uur
 ↑ Schaal 1:350





bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basisalternatief - Zomer
21 juni, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief - Zomer
21 juni, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief - Zomer
21 juni, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief - Zomer
21 juni, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanalzone Noord
 Basisalternatief - Zomer
 21 juni, 20.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



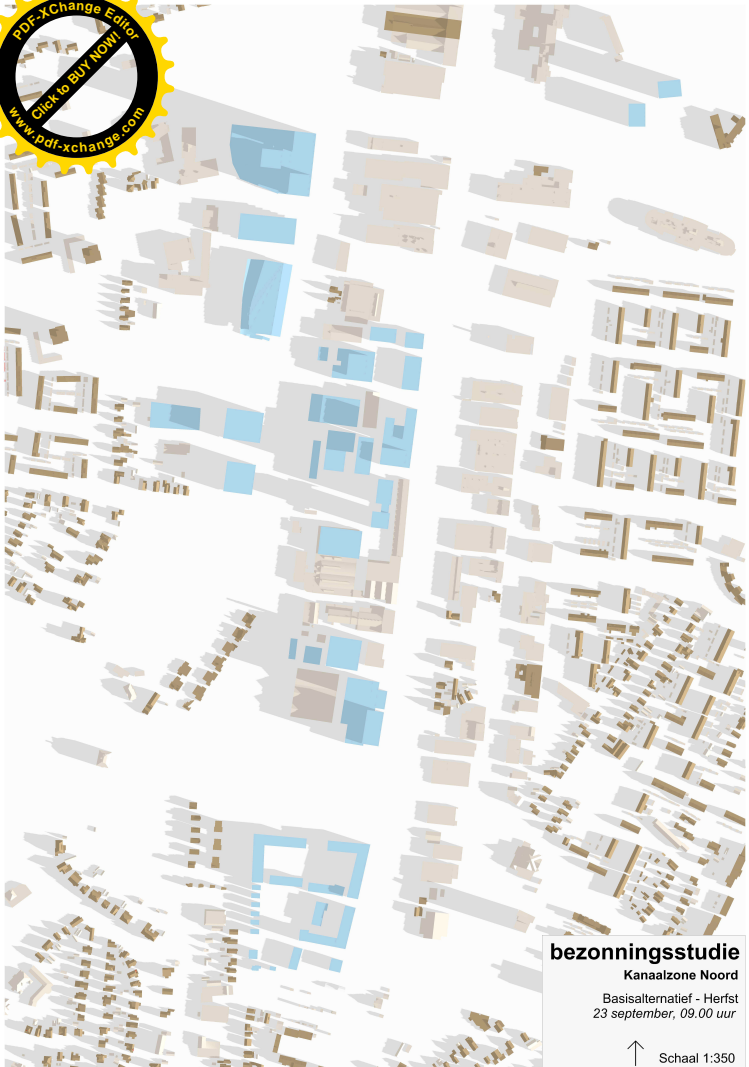
bezonningsstudie
 Kanalzone Noord
 Mobiliteitsalternatief - Zomer
 21 juni, 20.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanalzone Noord
 Natuuralternatief - Zomer
 21 juni, 20.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanalzone Noord
 Energiealternatief - Zomer
 21 juni, 20.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



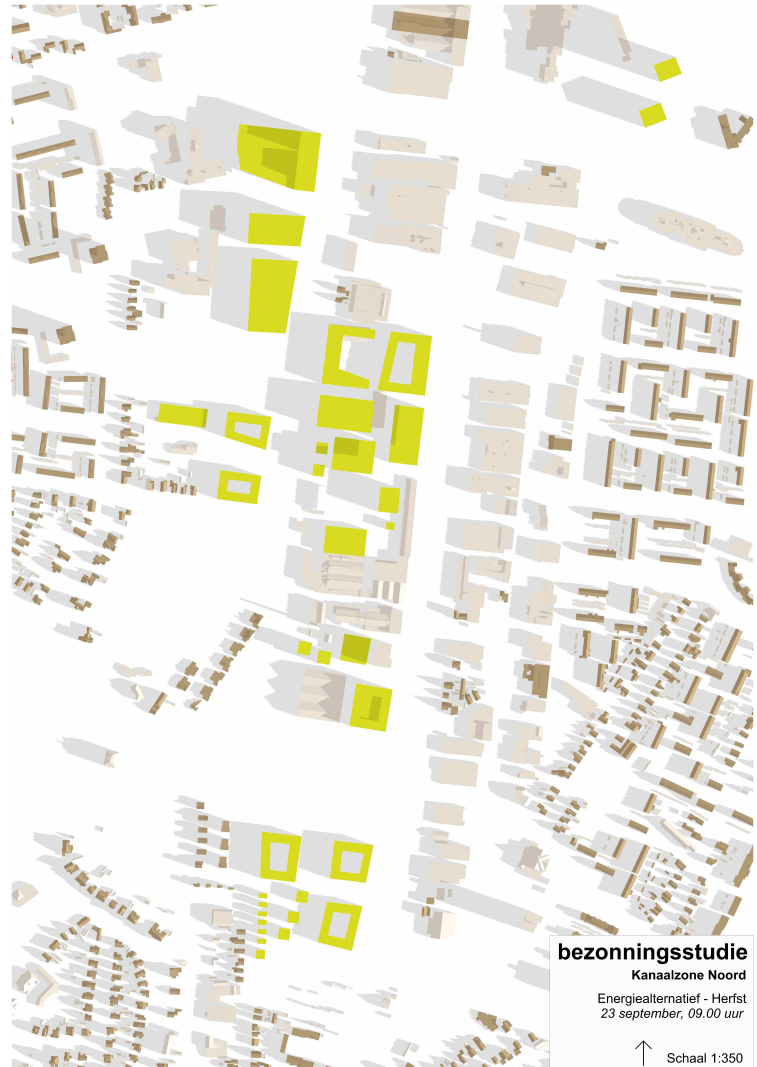
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basialternatief - Herfst
23 september, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350



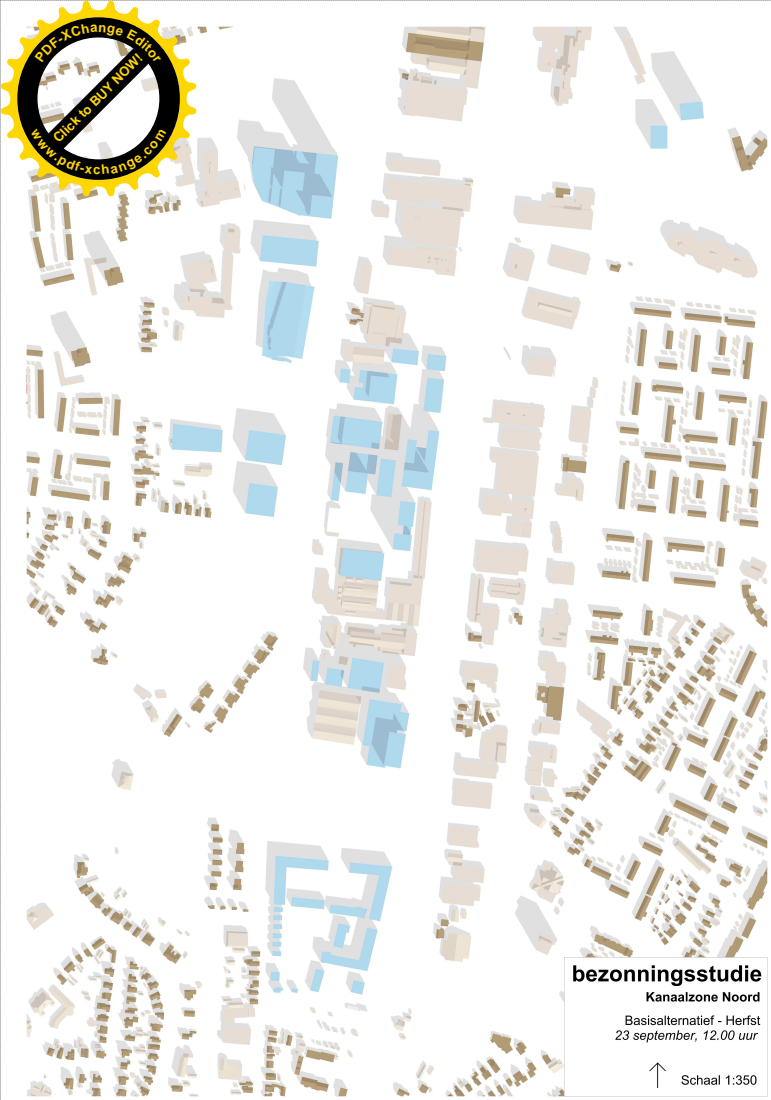
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief - Herfst
23 september, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief - Herfst
23 september, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief - Herfst
23 september, 09.00 uur
↑ Schaal 1:350





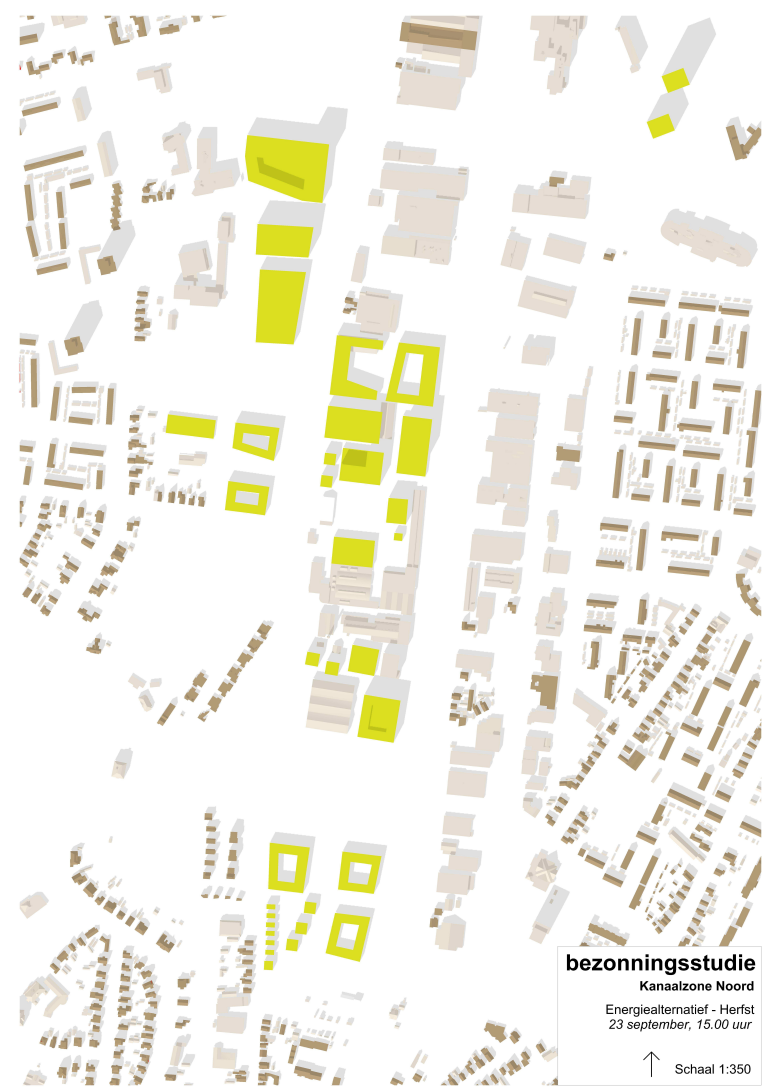
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basisalternatief - Herfst
23 september, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



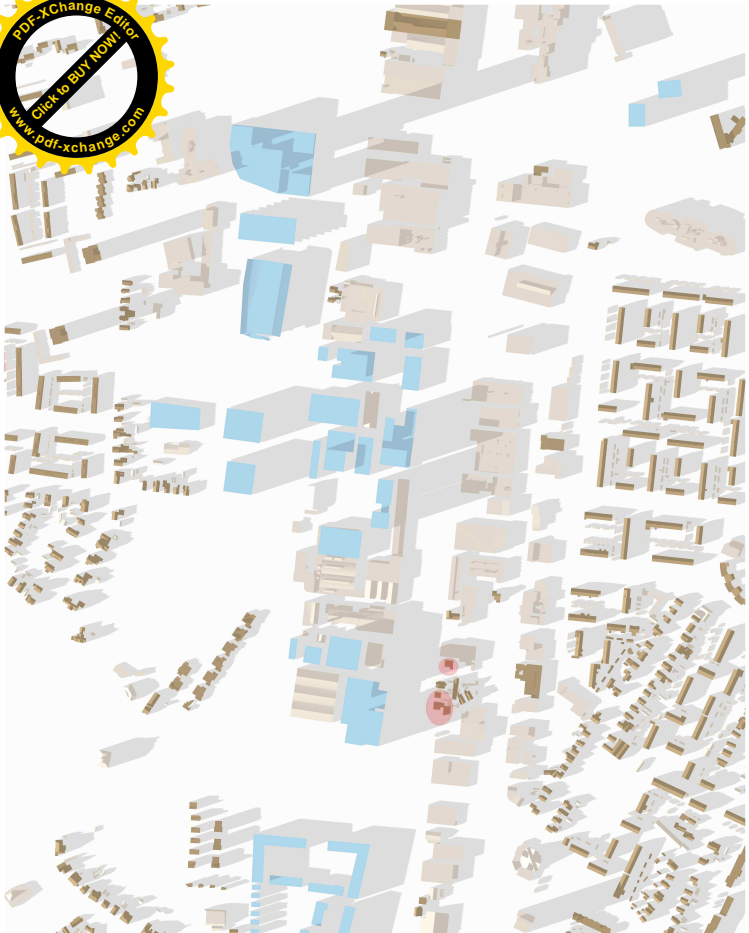
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief - Herfst
23 september, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief - Herfst
23 september, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief - Herfst
23 september, 15.00 uur
↑ Schaal 1:350



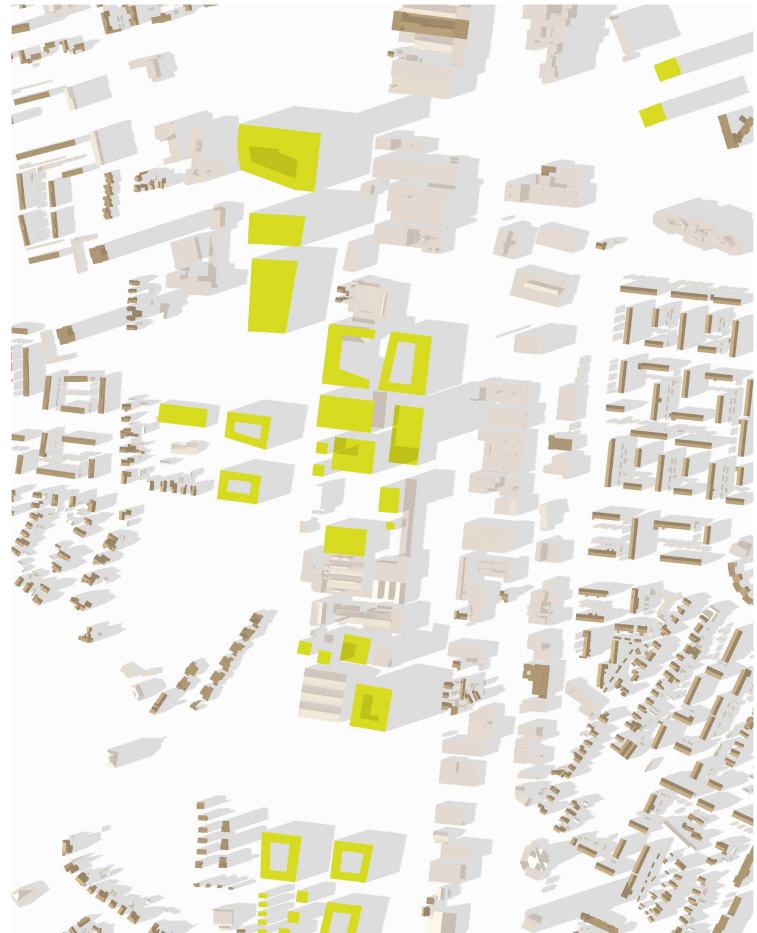
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Basisalternatief - Herfst
 23 september, 18.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



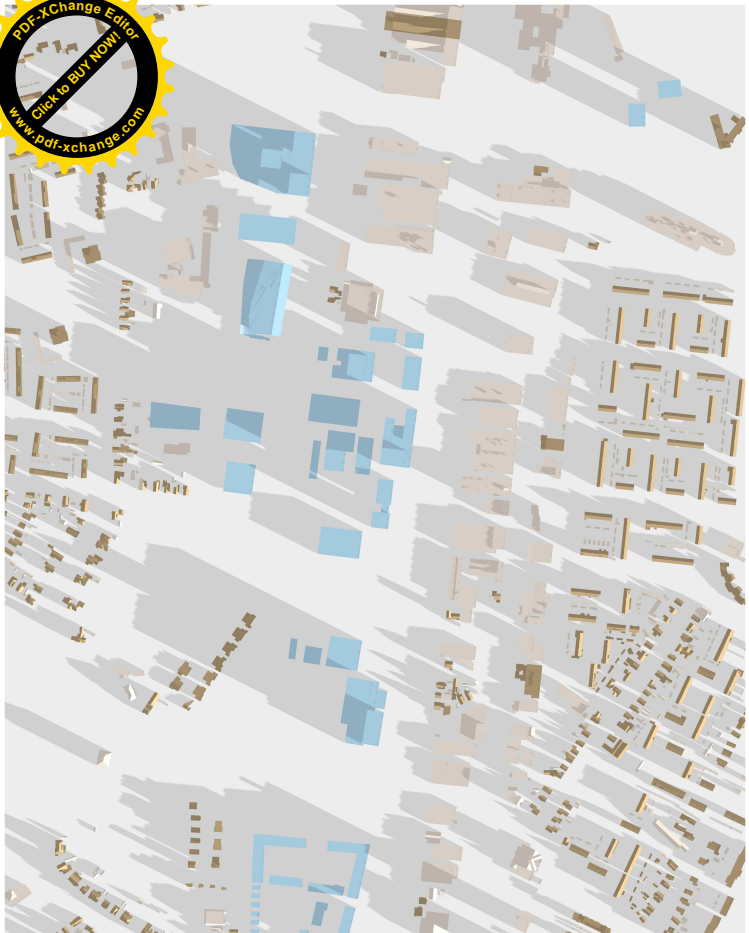
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Mobiliteitsalternatief - Herfst
 23 september, 18.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



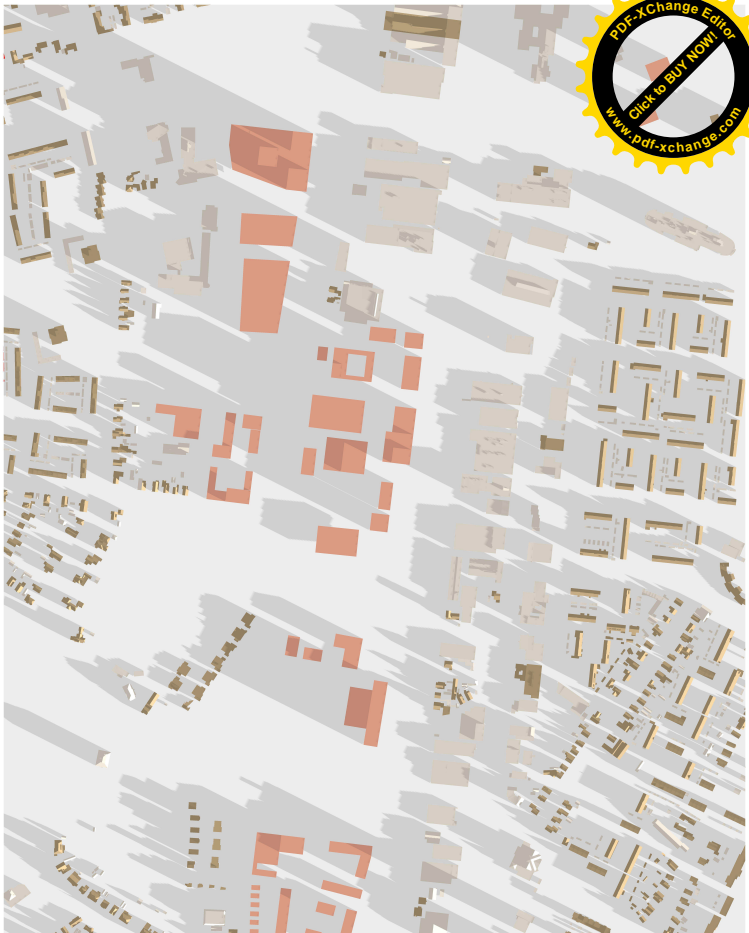
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Natuuralternatief - Herfst
 23 september, 18.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Energiealternatief - Herfst
 23 september, 18.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



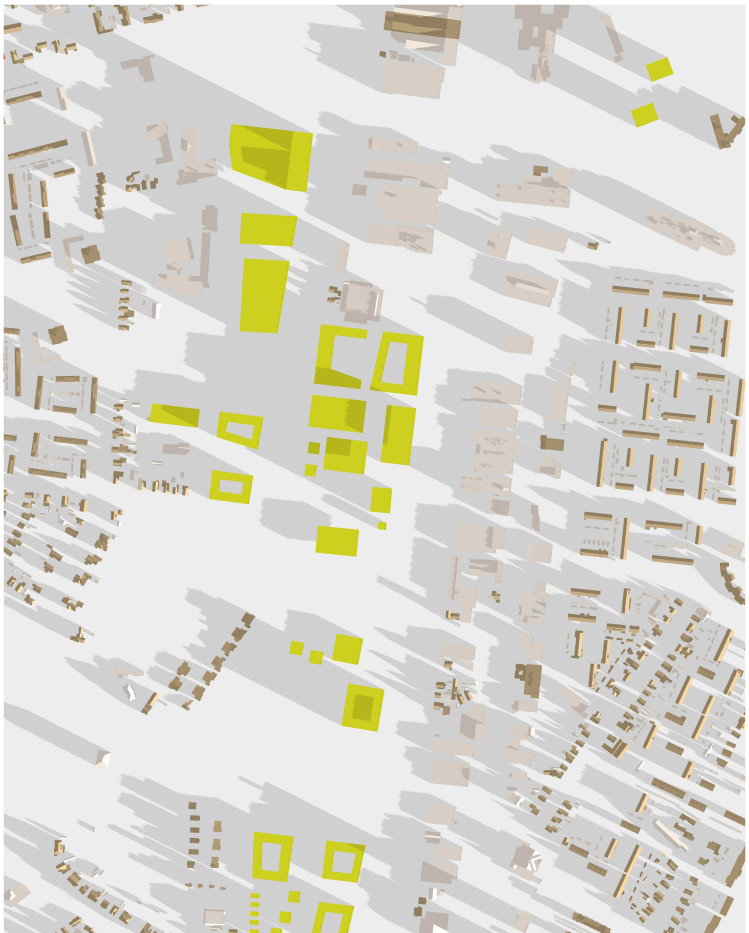
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basisalternatief
23 oktober, 9,00 uur
↑ Schaal 1:350



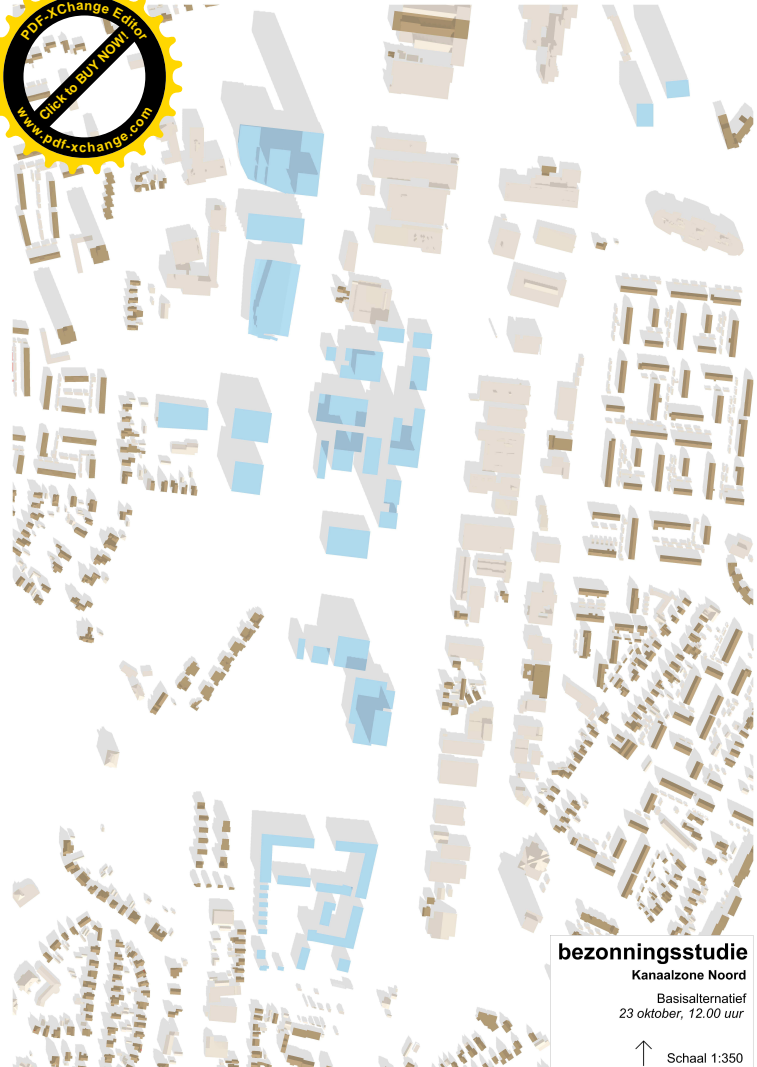
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief
23 oktober, 9,00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief
23 oktober, 9,00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief
23 oktober, 9,00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Basisalternatief
 23 oktober, 12.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



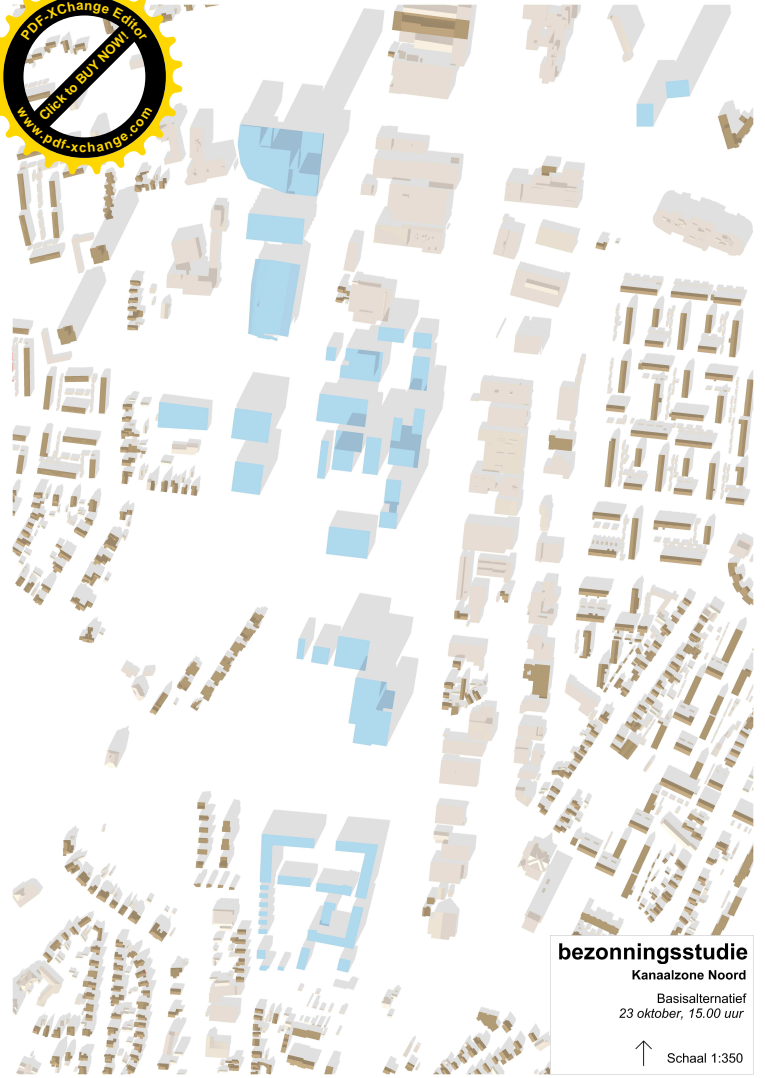
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Mobiliteitsalternatief
 23 oktober, 12.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



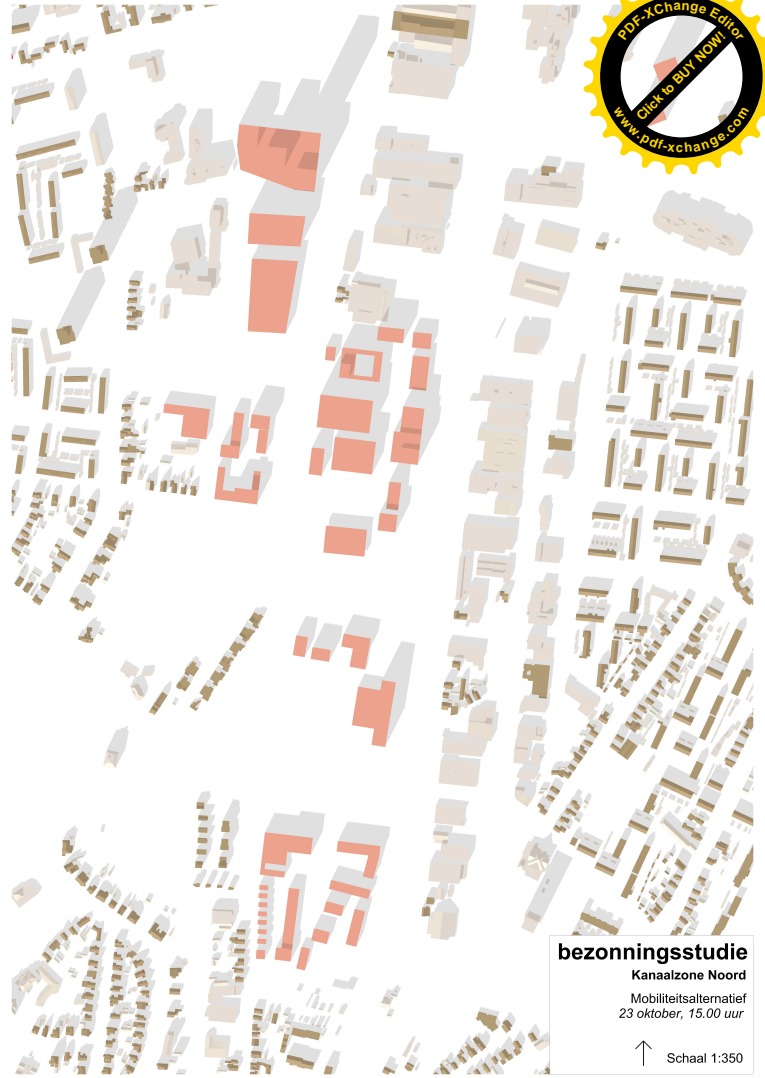
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Natuuralternatief
 23 oktober, 12.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Energiealternatief
 23 oktober, 12.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Basisalternatief
 23 oktober, 15.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



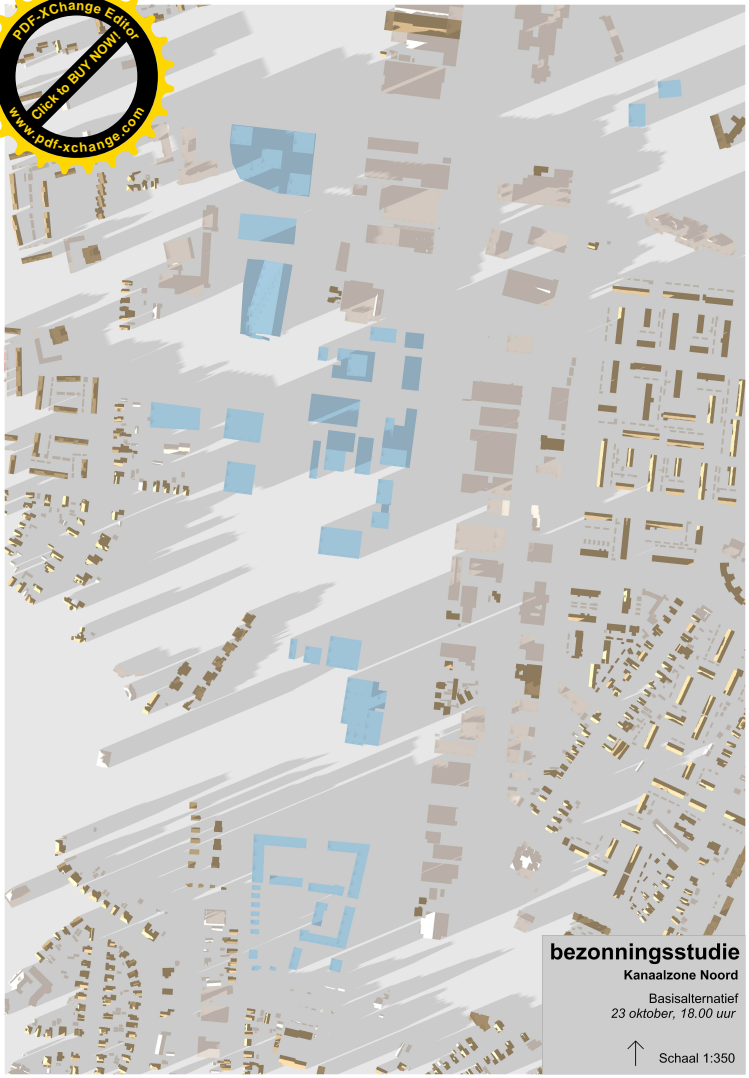
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Mobiliteitsalternatief
 23 oktober, 15.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



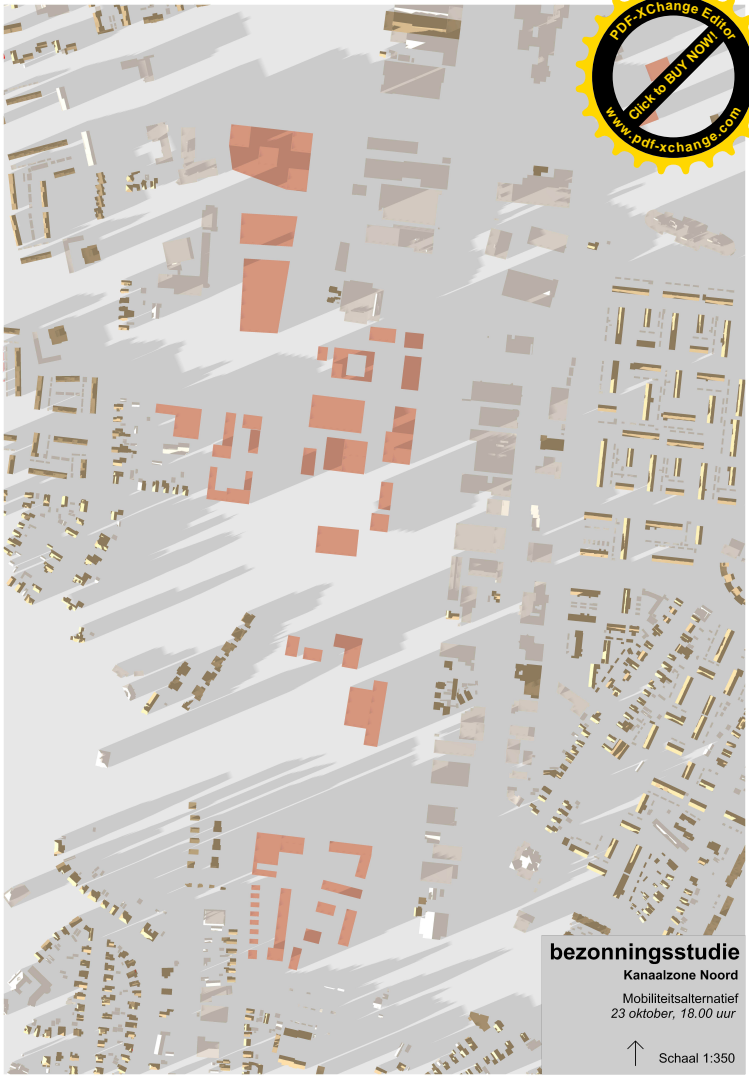
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Natuuralternatief
 23 oktober, 15.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



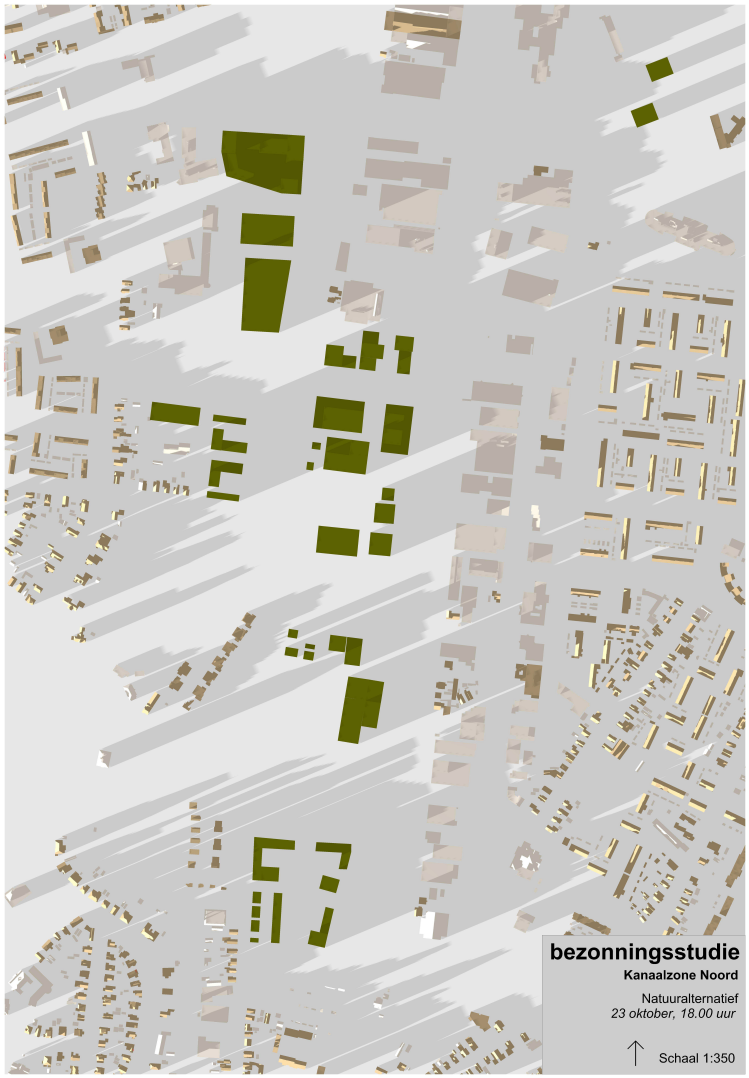
bezonningsstudie
 Kanaalzone Noord
 Energiealternatief
 23 oktober, 15.00 uur
 ↑ Schaal 1:350



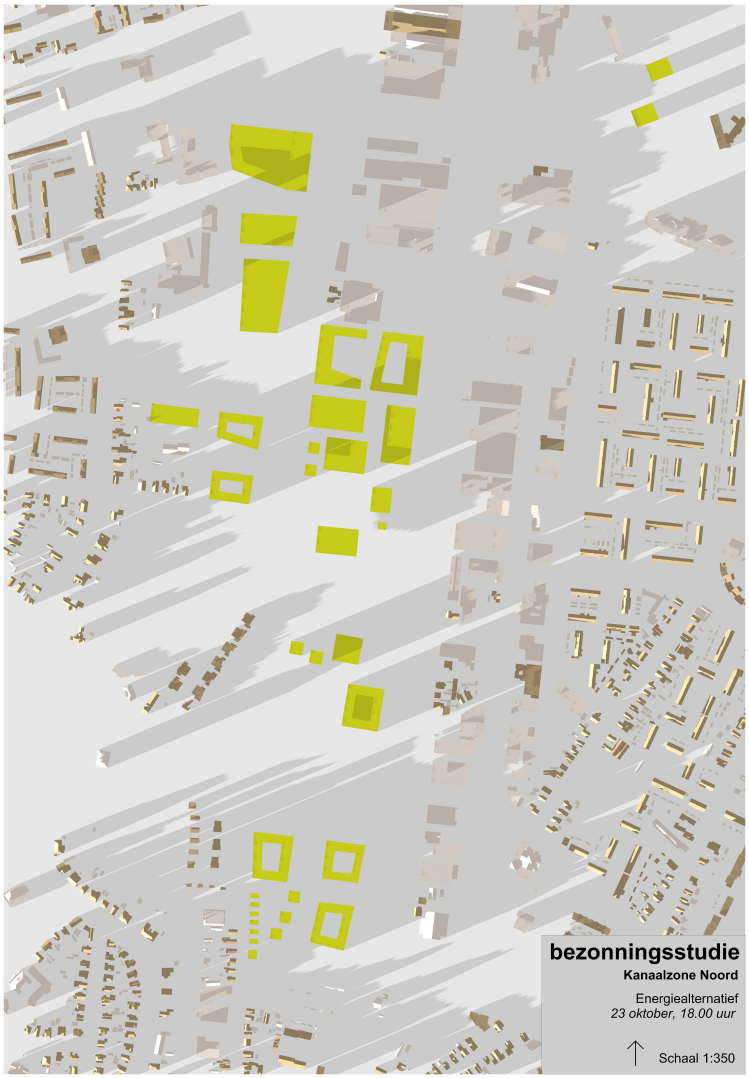
bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Basialternatief
23 oktober, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Mobiliteitsalternatief
23 oktober, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Natuuralternatief
23 oktober, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350



bezonningsstudie
Kanaalzone Noord
Energiealternatief
23 oktober, 18.00 uur
↑ Schaal 1:350

