

# Scenariostudie voor een optimale energie-infrastructuur in deelgebied 4, bedrijventerrein Cornelis Douwes, Amsterdam-Noord

M.C.C. Lafleur  
F.A.T.M. Ligthart  
N.C. Sijpbeer

## Verantwoording

Deze rapportage is door ECN Duurzame Energie in de Gebouwde Omgeving gemaakt in opdracht van Stadsdeel Amsterdam-Noord. Het onderzoek heeft gelopen van maart 2000 tot november 2000 en is uitgevoerd onder nummer 7.4848.

# INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	4
1. INTRODUCTIE	5
1.1 Karakterisering deelgebied 4 bedrijventerrein Cornelis Douwes	6
1.2 Stedenbouwkundige aspecten	6
1.3 Referentiescenario	6
1.4 Vermijdend scenario	7
1.5 Duurzaam efficiënt scenario	7
1.6 Naar een optimale energie infrastructuur	7
1.7 Leeswijzer	8
2. KARAKTERISERING DEELGEBIED 4 CORNELIS DOUWES	
TERREIN EN OMGEVING	9
2.1 Bedrijventerrein Cornelis Douwes	9
2.2 Deelgebied 4	10
2.3 Karakterisering bedrijven	11
2.3.1 Kleine industrie	12
2.3.2 ICT	12
2.3.3 Zakelijke dienstverlening	12
2.3.4 Leisure	13
2.4 Karakterisering (steden)bouw	13
2.4.1 Eerste stedenbouwkundig plan	13
2.4.2 Tweede stedenbouwkundig plan	14
3. STEDENBOUWKUNDIGE STRUCTUUR	15
3.1 Stedenbouwkundige structuur	15
3.2 Energieaspecten eerste stedenbouwkundig plan	18
3.3 Energieaspecten tweede stedenbouwkundig plan	19
3.4 Woningen	20
4. ENERGIESCENARIO'S	21
4.1 Introductie	21
4.1.1 Bepaling scenario's	21
4.1.2 Kwantificering scenario's	23
4.1.3 Maatregelenpakketten	23
4.2 Kleine industrie	24
4.3 ICT	27
4.4 Zakelijke dienstverlening	30
4.5 Leisure	33
4.6 Woningen	35
5. OPTIMALE ENERGIE-INFRASTRUCTUUR	36
5.1 Stedenbouwkundig programma van eisen	36
5.2 Bouwkundig programma van eisen	36
5.3 Beheersmatige energie-infrastructuur	36
5.4 Bepaling en handhaving van de energieprestatie van het Cornelis Douwes terrein	38
6. CONCLUSIES	40
6.1 Totale reductie energiegebruik vermijdend en duurzaam efficiënt scenario	40
6.2 Optimale energie-infrastructuur	40
BIJLAGE 1	42

## SAMENVATTING

ECN heeft in opdracht van het Stadsdeel Amsterdam-Noord een studie verricht naar een optimale energie-infrastructuur van deelgebied 4 van het bedrijventerrein Cornelis Douwes in Amsterdam-Noord. Dit wordt een bedrijventerrein waar zich met name kleine en middelgrote bedrijven vestigen in bedrijfsverzamelgebouwen en bedrijfshallen. Om een optimale energie-infrastructuur te bereiken is voor dit bedrijventerrein onderzocht aan welke uitgangspunten er op stedenbouwkundig- en gebouwniveau voldaan moet worden en welke energetische maatregelen en keuzen er gemaakt kunnen worden. Daarbij is zowel naar het gebouwgebonden als naar het apparatuurgebonden energiegebruik gekeken.

De eerste stap bestond uit een inventarisatie van de mogelijke functies die op het terrein vervuld gaan worden. Er zijn 4 categorieën van bedrijven onderscheiden, te weten de kleine industrie, ICT, zakelijke dienstverlening en leisure. Daarnaast is gekeken welke factoren in de omgeving van het Cornelis Douwes terrein van belang kunnen zijn voor de energie-infrastructuur van het terrein zelf. Tevens is gekeken naar de karakteristieke bouwvormen die gekozen zijn in 2 stedenbouwkundige plannen die achtereenvolgens tijdens het onderzoek zijn verschenen.

Voordat per bedrijfscategorie energiescenario's zijn opgesteld, is onderzocht welke stedenbouwkundige en gebouwgebonden uitgangspunten er gelden voor dit bedrijventerrein. Vervolgens zijn drie scenario's uitgewerkt:

- referentiescenario: er wordt gebruik gemaakt van gas en elektra en het terrein voldoet aan alle wettelijke eisen zoals die zijn opgenomen in het bouwbesluit;
- vermijdend scenario: beperken van de energievraag;
- duurzaam efficiënt scenario: beperken van de energievraag en voor het energie aanbod zoveel mogelijk gebruik maken van duurzame energie opties en efficiënte inzet van fossiele brandstoffen;

Uit de inventarisatie van de drie scenario's volgt uiteindelijk voor elke bedrijfscategorie een maatregelenpakket met een indicatie van de potentiële energiebesparing en terugverdientijd.

In deze studie is tenslotte gekeken welke eisen kunnen worden opgenomen in het programma van eisen op stedenbouwkundig en bouwkundig niveau op basis van het onderzoek naar de stedenbouwkundige aspecten en de opgestelde maatregelenpakketten. Daarnaast is gekeken naar de opzet van de beheerfase. De keuze voor een centrale of decentrale aanpak van het beheer kan belangrijke consequenties hebben voor de technieken die kunnen worden toegepast en dus voor de mogelijkheden om het energiegebruik terug te dringen.

Gebleken is dat het mogelijk is ten opzichte van de referentiesituatie meer dan 35% te besparen op het totale primaire energiegebruik. De winst op het primaire energiegebruik is exclusief duurzame elektriciteitsproductie zoals windturbines en zonnepanelen. De winst in energievraag is wel sterk afhankelijk van de randvoorwaarden die door de stedenbouwkundige structuur worden geschapen.

## 1. INTRODUCTIE

ECN heeft in opdracht van het Stadsdeel Amsterdam-Noord een studie verricht naar een optimale energie-infrastructuur van deelgebied 4 van het bedrijventerrein Cornelis Douwes in Amsterdam-Noord. Dit wordt een bedrijventerrein waar zich met name kleine en middelgrote bedrijven vestigen in bedrijfsverzamelgebouwen en bedrijfshallen, in sectoren als ICT, lichte industrie, opslag, bouwnijverheid en groothandel. Om een optimale energie-infrastructuur te bereiken is voor dit bedrijventerrein onderzocht aan welke uitgangspunten er op stedenbouwkundig- en gebouwniveau voldaan moet worden en welke energetische maatregelen en keuzen er gemaakt kunnen worden.

Het energiegebruik op het bedrijventerrein wordt op de eerste plaats voor een belangrijk deel bepaald door het primair energiegebruik als gevolg van de gebouwgebonden energiefuncties koeling, ruimteverwarming, ventilatie, verlichting en warm tapwater. Drie categorieën van maatregelen kunnen bijdragen aan het reduceren van dit primaire energiegebruik:

- De eerste categorie bestaat uit maatregelen die zorgen voor het *vermijden* van onnodig energiegebruik. Daarbij kan gedacht worden aan isolatie, zonwering, warmteterugwinning uit ventilatielucht en het gebruik van efficiënte ventilatoren. Ook de oriëntatie van de gebouwen en het zo goed mogelijk gebruik maken van de zon als bron van daglicht en passieve verwarming hoort hierbij;
- De tweede categorie maatregelen omvat het gebruik van lokale *duurzame energiebronnen*, om zoveel mogelijk in de resterende energiebehoefte te voorzien. Op gebouwniveau gaat het hierbij met name om zonne-energie en warmte/koude opslag in de bodem. Door de ligging van de locatie zou windenergie ook eventueel tot de mogelijkheden kunnen behoren;
- Voor zover lokale duurzame energiebronnen niet toereikend zijn, zullen traditionele energiedragers zoals aardgas en elektriciteit uit het landelijk net worden ingezet. Deze energiedragers zo *efficiënt* mogelijk in te zetten vormt de derde categorie van maatregelen. Hoogrendementsketels en warmtepompen zijn voorbeelden van technieken waarbij gas of elektriciteit op efficiënte wijze wordt omgezet in warmte. Ook de toepassing van restwarmte uit andere bronnen behoort tot de mogelijkheden. Gezien de ligging van de locatie komt in dit geval wellicht de restwarmte uit de Hemwegcentrale in aanmerking. Als gekozen wordt voor toepassing van warmtepompen of als er gebruik wordt gemaakt van restwarmte betekent dit wel dat verwarming op lage temperaturen plaats zal vinden;

Deze drie categorieën samen vormen de zogenaamde energieladder “vermijden-duurzaam-efficiënt”. Belangrijk uitgangspunt bij het nemen van maatregelen uit een van deze categorieën is dat het niet ten koste mag gaan aan de comfort- en gezondheidseisen die gesteld worden aan gebouwen.

In dit project is er voor gekozen om naar uitgangspunten en energetische maatregelen te zoeken aan de hand van drie scenario's die zijn gebaseerd op de energieladder:

- referentiescenario: er wordt gebruik gemaakt van gas en elektra en het terrein voldoet aan alle wettelijke eisen zoals die zijn opgenomen in het bouwbesluit;
- vermijndend scenario: beperken van de energievraag;
- duurzaam efficiënt scenario: beperken van de energievraag en voor het energie aanbod zoveel mogelijk gebruik maken van duurzame energie opties en efficiënte inzet van fossiele brandstoffen;

In het geval van het vermijndend scenario wordt de vraag naar energie zoveel mogelijk omlaag gebracht. In een volgende stap wordt gezocht naar mogelijkheden om zoveel mogelijk duurzame energiebronnen in te zetten en de restvraag zo efficiënt mogelijk op te wekken. Dit leidt tot het duurzaam efficiënte scenario.

In onderstaande paragrafen is aangegeven welke stappen er achtereenvolgens in dit onderzoek zijn genomen.

## 1.1 Karakterisering deelgebied 4 bedrijventerrein Cornelis Douwes

De eerste stap bestond uit een inventarisatie van de mogelijke functies die op het terrein vervuld gaan worden. Met functies worden de verschillende soorten bedrijven (bedrijfscategorieën genaamd) bedoeld die men wil aantrekken voor het Cornelis Douwes terrein, deelgebied 4. Met name de scheiding tussen "gewone" kantoorruimtes en bedrijfsruimtes die voor andersoortige bedrijven wordt ingezet is daarbij van belang. In conventionele kantoren wordt energie vooral gebruikt voor ventilatie, verlichting, koeling en verwarming. Het aandeel van elke gebouwgebonden energiefunctie is vrij nauwkeurig bekend en voor dit soort kantoren zijn ook energieprestatie-eisen geformuleerd (de energieprestatie-coëfficiënt (EPC) is momenteel 1.6)<sup>1</sup>. Daarnaast is het apparatuurgebonden energiegebruik in kantoren van belang. De omvang van dit energiegebruik varieert per bedrijf, maar er zijn gemiddelde gebruikscijfers bekend. Voor de bedrijfsruimten die voor andere functies worden gebruikt is zowel het gebouwgebonden als het apparatuurgebonden energievraagpatroon niet bekend en zijn ook geen kentallen bekend op basis waarvan energieprestatie-eisen kunnen worden geformuleerd.

Daarnaast is gekeken welke factoren in de omgeving van het Cornelis Douwes terrein van belang kunnen zijn voor de energie-infrastructuur van het terrein zelf.

Tevens is gekeken naar de karakteristieke bouwvormen die gekozen zijn in 2 stedenbouwkundige plannen die achtereenvolgens tijdens het onderzoek zijn verschenen.

## 1.2 Stedenbouwkundige aspecten

Voordat verschillende energiescenario's zijn opgesteld is onderzocht welke stedenbouwkundige en gebouwgebonden uitgangspunten er gelden voor dit bedrijventerrein. Daarvoor is geïnventariseerd wat hierover in de literatuur is verschenen. Er is onder andere gekeken naar:

- vorm van een verzameling van gebouwen;
- vorm van individuele gebouwen;
- positionering van gebouwen ten opzichte van elkaar;
- oriëntatie van individuele gebouwen;
- indeling van gebouwen;
- materiaalgebruik;

Omdat er voor dit bedrijventerrein op de middenlange termijn (>10 jaar) sprake is van het vervangen van bedrijven door woningen, is onderzocht of er nu al bouwkundige aspecten zijn waar rekening mee moet worden gehouden om deze ombouw na verloop van tijd zo eenvoudig mogelijk te maken.

## 1.3 Referentiescenario

In deze en de volgende twee stappen zijn de scenario's voor elke onderscheiden bedrijfs categorie uitgewerkt en er is een maatregelenpakket samengesteld. Daarbij zijn de verschillende gebouwgebonden energiefuncties, te weten koeling, verlichting, ventilatie, verwarming en warm tapwater gebruik en het apparatuurgebonden energiegebruik afzonderlijk behandeld.

Voor het opstellen van het referentiescenario is eerst per bedrijfs categorie onderzocht wat de kentallen zijn voor de energiefuncties. Daarvoor is bij bestaande bedrijven die vergelijkbaar zijn met de bedrijfs categorieën die in deelgebied 4 van het Cornelis Douwes terrein vervuld gaan worden, geïnventariseerd wat het gebouwgebonden energiegebruik is en het energiegebruik als gevolg van het

---

<sup>1</sup> Bij toepassing van mechanische koeling moet worden bedacht dat daardoor de EPC minder stijgt dan het werkelijke energiegebruik (ref.: F. Ligthart, C. Zijdeveld, *Bruikbare energieprestatienorm voor utiliteitsgebouwen*. ECN-P-96-001).

gebruik van apparatuur. Ook is gebruik gemaakt van gegevens uit de literatuur. Op basis hiervan is per categorie het referentiescenario vastgesteld.

#### 1.4 Vermijdend scenario

In de volgende stap is per bedrijfscategorie een inventarisatie gemaakt van mogelijke maatregelen die genomen zouden kunnen worden om de vraag naar energie zo ver mogelijk terug te dringen. Daarbij moet een onderscheid worden gemaakt tussen bouwkundige maatregelen en installatietechnische maatregelen ten behoeve van verwarming, verlichting, koeling en ventilatie. Er is gekeken welke technieken nu doorgaans worden toegepast in kantoren die aan de huidige EPC voldoen en welke worden toegepast in kantoren die een hoger ambitieniveau hebben en waarvan er al meerdere zijn gerealiseerd. (Er zijn bijvoorbeeld al kantoren met een EPC van 0.9.) Daarbij kan gedacht worden aan:

- isolatie in de gevel ter vermindering van de warmtevraag;
- positionering en keuze beglazingssystemen;
- materiaalkeuzes voor de gevel;
- warmteterugwinning;
- de zon als lichtbron (passieve daglichttoetreding);
- passieve koeling;
- zonwering;
- natuurlijke ventilatie;
- lage temperatuur verwarming;

Daarnaast is gekeken naar de invloed van energiezuinige apparatuur op het energiegebruik.

Vervolgens is de energieprestatie gekwantificeerd en berekend wat de energiebesparing is die ten opzichte van het referentiescenario behaald kan worden.

#### 1.5 Duurzaam efficiënt scenario

Aanvullend op het vermijdend efficiënt scenario is in deze stap een inventarisatie gemaakt van mogelijkheden om zoveel mogelijk gebruik te maken van duurzame en efficiënte energiebronnen. Daarbij kan gedacht worden aan:

- benutting van restwarmte uit de omgeving;
- duurzame bronnen voor energieopwekking, zoals bijvoorbeeld windturbines of fotovoltaïsche zonnecellen voor elektriciteitsproductie;
- de zon als warmtebron voor de productie van warm water of warme lucht (met behulp van een zonnecollector);
- inzet van de bodem als warmtebron of als opslagmedium voor warmte-/koude;
- brandstofcellen voor efficiënte opwekking van elektriciteit en warmte;
- solar cooling;

Ook in dit geval wordt de mogelijke besparing op het primair energiegebruik gekwantificeerd en vergeleken met het referentiescenario en het vermijdend scenario.

Uit de inventarisatie van de drie scenario's volgt uiteindelijk voor elke bedrijfscategorie een maatregelenpakket met een indicatie van de potentiële energiebesparing en terugverdientijd.

#### 1.6 Naar een optimale energie infrastructuur

Om tot een goede energie infrastructuur te komen is het van belang in de ontwerp- en aanlegfase van het bedrijventerrein al zo goed mogelijk rekening te houden met de gewenste energie-infrastructuur. Dit wil zeggen dat er een programma van (groene) eisen dient te worden opgesteld wat kan worden meegenomen in het algemene programma van eisen voor het bedrijventerrein. In deze studie is gekeken welke eisen kunnen worden gesteld op stedenbouwkundig en bouwkundig niveau op basis van het onderzoek naar de stedenbouwkundige aspecten en de opgestelde maatregelenpakketten.

Daarnaast is het ook van belang bij de opzet van een energie-infrastructuur na te denken over de beheerfase. De keuze voor een centrale of decentrale aanpak van het beheer kan belangrijke consequenties hebben voor de technieken die kunnen worden toegepast en dus voor de mogelijkheden om het energiegebruik terug te dringen. Ook dit aspect is in deze rapportage besproken.

## 1.7 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van het Cornelis Douwes terrein als geheel, de omgeving en er wordt ingegaan op de karakteristieken van deelgebied 4 en de te onderscheiden bedrijfscategorieën. In hoofdstuk 3 zijn de stedenbouwkundige uitgangspunten omschreven en in hoofdstuk 4 de 3 scenario's per bedrijfscategorie met de bijbehorende maatregelenpakketten. In hoofdstuk 5 wordt aangegeven welke eisen in de ontwerpfase al kunnen worden gesteld op basis van dit onderzoek en er wordt ingegaan op eisen die men aan het beheer kan stellen om tot een optimale energie-infrastructuur te kunnen komen. Tot slot worden in hoofdstuk 6 de conclusies getrokken.

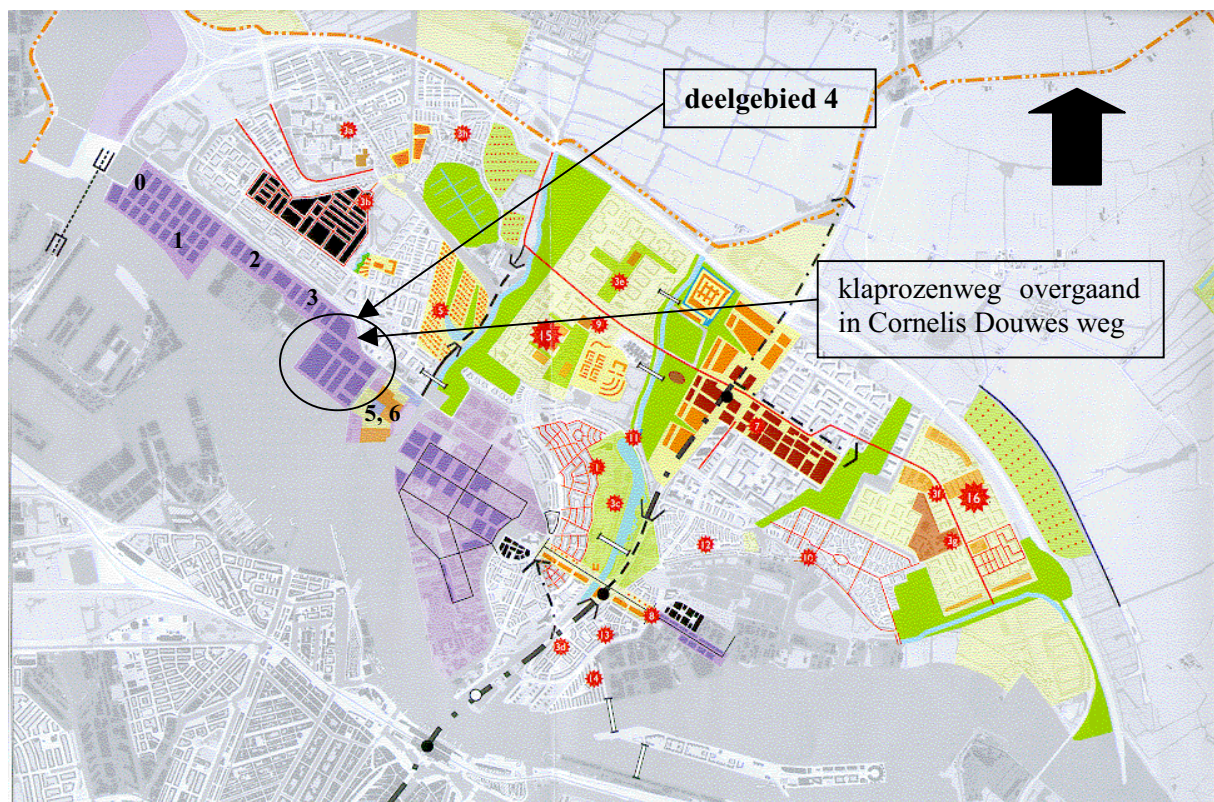


## 2. KARAKTERISERING DEELGEBIED 4 CORNELIS DOUWES TERREIN EN OMGEVING

Eerst wordt een beschrijving gegeven van het Cornelis Douwes terrein als geheel en haar omgeving. Vervolgens zal meer in detail worden ingegaan op deelgebied 4. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt tussen het deelgebied zelf, de gebouwen en de verschillende soorten bedrijven die op het Cornelis Douwes terrein deelgebied 4 worden gesitueerd.

### 2.1 Bedrijventerrein Cornelis Douwes

Het bedrijventerrein als geheel bestaat uit 6 deelgebieden. In onderstaande figuur zijn het bedrijventerrein Cornelis Douwes (paars gekleurd) en de verschillende deelgebieden daarin aangegeven.



*Figuur 1: plattegrond van Stadsdeel Noord met daarin het bedrijventerrein Cornelis Douwes (paars) en de een overzicht van toekomstige bouwplannen voor stadsdeel Noord*

Dit rapport ten behoeve van de energievisie wordt in eerste instantie alleen geschreven voor deelgebied 4. Uitbreiding van de ontwikkelde visie naar de andere deelgebieden moet echter wel mogelijk zijn. Op bijna alle deelgebieden zullen in eerste instantie alleen bedrijven komen, alleen op het voormalige NSM terrein (deelgebieden 5 en 6) zal al vanaf het eerste begin ook gedeeltelijk woningbouw plaats vinden. In de loop der tijd zal een aftakking van de Noord-Zuidlijn worden gemaakt in de richting van Zaandam. Een mogelijk tracé hiervan loopt onder de Klaprozenweg. Naarmate dit gebied beter ontsloten wordt, zal onderzocht worden wat de mogelijkheden zijn voor woningbouw. Voor elk deelgebied zijn stedenbouwkundige plannen gemaakt, voor een eerste inventarisatie van wat ter plekke de mogelijkheden zouden kunnen zijn.

deelgebied 0 en 1: De insteekhaven die er nu ligt, wordt gedempt. Dit terrein is voor een deel al ontwikkeld. Hier zullen voornamelijk grootschalige bedrijven komen, met veel mogelijkheden voor bijvoorbeeld (buiten)opslag.

deelgebied 2: Hier zal veel ruimte komen voor bedrijven met een maximum oppervlak van  $\pm 2000 \text{ m}^2$ . Daarbij wordt vooral gedacht aan zogenaamde eigenbouwers, zoals loodgieterbedrijven aannemers en andere lichte industrie.

deelgebied 3: Hier wordt al gebouwd om bedrijven uit de omgeving de gelegenheid te geven zich opnieuw in Amsterdam-Noord te vestigen: gedeeltelijk is dit voor bedrijven die al op het Cornelis Douwes terrein zijn gesitueerd, maar ook bedrijven uit andere delen van Amsterdam-Noord worden uitgenodigd. De omvang en het soort bedrijven is vergelijkbaar met die van deelgebied 2.

deelgebied 5: In dit deelgebied staan nu al verschillende bedrijven. De grond is vaak in eigendom. Het gaat vooral om kleine bedrijfshallen voor allerlei industrie, zoals garages, kleine opslag, kleinschalige productie, groothandelaren. Het gebruik is vrij extensief. Waarschijnlijk blijft deze industrie zitten en wordt gewacht totdat dit gebied langzamerhand doodgebloed is.

deelgebied 6: Dit is het voormalige NSM terrein. Hier worden de bestaande bedrijfshallen zoveel mogelijk gehandhaafd voor activiteiten als theater, kleinkunst, atelierruimtes, etc. Tussen deze bedrijfshallen wordt ruimte gecreëerd voor wonen en werken. Functiemenging is in de ontwikkelingsvisie essentieel. Het totale perceel bestaat uit ongeveer  $350.000 \text{ m}^2$  vloeroppervlak.

In de omgeving van het bedrijventerrein Cornelis Douwes bevindt zich voornamelijk woningbouw. Deze woonfunctie wordt in stand gehouden en verder uitgebreid, onder andere in het gebied De Bongerd-Zijkanaal I waar een stedelijk tuindorp wordt gerealiseerd. Daarnaast sluit het terrein aan op het terrein Buiksloterham-Papaverweg. Op dit terrein bevindt zich onder andere Shell. Het terrein van Shell (SRTCA: Shell Research and Technology Centre Amsterdam) zal voor een groot deel worden gherstructureerd. Deels blijft het een kantoorbestemming houden, maar er wordt ook gekeken naar de mogelijkheden van functiemenging (wonen en werken). Daarnaast is er een plan om op dit terrein aan het IJ een groothandelsgebouw te bouwen en zijn er plannen voor een groot nautisch initiatief genaamd SPINN. De algemene ambitie is om er een hoogwaardig bedrijventerrein van te maken.

Aan de zuidoever van het IJ ligt ter hoogte van deelgebied 4 nog enige industrie. Er zijn plannen om deze industrie na verloop van tijd te verplaatsen. Op deze oever van het IJ zou voornamelijk woningbouw moeten worden ontwikkeld.

## 2.2 Deelgebied 4

Deelgebied 4 ligt net in een knik van het IJ. Het is in eerste instantie geklasseerd als C-lokatie. Dit betekent dat het kantoorpercentage maximaal 30% bedraagt en dat het percentage bedrijfsruimten voor andere doeleinden minstens 70% bedraagt. Als het gebied te zijner tijd beter ontsloten is (mede door aftakking van de Noord-Zuid lijn) wil men het percentage kantooroppervlak laten toenemen. Nadat de industrie aan de zuidzijde van het IJ, welke momenteel nog stof-, geur- en geluidshinder veroorzaakt, in de verder toekomst grotendeels is verdwenen, moeten in het deelgebied 4 functies worden gemengd. Wonen en werken moeten dan gecombineerd gaan worden. De indeling van de gebouwen moet daarom zo zijn dat deze functieveranderingen in de gebouwen uitvoerbaar zijn. Dit proces wil men al in de periode 2000-2010/2015 in gang zetten, gelijk met de bouw van dit terrein, die naar schatting in totaal ongeveer 10 jaar in beslag zal gaan nemen. De eerste paal zou in het voorjaar van 2001 de grond in moeten gaan.

Er is al eerder een stedenbouwkundig plan opgezet<sup>2</sup>. In de loop der tijd is echter gebleken dat de ambities voor dit bedrijventerrein 4 hoger gesteld zouden kunnen en moeten worden,

---

<sup>2</sup> "Stedenbouwkundig Plan deelgebied 4b Cornelis Douwesterrein"; opgesteld door Hans Ebberink Stedenbouwkundig Bureau, Amsterdam in opdracht van Stadsdeel Amsterdam-Noord; oktober 1996.

gezien de plaats van deelgebied 4 in het Cornelis Douwes terrein en gezien de relatie tot de directe en iets verdere omgeving. Men verwacht van dit terrein een spin-off naar omliggende terreinen. Daarom is ook een duurzame uitstraling zeer gewenst. Naar aanleiding van deze ideeën is het architectenbureau Christiaan Rapp in Rotterdam gevraagd een masterplan op te stellen<sup>3</sup>. Daarbij zijn verschillende aspecten aan de orde gekomen:

- op het bedrijventerrein is in totaal ongeveer 150.000-200.000 m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlak gepland;
- zichtmogelijkheden op het IJ en het zicht vanaf het IJ op het terrein zijn belangrijk. Doordat het terrein precies in een knik van het IJ ligt zijn hier in principe vele mogelijkheden voor;
- er worden gebouwen gesitueerd die kunnen worden omschreven als carré-vormige gebouwen die zijn voorzien van een atrium of binnenplaats, die geheel of gedeeltelijk is afgedekt door een glazen kap.

Aan de westzijde van het terrein bevindt zich een oude zogenaamde kraanbaan 15 meter boven het maaiveld. In een apart project wordt er op deze kraanbaan bedrijfshuisvesting gevestigd, in totaal ongeveer 12.000 m<sup>2</sup>. Dit wordt door een aparte projectontwikkelaar uitgevoerd. In dit aparte project is industrie gepland die vergelijkbaar is met de industrie die op de rest van het terrein is gepland.

In het masterplan dat er nu ligt is aangenomen dat de straten met name bedoeld zijn voor toe- en afvoer van goederen voor de bedrijfshallen en deels voor de mensen die op het terrein werkzaam zijn.

In een eerste fase worden de gebouwen langs de zijkant gebouwd. Dit zal zo'n 3-4 jaar in beslag nemen. Later wordt het terrein "ingevuld" met meer hoogbouw. Jaarlijks zou ongeveer 10.000-20.000 m<sup>2</sup> gerealiseerd moeten worden.

Er wordt nu al nagedacht over de mogelijkheden van toekomstig parkmanagement. Daarbij wordt gedacht aan een centraal vervoersplan, centrale voorzieningen voor de afvoer van afval en een gemeenschappelijke waterhuishouding. Maar ook voor de energievoorziening zal moeten worden nagedacht over wat er op "park"-niveau zou kunnen gebeuren.

## 2.3 Karakterisering bedrijven

Door het adviesbureau Seinpost is een studie gedaan naar welke industrieën het beste aangetrokken zouden kunnen worden voor invulling van het Cornelis Douwes terrein, deelgebied 4. Daarbij is het volgende onderscheid gemaakt<sup>4</sup>:

- de zogenaamde "harde" kern, bestaande uit de segmenten "content" en "creatief". Onder content wordt verstaan entertainment, publishing, internet content providers en electronic commerce. Bedrijven als reclameadviesbureaus, audio-/videobedrijven, en multimedia-bedrijven vallen onder het segment creatief. Bedrijven in deze segmenten worden ook wel samengevat onder de term **ICT** (information and communication technology);
- het "rand- en ondersteunende assortiment", bestaande uit de **zakelijke dienstverlening** en **kleine industrie**. Zakelijke dienstverlening wil zeggen reclamebureaus, architecten, financiële bedrijven, uitgeverijen, catering, uitzendbureaus en schoonmaakbedrijven. De kleine industrie bestaat uit bedrijven die reparaties uitvoeren, decor-/interieurbouwers, grafische bedrijven en elektrotechnische bedrijven.;
- **leisure**, bestaande uit allerlei vormen van ontspanning zoals een disco, een klimwand, hotels en kinderdagverblijven;

In oppervlak wordt geadviseerd een verhouding 30/40% tot 60/70% aan te houden voor de harde kern in verhouding tot het rand- en ondersteunende assortiment. In onderstaande tabel is een uitwerking gegeven voor het te verdelen oppervlak tussen verschillende soorten bedrijven (de tabel is overgenomen uit het rapport van Seinpost adviesbureau).

<sup>3</sup> "Masterplan"; opgesteld door Stedenbouwkundig bureau Rapp, Rotterdam, 1999-2000.

<sup>4</sup> gegevens afkomstig uit een analyse, uitgevoerd door Seinpost adviesbureau van het ontwikkelingsperspectief en de afzetmogelijkheden voor deelgebied 4 van het Cornelis Douwes terrein, fax W. Val dd. 8 mei 2000.

Tabel 1: gepland bruto vloeroppervlak (BVO) voor de verschillende geplande bedrijfspcategorieën voor deelgebied 4 van het Cornelis Douwes terrein

bedrijfspcategorie	sector	omvang in m <sup>2</sup> bvo	omvang BGG	parkeren	bijzonderheden
kleine industrie	reparatie	15.000	30.000	1:100-125 m <sup>2</sup> bvo 400-500 plaatsen	middengebied verkoop 1000-1500 m <sup>2</sup> bvo
	decor-/interieurbouw	10.000			
	grafisch	10.000			
	elektrotechniek	10.000			
	machines	5.000			
		50.000			
ICT	content/creatief	30.000	4.250	1:75m <sup>2</sup> bvo 800 plaatsen	zuidelijke strook verhuur < 7.500 m <sup>2</sup> bvo
	computing	15.000			
	communicatie	15.000			
		60.000			
zakelijke dienstverlening	reclame	10.000	10.250	1:75 m <sup>2</sup> bvo 735 plaatsen	oostelijk verhuur 100-500 m <sup>2</sup> bvo (flatted factories) <7.500 m <sup>2</sup> bvo
	architecten	10.000			
	financieel	10.000			
	uitgeverij	10.000			
	catering	5.000			
	uitzendbureau	5.000			
	schoonmaak	5.000			
		55.000			
leisure	horeca	15.000	7.500	1:50-75 m <sup>2</sup> bvo 200-300 plaatsen	zuidelijk/oostelijk verhuur 250-1500 m <sup>2</sup> bvo
	kinderdagverblijf				
	kapper				
	etc				
TOTAAL		180.000	52.000		

In de volgende paragrafen worden de bedrijfspcategorieën naar energiegebruik gekarakteriseerd

### 2.3.1 Kleine industrie

Bij bedrijven met weinig medewerkers per vierkante meter ligt een positionering in de kunstlichtzone voor de hand: zoals bijvoorbeeld meubelmakers, reparatiebedrijven, decorbouwers, etc.. Deze bedrijven opereren het liefst met kunstlicht (dat dus altijd brandt tijdens openingsuren) en hebben over het algemeen veel ruimte (in de vorm van een groot volume) nodig. Dit betekent dat ze vaak in gebouwen zitten die een voor het energiegebruik gunstige oppervlakte/volume verhouding hebben, dat wil zeggen een relatief klein oppervlak in verhouding tot het volume. Hierdoor wordt het warmteverlies door de gevel verminderd en is de behoefte aan ventilatie relatief laag. Voor specifieke bedrijven die geen daglichtbehoefte hebben is de kunstlichtzone eveneens geschikt zoals bioscopen, zalencentra, disco's en dergelijke. De inschatting is dat deze bedrijven over een gemiddelde hoeveelheid apparatuur beschikken.

### 2.3.2 ICT

Bedrijven met veel apparatuur en over het algemeen een grote inzet van personeel zoals (repro-) grafische bedrijven, multimedia bedrijven, de ICT-sector en dergelijke hebben een grote elektriciteit- en koelbehoefte. Bij deze categorie kunnen energiebesparingen veel opleveren zowel door beperking van de vraag naar energie als door verhoging van de efficiëntie van de opwekking van warmte, koude en elektriciteit. Daarnaast is daglichttoetreding en uitzicht ook van groot belang.

### 2.3.3 Zakelijke dienstverlening

Bedrijven met een meer dan gemiddeld aantal medewerkers per vierkante meter zoals dienstverlenende bedrijven hebben een grote behoefte aan daglicht, uitzicht en (natuurlijke) ventilatie. Positionering in de daglichtzone van een gebouw is dan een logische keuze.

De dichtheid van apparatuur is gemiddeld en de behoefte aan koeling kan bij voldoende mogelijkheden voor (natuurlijke) ventilatie gering zijn. Deze categorie komt overeen met een gemiddeld modern kantoor.

#### 2.3.4 Leisure

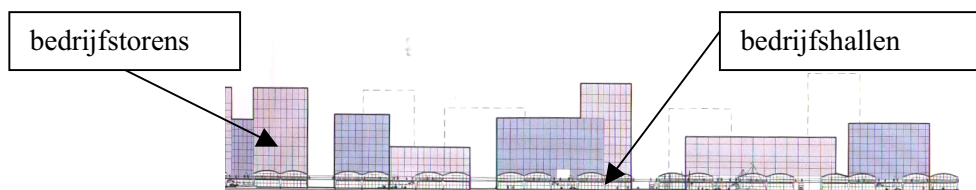
In de horeca zijn per vierkante meter weinig vaste werkplekken en de werkplekken zijn zodanig dat daglicht niet een eerste vereiste is. De onderste bouwlaag van een gebouw of binnenstraten zijn ook uit sociaal oogpunt een goede locatie voor horeca en aanverwante bedrijven. Er is in deze bedrijven een hoge interne warmteproductie door apparatuur en mensen die echter zeer wisselend is. Door de hoge bedrijfstijden (hotels) is de warmtevraag hoog. Door aanwezigheidssystemen en –schakelingen zijn hier hoge reducties van het energiegebruik te behalen.

### 2.4 Karakterisering (steden)bouw

De vorming van een stedenbouwkundig plan heeft in twee fasen plaats gevonden. Het eerste stedenbouwkundig plan lag ten grondslag aan de eerste fase van dit onderzoek. De bevindingen uit de eerste fase zijn later aangevuld met de energetische aspecten van het tweede plan.

#### 2.4.1 Eerste stedenbouwkundig plan

In het eerste stedenbouwkundig plan was de bouw gepland van een aantal "bodembedekkers" (verder genoemd bedrijfshallen) en "flatted factories" (verder genoemd bedrijfstorens). In onderstaande figuur is een voorbeeld gegeven van hoe deze combinatie van gebouwen er uit zou kunnen zien. Het totale oppervlak aan bedrijfshallen bedraagt ongeveer 70.000 m<sup>2</sup>, het oppervlak aan bedrijfstorens bedraagt ongeveer 110.000 m<sup>2</sup>.



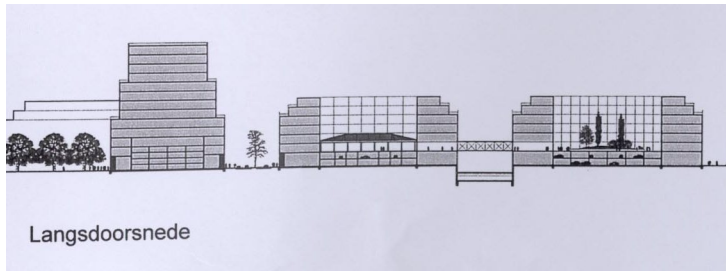
*Figuur 2: schematische weergave van de combinatie van bedrijfstorens en bedrijfshallen in het 1<sup>e</sup> stedenbouwkundig plan*

De bedrijfshallen worden gekenmerkt door het grote grondoppervlak dat ze bestrijken en hebben een nuttige hoogte van ongeveer 9 meter. De mogelijkheden voor daglichttoetreding zijn beperkt. Op deze bedrijfshallen worden verspreid hoge kantoorgebouwen geplaatst, van maximaal 6-7 lagen (tot maximaal 50 meter en met een oppervlak variërend van ongeveer 1000 tot 3500 m<sup>2</sup>). Deze gebouwen worden gekenmerkt door hun hoge en slanke bouw. De mogelijkheden voor daglichttoetreding zijn goed en de vorm draagt bij aan beperking van de warmtevraag. De bedrijfs grootte zal gaan variëren van 200-10.000 m<sup>2</sup>. Parkeergelegenheid is gesitueerd in enkele of onder alle bedrijfshallen. De laagbouw is in eerste instantie dwars op de IJ-oever gesitueerd. De bedrijfshallen worden doorsneden door een dwarsstraat. De hoogbouw zal worden verspreid over het deelgebied. Om te garanderen dat er mogelijkheden zijn om in de toekomst functies van de aanwezige gebouwen te veranderen, wordt er uitgebreid gekeken naar de indeling van de gebouwen, zoals stramienmaten en verdiepingshoogten (bijvoorbeeld tot 4 meter hoge ruimten). Het is echter ook van belang te kijken wat het meest gunstige glasoppervlak is en in verband met mogelijke woonwensen in de toekomst is het ook van belang te kijken naar schaduwwerking van de verschillende gebouwen op elkaar en naar de windstromingen rondom de gebouwen.

#### 2.4.2 Tweede stedenbouwkundig plan

In het tweede stedenbouwkundig plan is de onderverdeling van bedrijfshallen en kantoortorens verlaten. De gebouwen hebben vrijwel alle de vorm van een carré met een binnenplaats of atrium. Dit atrium is geheel of gedeeltelijk afgedekt met een glazen kap.

Op de onderste bouwlaag die zich in het atrium bevindt wordt plaats geboden aan parkeergarages en kleine industrie. De tweede bouwlaag in het atrium wordt deels gebruikt als parkeergarages. De kleine industrie bevindt zich verder in delen van de eerste, tweede en derde laag van de gebouwen. Leisure activiteiten zijn gesitueerd op de noord- en zuidgevels van de eerste twee bouwlagen en de ICT en zakelijke dienstverlening bezet de rest van het bouwvolume.



*Figuur 3: schematische weergave van de bedrijfsgebouwen in het 2<sup>e</sup> stedenbouwkundig plan*

### 3. STEDENBOUWKUNDIGE STRUCTUUR

Om een optimale energie infrastructuur te kunnen voorstellen voor deelgebied 4 van het Cornelis Douwes terrein is eerst op stedenbouwkundig en gebouwniveau gekeken welke uitgangspunten van belang zijn. Daarbij is specifiek aandacht besteed aan de soorten gebouwen die zijn gesitueerd op het Cornelis Douwes terrein. Er is ook rekening mee gehouden dat er plannen zijn om op termijn de werkfunctie op dit bedrijventerrein te vervangen door een woonfunctie.

#### 3.1 Stedenbouwkundige structuur

Om een duurzaam bedrijventerrein te kunnen bouwen is het als eerste van belang goede uitgangspunten voor het (steden)bouwkundig ontwerp op te stellen, zodat de gebouwgebonden energievraag zoveel mogelijk gereduceerd wordt. De volgende uitgangspunten worden onderscheiden:

- vorm individuele gebouwen en gecombineerd;
- oriëntatie individuele gebouwen ten opzichte van de zon en ten opzichte van elkaar;
- positionering gebouwen;
- gebouwindeling;
- materiaalgebruik;

Deze uitgangspunten vormen de basis. Pas daarna is het zinvol te inventariseren welke energiebeperkende maatregelen kunnen worden genomen op het niveau van componenten zoals delen van de gebouwschil, installatieonderdelen, verlichting, en gebruikte apparatuur. Daarnaast moet er rekening mee worden gehouden dat in de komende 10 jaar, waarin de bouw van het Cornelis Douwes terrein plaats vindt, de door de Nederlandse overheid opgestelde energieprestatie-eisen voor de utiliteitssector verder verscherpt zullen worden. Voor kantoren wordt verwacht dat de EPC zal zakken van 1.6 naar 1.3 of nog lager, dit betekent aanzienlijk meer eisen voor zowel de schil als de installatie.

In bedrijven wordt de gebouwgebonden energievraag bepaald door koeling, verlichting, transmissie en ventilatie. Daarnaast worden op het Cornelis Douwes terrein voor een belangrijk deel bedrijven gehuisvest met een hoog apparatuurgebonden energiegebruik (zie hoofdstuk 2 "Karakterisering deelgebied 4"). Deze apparatuur heeft een belangrijk aandeel in de interne warmteproductie. De koeling is sterk aan dit apparatuurgebruik gerelateerd.

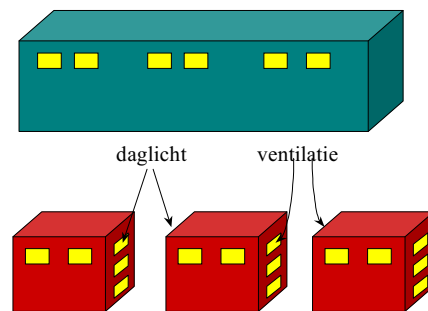
#### ***Koelvraag***

Stedenbouwkundige maatregelen die genomen kunnen worden om de koelvraag zoveel mogelijk te reduceren zijn<sup>5</sup>:

- blokkenbouw in plaats van strokenbouw om licht- en luchttoetredingsmogelijkheid als gevolg van een groot geveloppervlak te vergroten in verhouding tot het volume (zie onderstaande figuur);

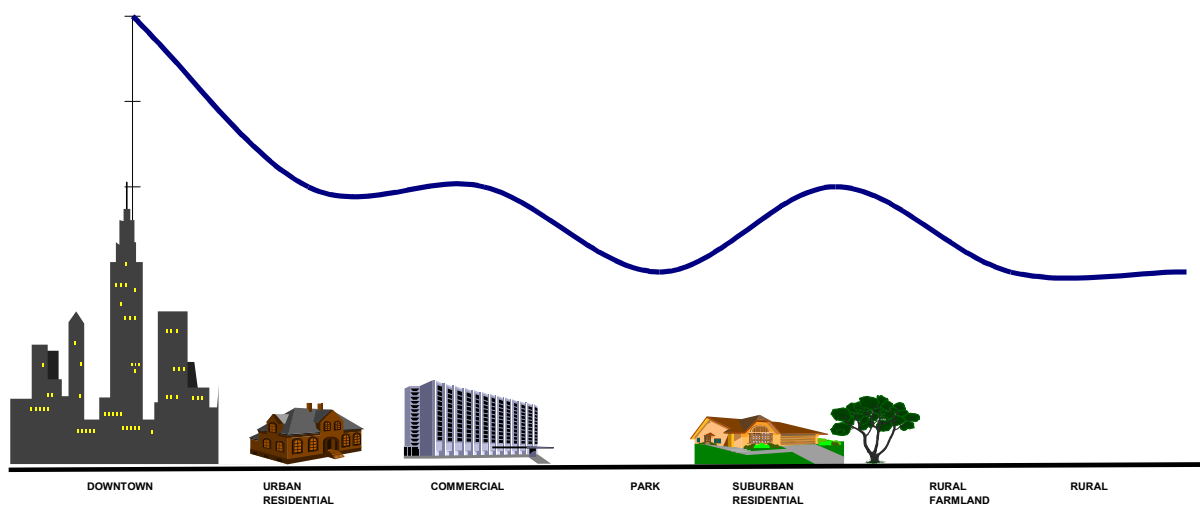
---

<sup>5</sup> Deels afkomstig uit: Ligthart, F.A., L. Verkerk, M. Lafleur, K. Versteeg: " programma voor groene eisen voor Trapezium Amersfoort; ECN-C--99-077; oktober 1999.



*Figuur 4: vergroting van de lucht- en lichttoetredingsmogelijkheden in bedrijfsgebouwen door vergroting van het geveloppervlak (blokken in plaats van stroken)*

- werkplekken zoveel mogelijk in de buurt van te openen ramen plaatsen, dit wil zeggen ondiepe gebouwen of gebouwen met horizontale en/of verticale luchtkokers of atria;
- gevelmaterialen met een groot reflectievermogen om absorptie van zonnewarmte te vermijden;
- toepassing van materialen waarin veel warmte geaccumuleerd kan worden, dan kan er ook goed gebruik worden gemaakt van zomernachtventilatie;
- bouwen met voldoende massa om warmte-accumulatie mogelijk te maken;
- optimaal glasoppervlak, dat wil zeggen niet meer dan noodzakelijk is;
- korte westelijke en oostelijke gevels, want zon op deze gevels is minder goed te weren, vanwege de lagere invalshoek dan zon op de zuidgevel (hoge invalshoek);
- voldoende begroeiing;



*Figuur 5: de invloed van begroeiing in de gebouwde omgeving op de hoogte van de temperatuur die in het betreffende gebied kan worden bereikt*

In bovenstaande figuur is te zien hoe hoog de temperatuur op een zelfde dag kan oplopen afhankelijk van de mate van begroeiing; hoe meer verdampend oppervlak van begroeiing aanwezig is, hoe lager de gemiddelde temperatuur.

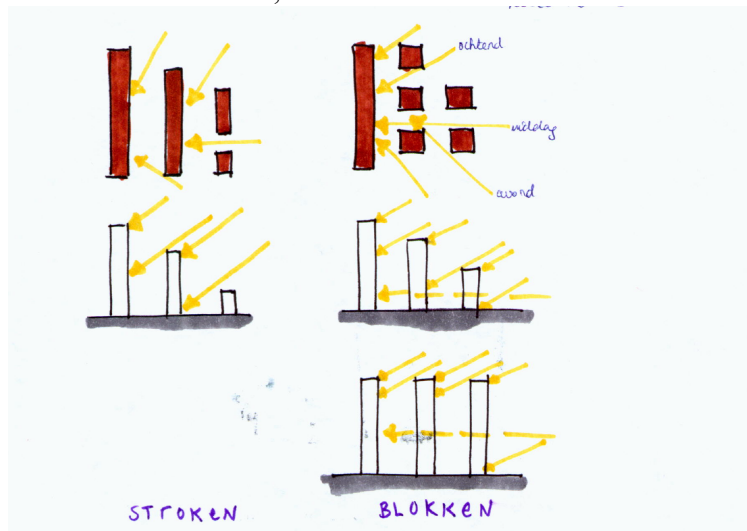
### **Verlichting**

Ook het energiegebruik als gevolg van verlichting is in bedrijfsgebouwen van groot belang. Daarnaast wordt door kunstverlichting warmte afgestaan. Beperken van de hoeveelheid kunstlicht beperkt de koelbehoefte. De maatregelen ter beperking van de koelvraag, sluiten goed aan bij maatregelen ter beperking van verlichting. Luchthoven kunnen bijvoorbeeld tegelijkertijd dienst doen als lichthoven.



Aanvullend zouden deze hoven voorzien kunnen worden van reflecterend materiaal om de lichtopbrengst te vergroten. Door te bouwen in blokken in plaats van stroken is er een betere mogelijkheid voor daglichttoetreding (zie figuur 4). Aanvullend zijn de volgende maatregelen van belang:

- in daglichtzones moeten alleen die functies geplaatst worden die ook daadwerkelijk daglicht nodig hebben. Liften, trappenhuisen, parkeergarages, ruimten voor apparatuur moeten buiten de daglichtzone worden gesitueerd;
- de structuur en het reflectievermogen van materialen aan de buitenzijde kan ook bijdragen aan een betere daglichttoetreding.
- oplopend bouwen van zuid naar noord;



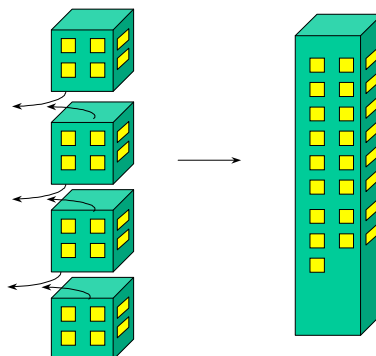
Figuur 6: schematische weergave van lichttoetreding als gevolg van oplopend bouwen (links in figuur) en lichttoetreding als gevolg van het bouwen in blokken (rechts in figuur);

- voor een goede daglichttoetreding is een groot glasoppervlak van belang. Het glasoppervlak beïnvloedt echter ook de koelvraag en warmteverliezen. Doorgaans wordt een glaspercentage van 30% als een goed gekozen verhouding beschouwd;

### Warmte

Voor zover er in bedrijfsruimten nog behoefte is aan warmte is het van belang de volgende aspecten mee te nemen in het bouwkundig ontwerp:

- verkleining van het verliezend schiloppervlak in verhouding tot het volume. Het stapelen van meerdere gebouwen leidt tot het verkleinen van het warmteverliesgevend oppervlak. Bij stapeling wordt voldoende licht- en luchttoetreding behouden (zie onderstaande figuur).



Figuur 7: verkleining van het warmteverliesgevend oppervlak door verticale stapeling

- de gebouwen moeten zoveel mogelijk langs de oost-west as worden gelegd en daarmee op het zuiden worden georiënteerd. Oververhitting is in dat geval het meest eenvoudig te voorkomen en er kan optimaal gebruik worden gemaakt van voorverwarming in winter, voor- en naseizoen. De strooklengten moeten daarbij echter niet te lang worden vanwege de mogelijke belemmering van lichttoetreding in het gebouw zelf en op andere gebouwen;

### *Ventilatie*

Tot slot is het essentieel dat er goede mogelijkheden voor ventilatie worden opgenomen in de bouwkundige uitgangspunten:

- gevels en daken waarin zich elementen bevinden die geopend kunnen worden;
- grote centrale schachten door het gebouw voor afvoer van overtollige warmte, bijvoorbeeld als gevolg van de warmteproductie van apparatuur;

## 3.2 Energieaspecten eerste stedenbouwkundig plan

Het eerste stedenbouwkundig plan voorzag in 2 soorten gebouwen, die elk hun eigen karakteristiek hebben (zie paragraaf 2.4.1).

In de bedrijfstorens zijn er zijn goede mogelijkheden voor daglichttoetreding en de vorm sluit aan bij de wensen ten aanzien van beperking van de warmtevraag (zie onderstaande figuur uit het masterplan). Deze gebouwen lijken vooral geschikt voor "ICT" en "zakelijke dienstverlening".



*Figuur 8: zicht vanaf het IJ op deelgebied 4 van het Cornelis Douwes terrein met daarop bedrijfstorens en -hallen gesitueerd (1<sup>e</sup> stedenbouwkundig plan)*

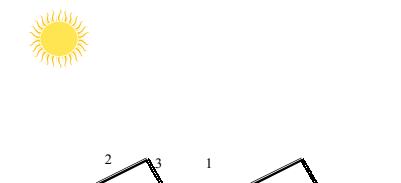
Bij de geplande hoogbouw moet aandacht worden besteed aan de onderlinge positionering. Het gaat in het bijzonder om het aspect schaduwwerking. Het aspect uitzicht zal voor de gebruiker echter ook van zeer groot belang zijn. Voor de schaduwwerking is het gunstiger gebouwen verschoven ten opzichte van elkaar te plaatsen dan in lijn.

Bij deze figuur moet ook worden opgemerkt dat slanke, hoge gebouwen de grootste daglichtzone hebben in het gebouw. In hoge gebouwen met een grotere plattegrond dringt minder daglicht door tot de kern van het gebouw (er zijn meer plaatsen die kunstlicht behoeven). Bij deze gebouwen kan een lichthof of atrium het aantal werkplekken met daglicht verhogen. Hooguit de bovenste drie etages profiteren echter van een eenvoudige lichthof. De lager gelegen delen behoeven extra voorzieningen zoals reflecterende of speciale holografische elementen aan de gevel om nog van daglicht gebruik te kunnen maken. Daarnaast is het bij toepassing van lichthoven of atria van belang te zorgen voor voldoende ventilatiemogelijkheden om oververhitting in de zomer te voorkomen. Naarmate de hoogte en het oppervlak van de bedrijfstorens toenemen wordt de schaduwwerking vergroot en daarmee de daglichttoetreding tot de lager gelegen bedrijfshallen vermindert.

De bedrijfshallen hebben minder mogelijkheden voor daglichttoetreding. Deze gebouwen lijken vooral geschikt voor de "kleine industrie" en "leisure".

Het dak van een bedrijfshal kan verschillende energetische functies vervullen:

1. drager van groenvoorzieningen voor de bestrijding van het urban heat island effect (25% van het totale grondoppervlak zou een doelstelling kunnen zijn die gedeeltelijk kan worden gerealiseerd op het dak);
2. drager van fotovoltaïsche zonnepanelen voor elektriciteitsopwekking;
3. het toelaten van daglicht tot de werkplek door transparante openingen in het dak (15% van het dakvlak mits goed verdeeld is ruim voldoende; ref.: Daylighting in Architecture, EAI, James);
4. buffer van regenwater (zie punt 1);



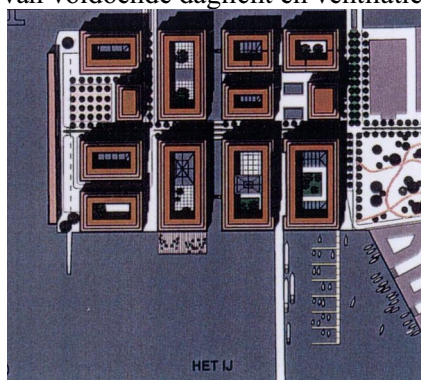
*Figuur 9: schematische weergave dakfuncties (nummers komen overeen met bovenstaande toelichting)*

Beide gebouwvormen hebben in deze toepassing een gunstige volume/oppervlakteverhouding door de grote afmetingen. Door het relatief kleine schiloppervlak is het verlies door transmissie relatief klein.

### 3.3 Energieaspecten tweede stedenbouwkundig plan

In het tweede stedenbouwkundig plan is minder variatie in gebouwtypen aanwezig. De categorieën “kleine industrie” en “leisure” zullen vanwege het ontbreken van hallen over meerdere verdiepingen moeten worden gehuisvest. Hierdoor neemt het verticaal transport toe.

Vanwege de afname van het dakoppervlak ten opzichte van het eerste ontwerp zijn de mogelijkheden van begroeide vlakken afgenomen. De atria van de gebouwen lenen zich minder voor een gezonde vegetatie vanwege het ontbreken van voldoende daglicht en ventilatie.



*Figuur 10: carré-vormige gebouwen met atria (2<sup>e</sup> stedenbouwkundig plan);*

De ruimten die grenzen aan de atria krijgen aanzienlijk minder daglicht dan de ruimten aan de buitenzijde van de gebouwen, vooral in de inwendige hoeken en op plaatsen waar het atrium is afgedekt met een glazen kap. Door een glazen kap wordt de daglichttoetreding met 10-20% verminderd. Het elektriciteitsverbruik voor kunstlicht zal door deze bouwvorm aanzienlijk toenemen ten opzichte van het eerste ontwerp.

De atria zijn ruimten die vanwege hun gesloten vorm slecht worden doorspoeld met buitenlucht. Daardoor zal de buitenluchttemperatuur in de atria hoger zijn dan “buiten” het gebouw. Dit effect wordt versterkt op plaatsen waar het atrium wordt afgedekt door een glazen kap.

De ruimten die grenzen aan de atria ervaren een hogere buitentemperatuur en zijn eerder oververhit dan ruimten aan de buitenzijde van het gebouw. De noodzaak voor koeling neemt dus toe en het effect van natuurlijke ventilatie en zomernachtkoeling af. Het gevolg is een sterke verhoging van het energiegebruik voor koeling.

### 3.4 Woningen

Zoals reeds bij de introductie is aangegeven zijn er plannen om op termijn de woonfunctie te integreren in het terrein. Dit wil zeggen dat er sprake zal zijn van een ander soort functiemenging met een ander energiegebruikspatroon. Aangezien dat nog minstens 10 jaar op zich zal laten wachten, lijkt het niet zinvol nu reeds wonen als een van de te onderscheiden functies te beschouwen. Het is echter wel belangrijk te onderzoeken met welke aspecten nu reeds rekening kan worden gehouden om een overgang van werken naar wonen in de toekomst zo eenvoudig mogelijk te maken. Een belangrijk probleem hierbij is het feit dat het energievraagpatroon van woningen wezenlijk verschilt van dat van bedrijfsgebouwen; in woningen is de warmtevraag veel hoger en koeling speelt een beperkte rol. Daarbij moet aangetekend worden dat, mede door de goede isolatie van woningen die nu gebouwd worden, koeling wel steeds belangrijker begint te worden. Voor de bedrijfsgebouwen (zowel in het eerste als tweede stedenbouwkundige plan) kunnen echter nu al de volgende aspecten in het ontwerp worden meegenomen:

- mogelijkheid tot het terugzetten van de gevel zodat een balkon (overstek) ontstaat; de doorlopende vloer van binnen naar buiten vormt hierbij een grote koudebrug tenzij hier van tevoren rekening mee wordt gehouden in het ontwerp, bijvoorbeeld door een dilatatie;
- het creëren van een mogelijkheid om het glaspercentage (op de zuidgevel) te vergroten;
- niet te diepe gebouwen in verband met veranderende vraag naar verhouding kunstlicht/daglicht;
- opbouwend in hoogte van zuid naar noord in verband met zonwarmte en uitzicht;

Voor de bedrijfshallen uit het eerste plan lijkt het moeilijk eisen voor een woonfunctie in het ontwerp mee te nemen, omdat het ontwerp zich niet zo lijkt te lenen voor bewoning. Een groot volume in verhouding tot het oppervlak wat leidt tot gebrek aan daglicht lijkt hier vooral debet aan te zijn.

## 4. ENERGIESCENARIO'S

### 4.1 Introductie

Voor elke bedrijfscategorie zijn drie scenario's opgesteld, te weten een referentiescenario, een vermijdend scenario en een duurzaam efficiënt scenario. In deze introductie wordt beschreven hoe deze scenario's tot stand zijn gekomen. Vervolgens zullen de scenario's per bedrijfscategorie worden gekwantificeerd (in de bijlage van dit rapport staan de bijbehorende achtergrondgegevens). Daarnaast wordt voor elke bedrijfscategorie een maatregelenpakket samengesteld, waarbij de kentallen die zijn opgesteld voor het referentiescenario als leidraad dienen. Per maatregelenpakket is een indicatie van de te bereiken energiebesparing en terugverdientijd gegeven.

#### 4.1.1 Bepaling scenario's

Voor het referentiescenario zijn per categorie energiekentallen opgesteld op basis van literatuurgegevens en onderzoek bij verschillende gebouwen in Nederland waar bedrijven zitten die vergelijkbare functies vervullen als voor het Cornelis Douwes terrein zijn gepland. Bij het opstellen van het referentiescenario is ook het energiegebruik in woningen berekend om inzichtelijk te maken hoe groot dit energiegebruik is in vergelijking met de 4 bedrijfscategorieën. Tevens wordt hiermee inzichtelijk in hoeverre het energievraagpatroon van woningen afwijkt van dat van de onderzochte bedrijfscategorieën.

Om een referentiescenario te kunnen opstellen is gekeken naar de volgende energetische aspecten:

- koeling
- verwarming
- ventilatie
- het verlichtingssysteem;
- warm tapwater;
- interne warmteproductie als gevolg van elektriciteitsverbruik door apparatuur;

Door een bedrijventerrein te gaan bouwen dat voldoet aan de stedenbouwkundige uitgangspunten zoals die zijn geformuleerd in paragraaf 3.1, is het al mogelijk een deel van de energievraag voor de verschillende soorten bedrijven en de verschillende soorten gebouwen te vermijden. Er zijn echter meer maatregelen mogelijk om energiegebruik te vermijden. Daarbij moet vooral gedacht worden aan:

- goede isolatie van buitengevels;
- warmteterugwinning uit ventilatielucht (soms ook koude terugwinning);
- goede daglichttoetreding;
- passieve koeling;
- lage temperatuur verwarming;
- natuurlijke ventilatie;

Door dit soort maatregelen te nemen wordt een vermijdend scenario bereikt.

Onder een duurzaam scenario wordt een scenario verstaan waarbij opwekking van de resterende energievraag op een zo duurzaam mogelijke manier plaats vindt, nadat er zoveel mogelijk maatregelen zijn genomen om het energiegebruik te vermijden. Dat betreft:

- gebruik van zonnewarmte;
- natuurlijke ventilatie;

- gebruik maken van daglicht;
- verdampingskoeling van groenvoorziening gebruiken;

Om tot een duurzaam efficiënt scenario te komen is er ook een aantal algemeen toepasbare mogelijkheden:

#### *Fotovoltaïsche zonnepanelen (PV)*

Voor de bekleding van zuidgevels en –daken van gebouwen die een duurzaam imago moeten uitstralen zijn fotovoltaïsche zonnepanelen (vaak afgekort tot PV) een uitstekende optie. Op kleine schaal is het in principe al mogelijk zonnepanelen in diverse kleuren toe te passen. Voor beheer en onderhoud zijn diverse constructies mogelijk waaronder het leasen van het energiebedrijf. Een veel genoemd nadeel zijn de hoge kosten die aan de aanschaf van PV verbonden zijn. Er zijn echter in toenemende mate regelingen zoals subsidies, fiscale voordelen en groene stroom waar gebruik van kan worden gemaakt. Zeker voor de toekomst is het dus wenselijk nu al rekening te houden met de mogelijke plaatsing van PV, in de vorm van voldoende ruimte en een goed vormgegeven dak.

In Nederland is er een regeling waarbij per Wp geïnstalleerd vermogen sinds 1 januari 2001 een vergoeding van fl. 7,50 wordt gegeven. Dit geldt echter voor huishoudens. Voor bedrijven geldt de VAMIL en EIA. In Duitsland is recentelijk een regeling getroffen genaamd "Das Einspeisegesetz". De regeling bevordert de inzet van PV door een gunstige terugleververgoeding (omgerekend meer dan een gulden per kWh). Wellicht behoort een dergelijke regeling in de toekomst ook in Nederland tot de mogelijkheden.

#### *Wind*

In de buurt van het deelgebied 4 wordt overwogen 4 windmolens te plaatsen met een totaal vermogen van 3 MW. Eind jaren '80 zijn al windmetingen gedaan<sup>6</sup> bij de westelijke kant van de Noordelijke IJ-oever Amsterdam Noord om de potentie van de plaatsing van windmolens aldaar te kunnen bepalen. Er zijn toen gedurende een periode van 3-6 maanden windmetingen verricht op 20 en 68 meter hoogte met behulp van een meetopstelling op de portaalkraan op het voormalige NSM terrein. Uit die studie is gebleken dat de Noordelijke IJ-oever grotendeels geschikt is voor een lijnopstelling van grote windturbines tot 1 MW. De windsnelheden variëren van 6.3 m/s in het uiterste zuidoosten tot 6.7 m/s in het uiterste noordwesten. Daarbij moet aangetekend worden dat dit gunstige resultaat in sterke mate samen hangt met het feit dat het terrein op dat moment grotendeels ongebruikt was, waardoor het windaanbod naar verhouding zeer gunstig is. Bovendien waren er op dat moment weinig objecten aanwezig waar afstandnormen voor golden. Bebouwing kan afhankelijk van hoogte en situering het windklimaat ernstig nadelig beïnvloeden. Andere aspecten waar rekening mee moet worden gehouden zijn<sup>7</sup>:

- geluidsoverlast: windturbines kunnen voor geluidsoverlast zorgen. Voor bedrijventerreinen geldt een vrij hoge streefwaarde voor acceptabel geluidsniveau. Het is echter van groot belang dat er voor de specifieke locatie een goed inzicht wordt gekregen in de bronsterkte om een goede zogenaamde afstandsnorm te kunnen bepalen;
- omgevingsveiligheid; in geval van een lijnopstelling is het van belang minimale afstanden te rekenen tot hoogspanningsleidingen, wegen en spoorwegen en buisleidingen;
- slagschaduw en flikkerfrequentie: bij grotere turbines speelt het probleem van flikkering over het algemeen niet, met slagschaduw moet echter wel rekening worden gehouden.
- landschappelijke inpassing; windmolens passen over het algemeen goed in een industriële omgeving. Er moet wel rekening worden gehouden met de afstand tot het bewoonde gebied;
- windsnelheid: uit metingen is gebleken dat de jaargemiddelde windsnelheid boven Amsterdam lager is dan bij de rondom gelegen gebieden (gemiddeld < 6.5 m/s);

<sup>6</sup> Uitgevoerd door de Interfacultaire vakgroep Milieukunde, Universiteit van Amsterdam: "Windmetingen Amsterdam Noord"; in opdracht van Stadsdeelraad Noord van de gemeente Amsterdam.

<sup>7</sup> afgeleid uit het rapport: Windturbines in en om Amsterdam - inventarisatie van de plaatsingsmogelijkheden in het verzorgingsgebied van het gemeentelijk energiebedrijf", opgesteld door de Interfacultaire Vakgroep Milieukunde van de Universiteit van Amsterdam in 1989.

- turbulentie: hoe dichter het aardoppervlak wordt genaderd hoe meer sprake kan zijn van turbulente stroming. Dit is zeker het geval boven het stedelijke gebied Amsterdam waar sprake is van een zeer ruw oppervlak. Boven 60 meter is de verstoring als gevolg hiervan echter gering. Mochten er echter hoge gebouwen in de directe omgeving worden geplaatst dan kan deze nadelige invloed wel aanzienlijk zijn. Dit geldt ook voor die delen van de wieken die bij het ronddraaien langs lagere hoogten draaien. Een sterk wisselende belasting als gevolg hiervan kan voor de wieken ook nadelig zijn.

#### *Brandstofcellen*

In de nabije toekomst moet ook steeds toepassing van nieuwe ontwikkelingen zoals brandstofcellen worden afgewogen. Decentraal opgestelde brandstofcellen kunnen gelijktijdig warmte en stroom leveren in principe tegen een hoger rendement dan grootschalige centrale opwekking.

#### *Warmtenet*

De dichtstbijzijnde energiecentrales die warmte zouden kunnen leveren zijn de Hemweg centrale en de afvalverbrandingcentrale AVI-West. Vanwege de lage specifieke warmtevraag ligt aansluiting op een warmtenet niet onmiddellijk voor de hand. Bovendien vormt het IJ een fysieke barrière en brengt dus hoge kosten met zich mee. Bovendien lijken er voor deze restwarmte ook goede afzetmogelijkheden te zijn in het dichterbij gelegen westelijke stadsdeel van Amsterdam.

### 4.1.2 Kwantificering scenario's

Aan de hand van de bruto vloeroppervlaktes van de verschillende bedrijfscategorieën zoals geïnventariseerd door Seinpost adviesbureau en de kengetallen voor het energiegebruik, is het gasverbruik en het elektriciteitsgebruik van het terrein in kaart gebracht. Elektriciteitsgebruik (incl. koelen) is hiervoor omgerekend in equivalenten primaire energie, uitgedrukt in m<sup>3</sup> aardgas. De CO<sub>2</sub> uitstoot die aan het terrein kan worden toegerekend hangt direct samen met het totale primaire energiegebruik. De getallen die zijn gegenereerd zijn gemiddelden. In de praktijk blijkt doorgaans een grote spreiding. De getallen geven wel goed het onderscheid in energiegebruik tussen verwarming, elektrisch gebruik en koeling.

Aangenomen wordt dat een elektriciteitscentrale wanneer dat het Cornelis Douwes terrein in gebruik genomen zal worden, inmiddels een opwekkingsrendement zal hebben van c.a. 50%. Uit 1 m<sup>3</sup> aardgas kan dan c.a. 4,5 kWh elektrische energie gewonnen worden. Het huidige opwekkingsrendement van elektriciteitscentrales bedraagt c.a. 43%<sup>8</sup>. Verbranding van 1 m<sup>3</sup> aardgas geeft een uitstoot van c.a. 1,77 kg CO<sub>2</sub> in de atmosfeer.

Er is een onderscheid gemaakt tussen:

- verwarming (uitgedrukt in kWh waarbij uit 1 m<sup>3</sup> aardgas 8,9 kWh warmte geproduceerd kan worden);
- elektriciteit (inclusief apparatuur);
- koeling (de getallen in de grafiek voor koelen zijn gebaseerd op het elektriciteitsverbruik van een koelmachine);

Als basis voor de berekeningen worden de klimaatgegevens van het standaard referentiejaar van De Bilt gebruikt (test reference year).

### 4.1.3 Maatregelenpakketten

---

<sup>8</sup> Elektriciteit in Nederland 1998

Energiebesparende maatregelen die worden toegepast op bedrijfs- of kantoorruimten die mogelijk in de toekomst zullen worden omgebouwd tot woningen moeten aan relatief korte terugverdiertijden worden gebonden. De terugverdiertijden moeten in elk geval korter zijn dan de voorziene levensduur van de ruimte. In het algemeen kan worden gezegd dat alleen besparende maatregelen ten aanzien van verwarming bij ombouw tot woningen hun waarde volledig behouden. Er is daarom uitgegaan van terugverdiertijden van 1 tot maximaal 5 jaar.

De terugverdiertijd van een maatregelenpakket is zeer sterk afhankelijk van zaken zoals, gebouwworm, indeling en energieprijs. Om toch een uitspraak te kunnen doen hierover is niet gekeken naar één concrete situatie maar meer in het algemeen. Omdat er nog geen concrete gebouwwontwerpen liggen, kan er nog geen gedetailleerde optimalisatie worden gedaan.

Voor een bepaling van de bespaarde energiekosten moet men zich realiseren dat allerlei factoren invloed uitoefenen op de energieprijs. Als gevolg van de liberalisering van de energiemarkt is het onmogelijk om een kWh of een m<sup>3</sup> gas prijs te bepalen die representatief is voor deelgebied 4 van het Cornelis Douwes terrein. Daarnaast hebben de verschillende bedrijfscategorieën verschillende specifieke eisen. Ook dit maakt een goede prijsbepaling moeilijk. Eventuele financiële consequenties van (steden)bouwkundige maatregelen die toch een belangrijk aandeel hebben in het energiebesparingpotentieel zijn ook nauwelijks te berekenen. Hetzelfde geldt in dit stadium overigens ook voor een deel van de installatietechnische maatregelen die worden voorgesteld. Dit komt voor een belangrijk deel door het feit dat veel van de voorgestelde maatregelen tot op heden slechts op kleine schaal zijn toegepast. Hierdoor is vaak (nog) weinig bekend over de mogelijke kosten van toepassing op grotere schaal.

De energieprijzen die voor het krijgen van een indruk zijn gehanteerd zijn gebaseerd op de huidige tarieven voor groot- en kleingebruikers. De kleine industrie wordt beschouwd als kleingebruiker. De ICT en zakelijke dienstverlening worden ingedeeld als grootgebruiker m.b.t. elektriciteitsgebruik en kleingebruiker m.b.t. gasverbruik. Leisure wordt verondersteld kleingebruiker m.b.t. elektriciteit en grootgebruiker te zijn m.b.t. gasverbruik. In principe algemeen geldt dat verdubbeling van de energietarieven de terugverdiertijd halveert.

Genoemde getallen zijn gebaseerd berusten op bovengenoemde aannames. Energetische besparingen en meerkosten zijn gebaseerd op de referentiesituatie van elke bedrijfscategorie. Deze getallen zijn dus niet algemeen geldend en mogen alleen binnen deze context worden gebruikt.

## 4.2 Kleine industrie

Voor de kleine industrie zijn diverse bedrijven zoals doe-het-zelfzaken en woninginrichters benaderd, maar ook gegevens uit BIK 95<sup>9</sup> zijn gebruikt. Verlichten is voor deze categorie de grootste energiegebruiker, omdat deze verlichting een groot deel van het jaar aan zal staan (soms zelfs buiten openings- of kantoor tijden) en bijdraagt aan het presenteren van de artikelen en het zicht op het maken van nieuwe producten. Kunstlicht heeft in deze branche meestal de voorkeur, omdat dit de verkopers meer vrijheid geeft in het creëren van de juiste sfeer in hun showrooms en etalages. Ook productie van producten vindt meestal onder kunstlicht plaats. Daglicht wordt in sommige gevallen zelfs als hinderlijk ondervonden (verkleuren van meubelstof, kwaliteitsvermindering van kunststoffen etc). Aangezien het aantal personen per vierkante meter (bezetting) laag is, is de benodigde luchtverversing (ventilatie) ook laag. Samen met het gunstige volume/oppervlak verhouding van deze bedrijven (relatief veel volume met een laag schiloppervlak) resulteert dit in een gematigde warmtebehoefte.

*Tabel 2: Specifieke energiebehoefte, primair energiegebruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot in het referentiescenario voor de kleine industrie*

---

<sup>9</sup> Bedrijfsindeling Kamers van Koophandel 1995, Woerden 1995, ISBN: 90-73095-03-4



	specifieke energiebehoefte	aardgas equivalenten	CO <sub>2</sub> -uitstoot
	kWh/m <sup>2</sup> BVO	x 1000 m <sup>3</sup>	ton
verwarmen	50	275	490
elektrisch	60	675	1195
koelen	+0	10	20

Bij de kleine industrie ligt de top van het primair energiegebruik bij het elektriciteitsgebruik. Die elektriciteit wordt voor het overgrote deel voor verlichting gebruikt. Daar is het dus ook het meest zinvol in eerste instantie energiegebruik te vermijden. Hieronder is een beslissingsmatrix weergegeven voor verlichtingsenergie-beperekende investeringsmaatregelen voor kleine industrie:

<b>condities ter plaatse</b>	<b>veel daglicht</b>	<b>weinig of geen daglicht</b>
<b>mensen vaak afwezig</b>	handschakelaars (apart voor dag- en kunstlichtzone) aanwezigheidsregistratie	aanwezigheids-, timer- of veegschakelaars
<b>Mensen vaak aanwezig</b>	daglichtafhankelijk dimmen (gecombineerd met veegschakeling) met de individuele mogelijkheid om hier op in te grijpen individuele werkplekverlichting	efficiënte armaturen: bijv. TL5 hoogfrequent met spiegeloptiek; kwiklampen; pendel-, statief-, of werktafelarmatuur individuele werkplekverlichting

De onderverdeling tussen het vermijdend scenario en het duurzaam efficiënt scenario is voor verlichtingsenergie moeilijk te trekken en voor discussie vatbaar. Zonder hierbij een definitieve uitspraak te willen doen hebben wij een naar ons oordeel logische indeling gemaakt. Maatregelen voor situaties met weinig of geen daglicht rekenen we tot het vermijdend scenario en voorzieningen die genomen worden om zoveel mogelijk daglicht te benutten noemen we duurzaam efficiënt. (Het resultaat is in beide gevallen CO<sub>2</sub>-reductie.) Voor het vermijdend scenario is dus de tweede kolom van toepassing:

De meeste bedrijven zijn onderverdeeld in een werk- of verkoopruimte en een magazijnachtige ruimte. In de werkruimte moet de nadruk worden gelegd op efficiënte armaturen terwijl in de magazijnen zoveel mogelijk op aanwezigheid moet worden geschakeld. De besparingen kunnen worden begroot op respectievelijk 15% en 50%. Hoogrendement armaturen verdienen zichzelf binnen enkele jaren terug, zodat de keuze voor deze armaturen moet worden bevorderd.

Maatregelen die worden genomen om de warmtevraag te reduceren zullen gezien de relatief geringe vraag goedkoop moeten zijn om ze uit economisch oogpunt rendabel te maken. Optimaliseren van de gebouwschil is dan waarschijnlijk de enige zinvolle maatregel. Het extra isoleren van het platte dak heeft als bijkomend voordeel dat oververhitting in de zomer door opwarming van het dak wordt teruggedrongen. Warmteterugwinning uit ventilatielucht zal veel invloed hebben bij hallen die gebruikt worden voor grafische industrie en winkels die veel publiek trekken en daarom sterk moeten worden geventileerd. Echter, omdat warmteterugwinning over het algemeen goedkoop te realiseren is, kan het in dit geval ook zinvol zijn warmteterugwinning toe te passen. Koeling is meestal niet nodig door de lage interne warmteproductie (behalve bij de grafische industrie).

*Tabel 3: Primair energiegebruik in het vermijdend scenario voor de kleine industrie*

	aardgas equivalenten
	x 1000 m <sup>3</sup>

verwarmen	220
elektrisch	640
koelen	0

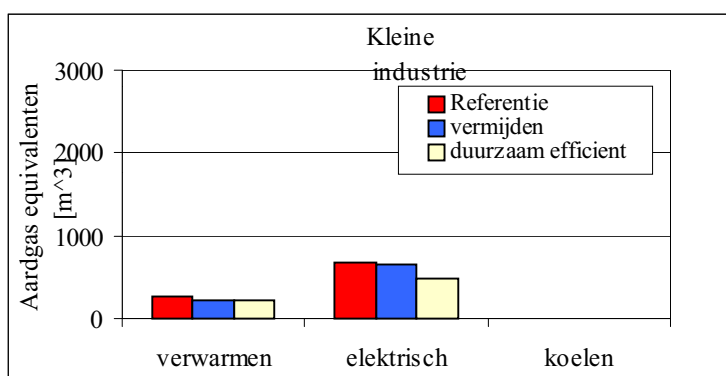
Om te komen tot een duurzaam efficiënt scenario is beperking van de energievraag voor verlichting nog steeds het meest wenselijk gezien de grote bijdrage hiervan aan het elektriciteitsgebruik. Het gebruik maken van daglicht in de kleine industrie is echter vaak moeilijk te realiseren. In groot winkelbedrijven maar ook in de grafische industrie wordt daglicht meestal afgeschermd omdat het storend werkt. Indirect, diffuus daglicht zoals in ruimten aan de noordgevels van gebouwen is vaak wel bruikbaar. Dit daglicht kan worden aangevuld met gedimd kunstlicht. Omdat zonwering op de noordgevels meestal ontbreekt is het automatisch dimmen eenvoudiger te realiseren dan op anders georiënteerde gevels.

In de grafische industrie zijn koelinstallaties vaak onvermijdelijk mede door noodzaak van de conditionering van het papier. Te droog of te vochtig papier is moeilijk te verwerken in de grafische apparatuur. De restwarmte van koelinstallaties kan worden teruggewonnen voor het verwarmen van kantoren in de directe omgeving. Dit is alleen goed mogelijk als de kantoren worden uitgevoerd met lage temperatuurverwarming.

Tabel 4: Primair energiegebruik in het duurzaam efficiënte scenario voor de kleine industrie

	aardgas equivalenten
	x 1000 m <sup>3</sup>
verwarmen	220
elektrisch	480
koelen	0

In onderstaande grafiek is een overzicht gegeven van de het energiegebruik als gevolg van verwarming, elektriciteitsgebruik en koeling in het referentiescenario, het vermijndend scenario en het duurzaam efficiënte scenario.



Figuur 11: Primair energiegebruik voor de kleine industrie in het referentie scenario, het vermijndend scenario en het duurzaam efficiënte scenario

Op basis van deze drie scenario's is het volgende maatregelenpakket samengesteld:

- verbeterde schilisolatie kan leiden tot een besparing van 20% op de warmtevraag;
- door ook een goede keuze van het beglazingssysteem en het glasoppervlak, kan de noodzaak voor koeling mede vervallen;
- kiezen voor efficiënte armaturen en energiezuinige verlichting zal de meeste besparing opleveren in dit pakket, omdat verlichten in de kleine industrie een flink aandeel heeft in de totale energiebalans. Een besparing van 25% op elektriciteitsgebruik is haalbaar.

Totaal wordt op deze manier per m<sup>2</sup> vloeroppervlak c.a. 4,5 m<sup>3</sup> aeq primaire energie bespaard. De totale meerinvestering om dit pakket te realiseren bedraagt ca. 30 fl/m<sup>2</sup>. Hiervan is 10 fl/m<sup>2</sup> het aandeel van de efficiënte armaturen en energiezuinige verlichting en 20 fl/m<sup>2</sup> voor verbeterde en geoptimaliseerde schilisolatie. De investering en energiewinst voor het optimaliseren van de gebouwschil is sterk afhankelijk van de gebouwvorm. Uitgangspunt voor bepalen van de kosten en de energiewinst hiervoor is blokkenbouw. Het besparen van 1 m<sup>3</sup> aeq op 1 m<sup>2</sup> kost met dit maatregelenpakket ca. (30 [fl/m<sup>2</sup>] / 4,5 [m<sup>3</sup>] =) fl. 6,70. Op basis van een elektriciteits- en een gasprijs van respectievelijk 0,23 ct/kWh en 0,58 ct/m<sup>3</sup> zal de terugverdientijd van het verlichtingsdeel minder dan 3 jaar bedragen en van het isolatiedeel ca. 30 jaar bedragen. De meerinvestering voor verbeterde dakisolatie is veelal lager dan de meerinvestering voor verbeterde gevelisolatie. Over het algemeen verdient verbeterde dakisolatie zich al binnen 10 jaar terug.

### 4.3 ICT

Informatie over energiegebruik in de ICT branche zijn afkomstig uit gegevens van de volgende instellingen:

- Regionaal Technisch Centrum in Alkmaar (waar diverse IT bedrijven zijn gevestigd);
- Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam SARA (Beschikken over geavanceerde computerapparatuur);
- KPN Telecom;
- eigen ervaring van ECN;

Moderne computers en netwerken hebben een zeer hoog elektriciteitsgebruik. Aangezien de gebruikte energie uiteindelijk vrij komt in de vorm van warmte, vormt koeling een belangrijk deel van het energiegebruik van de ICT branche om het klimaat in de werkomgeving acceptabel te houden en om de apparatuur goed te kunnen laten functioneren. Door de hoge warmteproductie van deze apparatuur is de additionele warmtebehoefte in het stookseizoen (geleverd door b.v. een cv-installatie) zeer laag. Er zal dan ook flink geventileerd moeten worden. Duidelijk is dat computerapparatuur in deze branche veel gebruikt wordt. Bovendien zijn veel mensen op een betrekkelijk klein oppervlak werkzaam, waardoor de concentratie aan apparatuur extra groot is. Verlichting vraagt bij deze verhouding maar een klein deel van het totale elektriciteitsgebruik (ca. 10%). In onderstaande tabel is voor het referentiescenario aangegeven wat het energiegebruik is, het primaire energiegebruik en de uitstoot van CO<sub>2</sub>.

Tabel 5: Specifieke energiebehoefte, primair energiegebruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot in het referentiescenario voor de ICT

	specifieke energiebehoefte	aardgas equivalenten	CO <sub>2</sub> -uitstoot
	kWh/m <sup>2</sup>	x 1000 m <sup>3</sup>	ton
verwarmen	5	40	70
elektrisch	150	2025	3585
koelen	40	540	955

Koelen vereist bij de huidige verhoudingen c.a. 20% van het totale elektriciteitsgebruik. De keuze van energiezuinige apparatuur en het tijdig uitschakelen ervan zijn de eerste maatregelen die genomen moeten worden. Het concentreren van apparatuur buiten de comfortzone in aparte ruimtes kan veel energie besparen. De maximale temperatuur waarbij communicatie- en computerapparatuur nog goed kunnen werken, is veel hoger dan de comforttemperatuur van verblijfsruimtes. De speciale ruimtes waarin de apparatuur wordt opgesteld kunnen om die reden meestal voor 100% worden gekoeld met buitenlucht mits het ventilatiesysteem grote hoeveelheden lucht kan doorlaten. Deze ruimtes liggen bij voorkeur in de kunstlichtzone waarbij het kunstlicht alleen hoeft te branden wanneer onderhoudswerkzaamheden aan de apparatuur moeten worden uitgevoerd (meestal niet meer dan 10 % van de tijd). Op deze wijze kan het grootste deel van de benodigde koelenergie worden bespaard.

Ook het toepassen van ramen die maar een klein deel van de zonnewarmte doorlaten en efficiënte zonwering kan het aandeel koelenergie verlagen. Nadat deze maatregelen zijn genomen, is het zinvol om de verlichting aan te pakken. Efficiënte armaturen, daglichtafhankelijke regelingen en aanwezigheidsregistratie kunnen de elektriciteitsvraag voor verlichting met zo'n 50% verlagen. Het primaire energiegebruik in het vermijdende scenario komt uiteindelijk op de volgende waardes uit (zie tabel ):

Tabel 6: Primair energiegebruik in het vermijdend scenario voor de ICT

	aardgas equivalenten x 1000 m <sup>3</sup>
verwarmen	25
elektrisch	1415
koelen	160

Aansluitend op het vermijdende scenario of als koeling met buitenlucht (en afzuiging) niet past, kunnen achtereenvolgens de volgende opties worden onderzocht en eventueel toegepast (de duurzaamste opties met het laagste energiegebruik staan bovenaan) om tot een duurzaam efficiënt scenario te komen:

- Adiabatische koeling is duurzame koeling en bestaat uit een systeem voor gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning waarbij in de uitgaande lucht water wordt verneveld waardoor de warmtewisselaar afkoelt. Zodoende wordt de toevoerlucht die door de warmtewisselaar stroomt afgekoeld. Het koelvermogen van deze installatie is beperkt (voldoende voor een doorsnee kantoor) en de kosten zijn gering.
- Solar cooling (open absorptiekoeling) is ook een systeem voor koeling met duurzame energie. Dit systeem bestaat uit een luchtbehandelingkast waarin de buitenlucht wordt ontvochtigd door middel van een droogwiel en vervolgens wordt bevochtigd. Dit heeft een koelend effect. Vervolgens wordt de afgezogen lucht verhit met behulp van een zonneboiler waarna de lucht langs het droogwiel wordt geleid dat daardoor wordt gedroogd. Het systeem is op dit moment op de markt verkrijgbaar maar wordt nog weinig toegepast. Vanwege de nieuwheid van het systeem zijn de kosten nog betrekkelijk hoog.
- Seizoenopslag van warmte (en koude) is duurzaam en kan goed werken als de vraag naar warmte en koude over het jaar in balans is. De warmte die 's zomers in de grond wordt gebracht als gevolg van koeling kan 's winters vanwege het beperkte temperatuurniveau (ongeveer 20 graden) slechts voor opwarming van de ventilatielucht worden gebruikt (tenzij het systeem wordt gecombineerd met een warmtepomp en vloerverwarming en is dan minder duurzaam). Seizoenopslag is dus minder optimaal te combineren met warmteterugwinning uit de ventilatielucht. Bij seizoenopslag moet het warmte- en koudeaanbod over een langere periode in balans zijn, in ieder geval gedurende de terugverdientijd van de installatie. Tussentijdse besparingen ten aanzien van warmte- of koudevraag kunnen dus niet zonder meer worden doorgevoerd; bij het ontwerp moet rekening gehouden worden met speciale verwarmings- en koelsystemen.
- Als mechanische koeling (met compressiekoelmachines) onvermijdelijk is en wordt toegepast kan elektrische energie voor de koelmachine worden uitgespaard door in de winter het koelwater rechtstreeks met buitenlucht te koelen. Ook is er de mogelijkheid om in het stookseizoen de warmte van de koelmachines te gebruiken voor centrale verwarming in andere gebouwen of gebouwdelen. Hiervoor is het noodzakelijk dat daar een lage temperatuurverwarming wordt toegepast. Compressiekoelmachines die vaak worden gebruikt (meer dan 1500 uur per jaar) moeten bij voorkeur in hoogrendement uitvoerig worden toegepast. Het blijkt soms zelfs mogelijk het rendement hierdoor te verdubbelen ten opzichte van de standaard uitvoering.

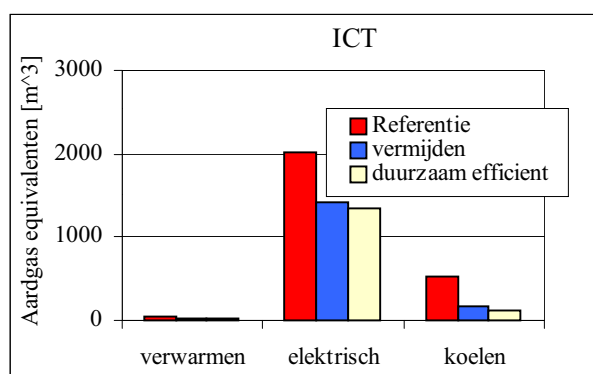
- Bij een continue hoge koel- en elektriciteitsvraag (meer dan 4000 uur per jaar) kan een warmtekrachtinstallatie met een absorptiekoeler worden gebruikt. Het voordeel hiervan ligt voornamelijk in het feit dat voor koeling (afval) warmte wordt gebruikt en geen elektriciteit die veel duurder is. De vermindering van het gebruik van primaire energie is hierbij minimaal omdat het rendement van de elektriciteitsopwekking en van de absorptiekoeling lager is dan bij centrale elektriciteitsopwekking respectievelijk compressiekoeling. Voor het totale rendement wordt het beter als er economische woningen in de buurt zijn om in de winter warmte kwijt te kunnen.

De mogelijkheden voor toepassing van deze opties hangen sterk af van de eisen die worden gesteld aan de te koelen ruimtes. Uiteindelijk kan het primaire energiegebruik uitkomen op de volgende waarden (zie tabel 7):

Tabel 7: Primair energiegebruik in het duurzaam efficiënte scenario voor de ICT

	aardgas equivalenten x 1000 m <sup>3</sup>
verwarmen	25
elektrisch	1345
koelen	120

In onderstaande grafiek is een overzicht gegeven van het primaire energiegebruik door de ICT voor verwarming, elektriciteitsgebruik en koeling in het referentiescenario, het vermijdend scenario en het duurzaam efficiënte scenario.



Figuur 12: Primair energiegebruik voor de ICT in het referentie scenario, het vermijdend scenario en het duurzaam efficiënte scenario

Bij de ICT kan veel winst worden behaald uit de passieve maatregelen, ca. 70% van de koelvraag kan zo worden vermeden:

- automatische zonwering heeft voornamelijk een comfort en uiterlijk doel en zorgt niet voor meerkosten m.b.t. energiebesparing;
- daglichttoetreding wordt over het algemeen 'gratis' verkregen waardoor dit ook geen meerkosten tot gevolg heeft;
- het afzuigen van warmte bij warmtebronnen (computers) zorgt ervoor dat deze warmte niet vrijkomt in de comfortzone waardoor drastisch op koelenergie kan worden bespaard;
- solar-koeling kan het energiegebruik voor koelen ook nog eens met 25% omlaag brengen;
- efficiënt gebouwontwerp.

Totaal wordt op deze manier per m<sup>2</sup> vloeroppervlak door dit pakket ca. 8,5 m<sup>3</sup> aeq primaire energie bespaard. Doordat het principe van solar-cooling zich nog in een vroeg stadium bevindt en nog niet op grote schaal wordt toegepast is de totale investering om dit pakket te realiseren moeilijk in te schatten. Verwacht wordt dat deze investering ca. 100 fl/m<sup>2</sup> bedraagt. Deze zijn namelijk zeer moeilijk te bepalen en sterk afhankelijk van het ontwerp van het gebouw. Het besparen van 1 m<sup>3</sup> aeq op 1 m<sup>2</sup> kost met dit maatregelenpakket ca. (100 [fl/m<sup>2</sup>] / 8,5 [m<sup>3</sup>] =) fl. 11,80. Op basis van een elektriciteits- en een gasprijs van respectievelijk 0,12 ct/kWh en 0,58 ct/m<sup>3</sup> zal de terugverdientijd van dit pakket rond de 20 jaar bedragen.

#### 4.4 Zakelijke dienstverlening

Bij ECN wordt van alle eigen gebouwen het energiegebruik geregistreerd. In enkele van deze gebouwen zijn de werkzaamheden die worden verricht representatief voor de zakelijke dienstverlening. De gegevens van deze gebouwen zijn gebruikt als referentie voor het bepalen van de kengetallen hiervoor. Daarnaast is gebruik gemaakt van gegevens uit literatuur<sup>10</sup>. Vergeleken met de ICT branche is hier beduidend minder apparatuur aanwezig. Verlichting heeft hier ca. 35% aandeel in het totale elektriciteitsgebruik. Als geen bouwtechnische maatregelen zijn genomen of bijzondere aandacht is besteed aan de oriëntatie dat is in deze situatie vaak toch nog koeling vereist om het binnenklimaat aangenaam te houden. De warmtevraag wordt voornamelijk bepaald door de noodzakelijke ventilatie en een interne warmteproductie uit apparatuur die dit warmteverlies niet 'compenseert'.

In onderstaande tabel is aangegeven wat het gas- en elektriciteitsverbruik is, alsmede het primaire energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-uitstoot in de referentiesituatie.

Tabel 8: Specifieke energiebehoefte, primair energiegebruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot in het referentiescenario voor de zakelijke dienstverlening

	specifieke energiebehoefte	aardgas equivalenten	CO <sub>2</sub> -uitstoot
	kWh/m <sup>2</sup>	x 1000 m <sup>3</sup>	ton
verwarmen	40	250	445
elektrisch	70	865	1535
koelen	5	35	65

Om tot een vermijgend scenario te komen is bij deze categorie is verbetering van de isolatie door bijvoorbeeld het juiste glaspercentage en de juiste glaskeuze, efficiënte verlichting en warmte/koudeterugwinning uit de ventilatielucht van ongeveer gelijkwaardig belang.

Door energiebesparingcampagnes die gericht zijn op het gebruik van allerlei kantoorapparatuur kan het energiegebruik nog een stap verder omlaag gebracht worden. Passieve koeling kan na deze besparingen makkelijker worden toegepast omdat de koelvraag lager is geworden en bestaat uit een pakket van maatregelen zoals natuurlijke ventilatie, zomernachtventilatie en efficiënte en intelligente zonwering. Het beïnvloeden van het buitenklimaat kan ook een bijdrage leveren aan passieve koeling. Voorbeelden zijn het zorgen voor voldoende verdampend oppervlak (groen) in de omgeving van het gebouw en een juiste keuze van kleur en structuur van gevels. De grote dakvlakken van de bedrijfshallen lenen zich uitstekend voor begroeiing.

<sup>10</sup>

- "Stromspareck für Gebäude, Ein Arbeitsinstrument für Planer und Investoren"; auteur: Michael Hörner, Amstein + Walthert. Heruitgever: IMPULS-Programm Hessen, Schleiermachstrasse 8, 64283 Darmstadt;
- "Energieprestatie van woningen en woongebouwen"; EPW voor windows versie 1.1, NPR 5129, maart 1995.

Daarbij moet rekening worden gehouden met mogelijke behoefte aan daglicht in de onderliggende ruimten waarvoor noorderlicht dat met daksheds kan worden ingevangen zeer geschikt is.

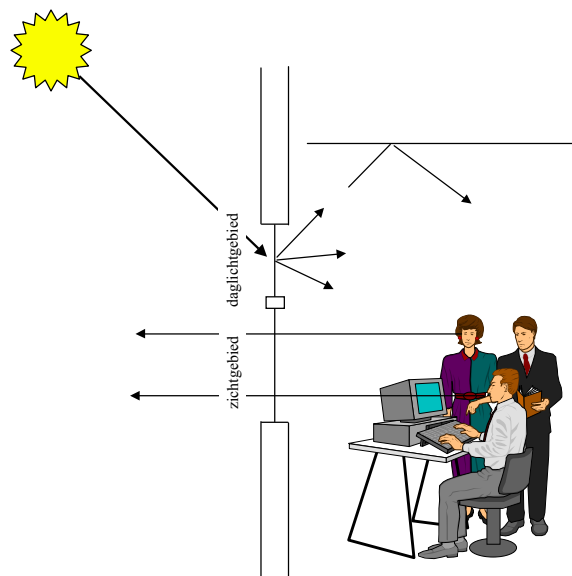
Het vermijden van energiegebruik in kantoren wordt dus mogelijk gemaakt door een pakket van maatregelen waarbij zowel de architect alsook de stedenbouwkundige en de overheid een rol kunnen spelen. In tabel 9 is het primaire energiegebruik bij het vermijdende scenario weergegeven.

Tabel 9: Primair energiegebruik in het vermijdend scenario voor de zakelijke dienstverlening

	aardgas equivalenten x 1000 m <sup>3</sup>
verwarmen	200
elektrisch	695
koelen	20

Om tot een duurzaam efficiënt scenario te komen zijn de volgende maatregelen geïnventariseerd:

- Beperking van verlichtingsenergie door daglichtbenutting is een duurzame optie maar moeilijk te realiseren. Zonwering is nodig voor het verlagen van de koelenergie en het vermijden van schittering in beeldschermen maar neemt ook daglicht weg. Met de juiste keuze door de architect kunnen zonweringen worden toegepast die de directe zonstraling wegnemen en tegelijkertijd de daglichttoetreding niet belemmeren. Als daarbij het kunstlicht op adequate wijze wordt teruggeregeld (gedimd) kan veel energie worden bespaard.



figuur 13: kozijnindeling in licht- en zichtzone

- Bij buitentemperaturen hoger dan twintig graden moet extra worden geventileerd om oververhitting te voorkomen. Meer verversing kan worden bereikt door ventilatoren sneller te laten draaien maar ook door gevelopeningen te besturen.

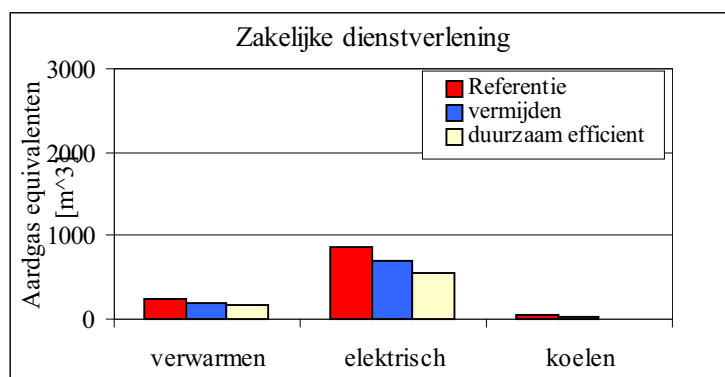
Het motorisch en geautomatiseerd openen en sluiten van bovenlichten, klepramen en dakopeningen kan veel ventilatorenergie en koelenergie besparen en is een duurzame manier van ventileren. Deze vorm van ventilatie moet door het gebouwwontwerp mogelijk worden gemaakt.

- De mogelijkheden voor duurzame koeling in het kantoor kunnen worden vergeleken met die in de paragraaf voor de ICT. Het conditioneren van een kantoor op 21 graden kost veel koelenergie en is ook vanuit het oogpunt van arbeidsomstandigheden niet optimaal. De toepassing van toepassing van topkoeling is hiervoor een veel gebruikte oplossing. Hierbij wordt de binnentemperatuur enkele graden onder de buitentemperatuur gehouden.
- Moderne regelsystemen in de vorm van bussystemen zijn een waardevol instrument voor verdere optimalisering van het energiegebruik. Met bussystemen worden datatransmissiesystemen bedoeld die zorgen voor overdracht van meet- en besturingssignalen van onder meer gebouwinstallaties zowel binnen een gebouw als naar buiten. Het verschil tussen bussystemen en de reeds langer bestaande gebouwbeheerssystemen is de flexibiliteit. Het (ont)koppelen van sensoren en bedieningsorganen is vrijwel op elke plaats in het gebouw mogelijk en de mogelijkheden van programmeren bijna onbeperkt. Hierdoor is het aanpassen van installaties aan een gewijzigde warmte- of koudevraag of het veranderen van de besturing van ventilatie of zonwering heel eenvoudig. Besparingen door een dergelijk systeem van 10% zijn heel goed mogelijk terwijl ook het comfort wordt verbeterd.

Met een keuze uit bovenstaande maatregelen is het mogelijk een energieprestatie te halen die minstens 20% beter is dan de voorgeschreven Epc. Overigens moet men rekening houden met de verdere aanscherping van de EPC voor kantoren van 1,6 naar 1,3. In onderstaande tabel is aangegeven wat het primaire energiegebruik is in het geval van het duurzaam efficiënte scenario.

Tabel 10: Primair energiegebruik in het duurzaam efficiënte scenario voor de zakelijke dienstverlening

	aardgas equivalenten x 1000 m <sup>3</sup>
verwarmen	160
elektrisch	555
koelen	10



In onderstaande grafiek is voor de zakelijke dienstverlening een overzicht gegeven van de het primaire energiegebruik door verwarming, elektriciteitsgebruik en koeling in het referentiescenario, het vermijdend scenario en het duurzaam efficiënte scenario.

Figuur 14: Primair energiegebruik voor de zakelijke dienstverlening in het referentie scenario, het vermijdend scenario en het duurzaam efficiënte scenario



Ook hier valt een grote winst te halen uit passieve maatregelen. Hiervoor gelden dezelfde voorwaarden zoals genoemd bij de ICT branche:

- geschat is dat ca. 20% van het elektriciteitsgebruik voor verlichting kan worden teruggebracht door optimale daglichttoetreding;
- bovendien kan door toepassen van efficiënte armaturen en energiezuinige verlichting 20% in de benodigde elektriciteit voor verlichting worden bespaard. Ook de koelvraag kan met ca. 50% worden teruggebracht op deze manier;
- de warmteterugwinning uit ventilatielucht en optimaliseren van de gebouwschil besparen beide ca. 10% op de warmtevraag;
- het efficiënte verwarmings- en koelsysteem bespaart ca. 20% in de benodigde energie voor verwarmen en 40% in de totale benodigde energie voor koelen.

Toepassen van dit pakket leidt tot een besparing van ca. 9,0 aeq primaire energie. De efficiënte armaturen en energiezuinige verlichting vragen een meer investering van ca. 8 fl/m<sup>2</sup> en zal zich binnen 5 jaar hebben terugverdiend. Toepassen van warmteterugwinning uit ventilatielucht zal een meer investering vragen van ca. 15 fl/m<sup>2</sup>. Deze maatregel zal zich binnen 25 jaar hebben terugverdiend. De meer investering in de verbeterde en geoptimaliseerde schilisolatie zal ca. 15 fl/m<sup>2</sup> bedragen. Deze maatregelen zullen zich binnen ook binnen 25 jaar hebben terugverdiend, afhankelijk van het schiloppervlak. Een efficiënt verwarmings- en koelsysteem kan een besparing van 20% m.b.t. verwarmingsenergie realiseren en 40% koelenergie. Een dergelijk systeem zal zich binnen 5 jaar hebben terugverdiend bij een geschatte meer investering van 25 fl/m<sup>2</sup>. Hierbij is ook rekening gehouden met het feit dat er geen standaard koelmachine hoeft worden aangeschaft. Het besparen van 1 m<sup>3</sup> aeq op 1 m<sup>2</sup> kost met dit maatregelenpakket ca.  $(113 \text{ [fl/m}^2] / 9,0 \text{ [m}^3] =) \text{ fl. } 12,60$ . Op basis van een elektriciteits- en een gasprijs van respectievelijk 0,12 ct/kWh en 0,58 ct/m<sup>3</sup> zal de terugverdientijd van het gehele pakket rond de 25 jaar bedragen.

#### 4.5 Leisure

Bij een aantal horecagelegenheden zoals restaurants is informatie verzameld over gasverbruik en elektriciteitsgebruik. Ook gegevens uit BIK 95 waren bruikbaar. De zeer hoog gebleken warmtebehoefte wordt hier vooral veroorzaakt door de grote vraag aan warm tapwater (keukens!). Verlichting, apparatuur en ventilatie zijn met elkaar oorzaak van de hoge elektriciteitsvraag. Goede klimaatbeheersing wordt in restaurants vaak belangrijk gevonden waardoor koeling in deze branche ook veelal aanwezig zal zijn. In onderstaande tabel is het energiegebruik gegeven in de referentiesituatie.

*Tabel 11: Specifieke energiebehoefte, primair energiegebruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot in het referentiescenario voor leisure*

	specifieke energiebehoefte	aardgas equivalenten	CO <sub>2</sub> -uitstoot
	kWh/m <sup>2</sup>	x 1000 m <sup>3</sup>	ton
verwarmen	300	505	895
elektrisch	110	370	655
koelen	5	15	30

De hoge energiebehoefte voor warm tapwater is moeilijk te reduceren aangezien de huidige apparatuur voor bereiding van warm tapwater al zeer efficiënt is en de vraag aan warm tapwater vraag moeilijk te beïnvloeden is. De verwarmingsvraag kan bij de horecabedrijven nog wel iets worden verminderd door verbetering van de kwaliteit van glas en afdichtingen en door warmteterugwinning op het ventilatiesysteem. De hoge elektriciteitsvraag kan worden bestreden door aanwezigheidsschakelingen waarvoor pasjessystemen kunnen worden gebruikt. Denk hierbij vooral aan hotels waar dit zinvol zal zijn. Uiteraard zijn efficiënte armaturen ook hier van belang om te besparen op verlichtingsenergie.

Tabel 12: Primair energiegebruik in het vermijdend scenario voor leisure

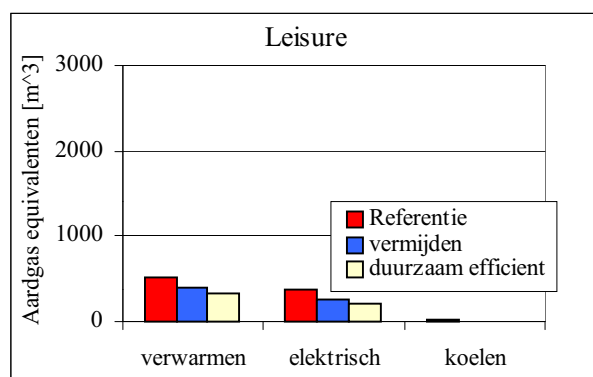
	aardgas equivalenten
	x 1000 m <sup>3</sup>
verwarmen	405
elektrisch	260
koelen	10

In de horeca bestaat een groot deel van de warmtevraag uit warmwater. Deze warmtevraag kan voor 40% worden gedekt door het gebruik van zonneboilers. Het gebruik van ruimtes voor horeca, theaters en disco's is vaak relatief kortstondig. Een goed beheer van de ruimtes door middel van bewakings- en gebouwbeheerssystemen kan veel verwarmings- en verlichtingsenergie besparen. De combinatie van fitness en een zwembad biedt goede kansen voor de koelmachine/warmtepomp (koelen fitness en gelijktijdig verwarmen zwembad).

Tabel 13: Primair energiegebruik in het duurzaam efficiënte scenario voor leisure

	aardgas equivalenten
	x 1000 m <sup>3</sup>
verwarmen	325
elektrisch	210
koelen	10

In onderstaande grafiek is voor leisure een overzicht gegeven van de het primaire energiegebruik door verwarming, elektriciteitsgebruik en koeling in het referentiescenario, het vermijdend scenario en het duurzaam efficiënte scenario.



Figuur 15: Primair energiegebruik voor leisure in het referentie scenario, het vermijdend scenario en het duurzaam efficiënte scenario

Het maatregelenpakket voor leisure bestaat uit de volgende elementen:

- warmteterugwinning uit ventilatielucht bespaart ca. 10% op de totale warmtevraag;
- toepassen van zonneboilers zorgt voor een verdere reductie van 20% op de totale verwarmingsenergie;
- een pasjes systeem gekoppeld met een goed gebouwbeheer systeem kan zorgen voor een efficiënte aanwezigheidsregistratie waarop apparatuur geschakeld kan worden. Zo kan bijvoorbeeld verwarming, koeling en verlichting worden uitgezet wanneer niemand in een hotelkamer aanwezig is. Een dergelijk systeem kan een besparing opleveren van 10% op de totale verwarmingsenergie, 20% op de totale elektrische energie en 50% op de totale koel energie;

- efficiënte armaturen en energiezuinige verlichting en het toepassen van zonneboilers besparen respectievelijk 30% op het totale elektriciteitsgebruik en 20% op de totale verwarmingsenergie.

Dit totale pakket levert een besparing op van 26,4 aeq primaire energie.

Het toepassen van warmteterugwinning uit ventilatielucht vereist een investering van ca. 10 fl/m<sup>2</sup>. Het pasjes en gebouwbeheer systeem vereist een investering van ca. 150 fl/m<sup>2</sup>. Efficiënte armaturen en energiezuinige verlichting vereisen een investering van ca. 10 fl/m<sup>2</sup>. Om de energie benodigd voor het opwekken van warmte te reduceren met 20% d.m.v. zonneboilers vereist een investering van ca. 30 fl/m<sup>2</sup>. Dit is sterk afhankelijk van de gebouwworm en de beschikbaarheid van geschikt dakoppervlak. Behalve het pasjes en gebouwbeheer systeem hebben alle maatregelen zichzelf terug verdiend binnen 5 jaar. Het pasjes en gebouwbeheer systeem zal zich binnen 15 jaar hebben terugverdiend. Het besparen van 1 m<sup>3</sup> aeq op 1 m<sup>2</sup> kost met dit maatregelenpakket ca. (200 [fl/m<sup>2</sup>] / 26,5 [m<sup>3</sup>] =) fl. 7,50. Op basis van een elektriciteits- en een gasprijs van respectievelijk 0,23 ct/kWh en 0,30 ct/m<sup>3</sup> zal de terugverdientijd van het gehele pakket rond de 15 jaar bedragen.

#### 4.6 Woningen

ECN heeft veel inzicht in de energiehuishouding van woningen. Op basis van vele simulatieberekeningen, gemeten waarden in verschillende monitoringsprojecten, en beoordeling van energieprestatiecoëfficiënten (Epc's) die voor verschillende soorten woningen zijn gedaan, zijn de kentallen voor een woning berekend. Er is uitgegaan van een tussenwoning met een Epc van 1.0. Dit is de huidige norm die in het bouwbesluit wordt gehanteerd. Tevens is de veronderstelling gedaan dat in de komende 10 jaar de EPC niet verder zal worden aangescherpt. In vergelijking met kantoren is bij woningen verwarming veel belangrijker en spelen koeling en elektriciteitsgebruik voor verlichting een veel minder belangrijke rol.

*Tabel 14: Specifieke energiebehoefte, primair energiegebruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot in het referentiescenario voor woningen*

	specifieke energiebehoefte	aardgas equivalenten	CO <sub>2</sub> -uitstoot
	kWh/m <sup>2</sup>	x 1000 m <sup>3</sup>	ton
verwarmen	80	135	240
elektrisch	30	100	180
koelen	-	-	-

Het blijkt dat het energiegebruik in woningen met name samenhangt met verwarmen. Koelen speelt de geringste rol.

## 5. OPTIMALE ENERGIE-INFRASTRUCTUUR

Om ook daadwerkelijk te komen tot een zo laag mogelijk energiegebruik met minimale CO<sub>2</sub> productie voor deelgebied 4 van het Cornelis Douwes bedrijventerrein, is het noodzakelijk dat er een programma van (groene) eisen (PVE) wordt opgesteld. In dit PVE worden de uitgangspunten en maatregelen die in dit rapport per bedrijfscategorie en gebouw zijn genoemd als uitgangspunt voor de ontwikkeling van het gebied opgenomen. Dit PVE kan onderdeel zijn van het contract tussen gemeente en projectontwikkelaar of toekomstig eigenaar/financier van het gebied. Het PVE is onder te verdelen in twee stukken: stedenbouwkundig en bouwkundig (voor de architecten). In het bouwkundige deel zijn ook installatietechnische eisen opgenomen.

Ten aanzien van de fysieke infrastructuur worden in dit rapport slechts globale aanbevelingen gedaan. Een optimale fysieke infrastructuur kan in detail worden uitgewerkt als ook beheersmatig een optimale infrastructuur aanwezig is. In de derde paragraaf van dit hoofdstuk worden de mogelijke voorwaarden voor een dergelijke beheersvorm geschetst.

### 5.1 Stedenbouwkundig programma van eisen

In dit stedenbouwkundig PVE kunnen de volgende zaken worden vastgesteld:

- de percentages daglichtzones en groenzones (bijvoorbeeld 25%; ook op daken te situeren);
- oriëntatie op het zuiden;
- minimale voorwaarden ten aanzien van lichttoetreding, uitzicht en beschaduwing in het gebied (met name bij strookbebouwing zoals op het kraanportaal);
- de plaats van eventueel te bouwen (duurzame) energiecentrale(s);
- functieverdeling, bijvoorbeeld:
  - kleine industrie in de bedrijfshallen en in de kunstlichtzones;
  - parkeren ondergronds (in de kunstlichtzone);
  - leisure in de bedrijfshallen in de daglichtzones(horeca) en in de kunstlichtzones (theater bioscoop disco);
  - zakelijke dienstverleningen ICT in de hoogbouw (in de daglichtzones) met uitzicht;
- clustering van de installaties van zoveel mogelijk gebouwen;

### 5.2 Bouwkundig programma van eisen

In dit bouwkundig programma van eisen (voor architecten) de volgende aspecten worden opgenomen:

- het maximale glaspercentage;
- de kleur en structuur van gevels;
- installatiekeuzes (bijvoorbeeld lage temperatuurverwarming en hoge temperatuurkoeling);
- minimale afmetingen voor luchtschachten (vergroten van mogelijkheden voor passieve koeling);
- eisen ten aanzien van het comfort (bijvoorbeeld eisen ten aanzien van natuurlijke ventilatie, daglicht en beperkte koeling);

### 5.3 Beheersmatige energie-infrastructuur

In de praktijk kunnen verschillende beheersvormen voor bedrijfsverzamelgebouwen worden onderscheiden. In het volgende schema worden een drietal manieren omschreven waarop de energiekosten worden verrekend. Bij situatie 4 wordt een toestand omschreven die de mogelijkheden voor optimalisering van de energie-infrastructuur sterk kan bevorderen:

Situatie 1	
<p>Het bedrijfsverzamelgebouw (BVG) huisvest een aantal zelfstandige bedrijven van verschillende aard en grootte: in het voorbeeld bedrijf 1, 2, 3, enzovoort. Het gebouw heeft één verbruiksmeter voor gas en één voor elektriciteit. De energienota's van het hele gebouw wordt versleuteld over de huurders op basis van gehuurd oppervlak. Elk bedrijf in het BVG rekent de energie af met de verhuurmakelaar.</p>	
Situatie 2	
<p>Elk bedrijf in het gebouw heeft een eigen verbruiksmeter voor warmte en elektriciteit. Elke huurder rekent af met het energiebedrijf op basis van de meterstanden zonder tussenkomst van verhuurder.</p>	
Situatie 3	
<p>Het energiebedrijf levert, in plaats van gas en elektriciteit, koude, warmte en elektriciteit aan het BVG. Koude, warmte en elektriciteit worden in een hulpcentrale in de nabijheid van het gebouw opgewekt of doorgegeven en geleverd aan het gebouw. Het gebruik van koude warmte en elektriciteit kan per huurder worden gemeten en afgerekend met de verhuurder die op zijn beurt afrekent met het energiebedrijf.</p>	
Situatie 4	
<p>Een "tussenpersoon" koopt energie in of genereert zelf duurzame energie. Vervolgens produceert hij met behulp van deze energie in een eigen energiecentrale koude, warmte en elektriciteit op maat voor de huurders. De tussenpersoon rekent de afgenomen energie af met de huurders op basis van verbruiksmetingen per huurder. De tussenpersoon fungeert als aanspreekpunt voor de gemeente op het gebied doelstellingen ten aanzien van besparing en toepassing van duurzame energie.</p>	

Deze situaties hebben de volgende voor- en nadelen:

Situatie 1: er is geen enkele stimulans om energie te besparen, in tegendeel, een hoog energiegebruik van een bepaalde huurder kost hem bijna niets extra;

Situatie 2: energiebesparing wordt weliswaar beloond met een lagere energierekening maar levert in verhouding met de “core business” van de huurder te weinig op om extra aandacht aan te besteden;

Situatie 3: het energiebedrijf kiest de economisch beste oplossing. Dat is lang niet altijd ook voor het milieu de beste oplossing. Het systeem is star en laat geen optimalisering van bijvoorbeeld koeling toe per huurder.

Situatie 4: de tussenpersoon koopt in het groot energie in, maakt gebruik van het verschil tussen groot- en kleinverbruikertarief en kan investeren in energiebesparende maatregelen omdat hij kan profiteren van de besparing op primaire energie. De gemeente kan gemakkelijk met de tussenpersoon afspraken maken over energiebesparingsdoelstellingen dan met de huurders of met de verhuurder.

Het onderhoud en beheer van de energie-installaties van bedrijfsverzamelgebouwen en de energieafrekening wordt steeds vaker volledig in handen gegeven van een (groot) installatiebedrijf in opdracht van de eigenaar, makelaar of projectontwikkelaar. Het is een relatief kleine stap om de bevoegdheden van een dergelijk bedrijf uit te breiden zodat dit bedrijf in samenspraak met de gemeente, als uitvoerende van de milieuwetgeving, de energievoorziening steeds kan optimaliseren. Een dergelijk bedrijf kan per gebouw of per gebouwencluster worden ingeschakeld. Voor het gemak wordt dit bedrijf of deze tussenpersoon in het vervolg van dit rapport “energiebedrijf Douwes” genoemd.

Ten aanzien van het functioneren van het “energiebedrijf Douwes” zouden de volgende zaken moeten worden vastgelegd:

- de tariefstructuur en de wijze van afrekening;
- de gebruiks- en eigendomsrechten van de fysiek infrastructuur;
- de verrekening van energie-investeringen;
- verplichtingen ten aanzien van de milieuvergunning voor het Cornelis Douwes terrein;
- verplichtingen ten aanzien van aanpassen en optimaliseren van de opwekking van warmte, koude en elektriciteit;
- hoe de gebruikers van gebouwen voor te lichten over optimaal gebruik van gebouwinstallaties (en eventueel ook kantoorinstallaties)

#### 5.4 Bepaling en handhaving van de energieprestatie van het Cornelis Douwes terrein

Op de eerste plaats gelden voor de meeste categorieën bedrijven geen energieprestatie-normen of meerjarenafspraken. "Gewone" kantoren vormen hierop een uitzondering, hiervoor geldt momenteel een energieprestatie-eis van 1.6. Energiebesparing kan in de overige gevallen slechts worden bereikt door middel van het stellen van eisen bij afgifte van een milieuvergunning. Energiebesparende maatregelen kunnen in het kader van de milieuvergunning echter slechts worden afgedwongen vanaf een minimum energiegebruik van 25.000 m<sup>3</sup> of 25.000 kWh per jaar. Voor kantoren en interieurverzorgende bedrijven komt dit energiegebruik ongeveer overeen met een oppervlakte van 400 m<sup>2</sup>. Bij ICT bedrijven minder dan de helft. Vele kleine bedrijven kunnen dus moeilijker worden gebonden aan afspraken over energiebesparende maatregelen en investeringen dan enkele groten.

Men moet zich daarbij realiseren dat in de utiliteitsbouw door projectontwikkelaars een cyclus wordt gehanteerd van maximaal 15 jaar: na die periode wordt een gebouw vaak gerenoveerd en kan het gebruik en dus ook het energiegebruik sterk veranderen. De opbouw van het bedrijventerrein zal waarschijnlijk minstens 5 jaar in beslag nemen. De ICT- maar ook de multimedia en grafische bedrijven veranderen in snel tempo als het gaat om de apparatuur die wordt gebruikt. Het aantal verhuizingen in bedrijfsverzamelgebouwen kan groot zijn. Zeker bij startende bedrijven in de ICT sector is uitbreiding en verhuizing een veelvoorkomend verschijnsel. Flexibiliteit bij de inrichting van bedrijfsverzamelgebouwen is dan ook een sleutelwoord.

Deze flexibiliteit moet ook worden betracht bij de energievoorziening. Zo kan bijvoorbeeld de elektriciteitsbehoefte en de daarmee samenhangende vraag naar koeling sterk variëren van jaar tot jaar.

Uit deze situatieschets blijkt wederom dat het grote voordelen biedt om per gebouw, gebouwencluster of eventueel voor het gehele Cornelis Douwes bedrijventerrein, een energieverzorgend bedrijf (“energiebedrijf Douwes”) in het leven te roepen. Dit bedrijf voorziet het betreffende (deel)gebied van warmte, koude en elektriciteit. Dit bedrijf groeit dus mee met het aantal vierkante meters gebouw dat op dat moment in het deelgebied gerealiseerd is. Met dit bedrijf kunnen in het kader van de milieuvergunning die dan geldig is afspraken worden gemaakt over een optimale energievoorziening. Bovendien kan dit bedrijf beter in spelen op veranderingen in het bedrijvenbestand en de energiebehoefte die daarmee samenhangt. Bij een bepaalde grootte van het bedrijvencomplex kan mits aan bepaalde voorwaarden is voldaan worden overgegaan op bijvoorbeeld decentrale (duurzame) opwekking, uitwisseling van warmte en koude en seizoenopslag.

De gemeente heeft zeggenschap over de ondergrond die de drager is van veel energievoorzieningen (kabels en leidingen). De gemeente is ook de handhaver van de milieuvergunning. Daardoor kan de gemeente een leidende rol spelen bij het instellen van een energieverzorgend bedrijf voor de energievoorziening (“energiebedrijf Douwes”).

## 6. CONCLUSIES

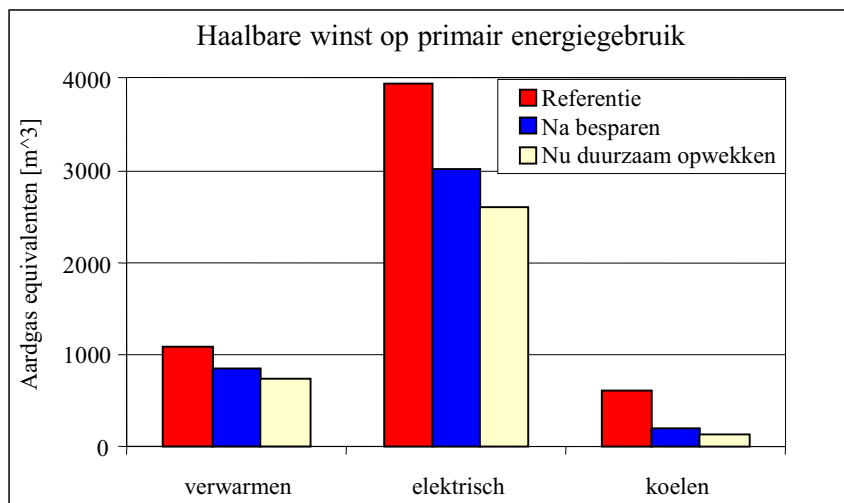
De conclusies zijn onderverdeeld in eindresultaten van te behalen energiebesparingen en aanbevelingen over de manier waarop de resultaten gehaald kunnen worden.

### 6.1 Totale reductie energiegebruik vermijndend en duurzaam efficiënt scenario

Het totale jaarlijks primair energie gebruik bedraagt in het referentiescenario c.a. 5.616.000 m<sup>3</sup> aardgas en de CO<sub>2</sub>-uitstoot bedraagt ongeveer 9940 ton. In het vermijndend scenario bedraagt het totaal jaarlijks energiegebruik uitgedrukt in aardgas equivalenten van het terrein c.a. 4,1 miljoen m<sup>3</sup> gas, wat overeenkomt met 7170 ton CO<sub>2</sub> uitstoot per jaar. Ten opzichte van de referentiesituatie is meer dan 25% bespaard in het totale primaire energiegebruik.

Na het eerst nemen van maatregelen om zoveel mogelijk energiegebruik te vermijden kan worden gesteld dat t.o.v. het vermijndend scenario nog eens zo'n 15% kan worden bespaard op het primair energiegebruik door duurzame en efficiënte maatregelen. In deze situatie bedraagt het totaal jaarlijks energiegebruik uitgedrukt in aardgas equivalenten van het terrein c.a. 3,5 miljoen m<sup>3</sup> gas, wat overeenkomt met 6124 ton CO<sub>2</sub> uitstoot per jaar. Ten opzichte van de referentiesituatie is dan meer dan 35% bespaard op het totale primaire energiegebruik.

In onderstaande figuur zijn de totale hoeveelheden primair energiegebruik per scenario aangegeven.



Figuur 16: het totale energiegebruik uitgedrukt in aardgasequivalenten voor de 3 scenario's

De winst op het primaire energiegebruik is dan nog exclusief duurzame elektriciteitsproductie zoals windturbines en zonnepanelen.

### 6.2 Optimale energie-infrastructuur

Een energie-infrastructuur is optimaal wanneer op de beste manier kan worden voldaan aan de energievraag. Uit de vorige paragraaf blijkt dat de energievraag ten opzichte van het referentiescenario met meer dan 35% kan worden gereduceerd. Uit dit rapport is verder gebleken dat de energievraag sterk afhangt van de voorwaarden die door de stedenbouwkundige structuur worden geschapen. De voor en nadelen van het eerste en tweede stedenbouwkundig plan werden in dit rapport besproken. Bouwkundige varianten en het gebruik van het gebouw hebben ook grote invloed op het energiegebruik. Voorafgaand aan het bepalen van de optimale energie-infrastructuur is het daarom van belang stedenbouwkundig en bouwkundig de juiste voorwaarden te scheppen voor het terugdringen van de energievraag. In dit rapport is hiertoe een poging gedaan in de vorm van aanbevelingen voor programma's van eisen voor stedenbouwkundige en architect.



Vervolgens werd in dit rapport stilgestaan bij manier waarop een bedrijventerrein zich ontwikkelt en welke factoren en actoren een rol spelen bij de energievoorziening. Al deze zaken bij elkaar nemend kan men concluderen dat het mogelijk lage en sterk variërende energiegebruik van het Cornelis Douwes terrein deelgebied 4 geen grootschalige infrastructuur voor warmte en/of koude rechtvaardigt. Distributie van gas en elektriciteit lijkt op voorhand voldoende. Een sub-infrastructuur per gebouw of gebouwencluster, beheerd door een hiertoe in het leven geroepen bedrijf lijkt de optimale oplossing. Dit “energiebedrijf Douwes” kan flexibel inspelen op de groei van het bedrijventerrein, afhankelijk van de soort bedrijven die zich vestigen en de situatie op de energiemarkt. Dit kan resulteren in gecombineerde opwekking van warmte en koude, opwekking van elektriciteit en warmte, duurzame energie, enzovoorts voor het betreffende gebouw(-encluster). De gemeente kan via dit “energiebedrijf” eisen stellen aan de eigenaar of beheerder van het gebouw of de gebouwencluster in het kader van de milieuwetgeving. Vervolgens voert het bedrijf die maatregelen uit die nodig zijn voor een optimale energievoorziening en die zich binnen 5 jaar terugverdienen. Deze termijn wordt genoemd in de Algemene Maatregel van Bestuur voor woon- en verblijfsgebouwen waaronder de meeste ruimten vallen en in de milieuvergunning. De meeste maatregelen die in dit rapport worden genoemd kunnen op deze wijze worden geadviseerd en desnoods worden afgedwongen.

De EPN en de EPL zijn minder geschikte instrumenten voor het kwantificeren van het energiegebruik omdat de EPN op veel bedrijven niet van toepassing is. Bovendien is de rekenwijze van de EPN met name op het gebied van de koelenergie die voor dit gebied zo belangrijk is niet zuiver. De EPL berust gedeeltelijk op de EPN en is daarom ook minder geschikt.

Door vooral te kijken naar maatregelen met een korte terugverdientijd en een aantal bouwkundige maatregelen te nemen, kan deels al worden ingespeeld op de mogelijke functieverandering die gaat plaats vinden van bedrijfsfunctie naar woningfunctie. Een belangrijk probleem blijft het zeer uiteenlopende energievraagpatroon van woningen en bedrijven.

## BIJLAGE 1

### Specifiek energiegebruik kWh/m<sup>2</sup>

	Kleine industrie	ICT	Zakelijke dienstverlening	Leisure
verwarmen	49	6	40.5	300
elektrisch	60	150	70	110
koelen	1	40	3	5

BVO [m <sup>2</sup> ]	50000	60000	55000	15000
-----------------------	-------	-------	-------	-------

### Equivalenten gas x1000 m<sup>3</sup> aardgas

Referentie	Kleine industrie	ICT	Zakelijke dienstverlening	Leisure
verwarmen	276	40	251	506
elektrisch	675	2025	866	371
koelen	11	540	37	17
CO2 uitstoot (ton)	1702	4612	2042	1583

Kleine industrie			
	Referentie	vermijden	vermijden
verwarmen	276	20%	220
elektrisch	675	5%	641
koelen	11	100%	0

opwekken	duurzaam efficiënt
0%	220
25%	481
0%	0

ICT			
	Referentie	besparing	vermijden
verwarmen	40	40%	24
elektrisch	2025	30%	1417
koelen	540	70%	162

opwekken	duurzaam efficiënt
0%	24
5%	1347
25%	121

Zakelijke dienstverlening			
	Referentie	besparing	vermijden
verwarmen	251	20%	200
elektrisch	866	20%	693
koelen	37	50%	19

opwekken	duurzaam efficiënt
20%	160
20%	554
40%	11

Leisure			
	Referentie	besparing	vermijden
verwarmen	506	20%	405
elektrisch	371	30%	260
koelen	17	50%	8

opwekken	duurzaam efficiënt
20%	324
20%	208
0%	8

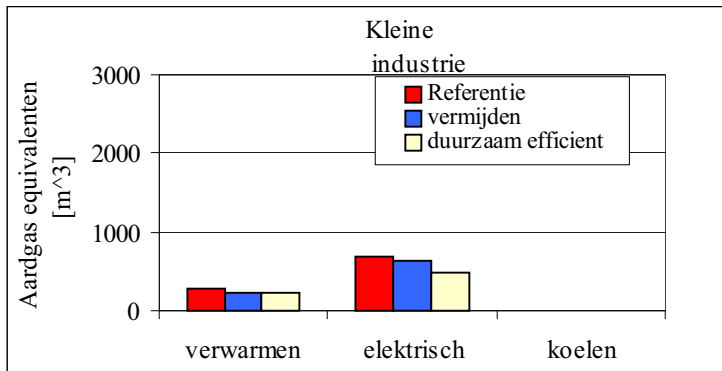
	gas x1000 m <sup>3</sup>	ton CO2	geld (grof) 60 ct/m <sup>3</sup>
Totaal voor besparing	5616	9940	3,369,389
Totaal na besparing	4051	7170	2,430,510
Totaal na duurzaam efficiënt	3460	6124	2,076,045
verschil	1565	2770	fl 938,880

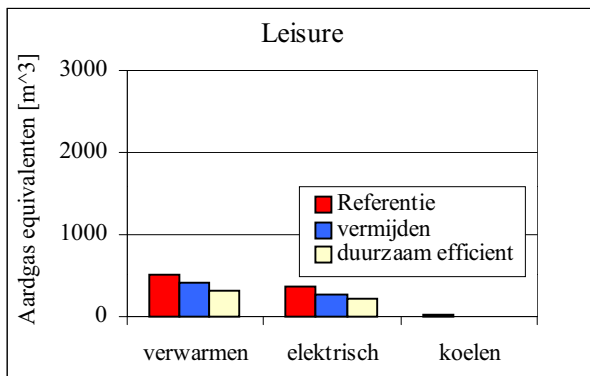
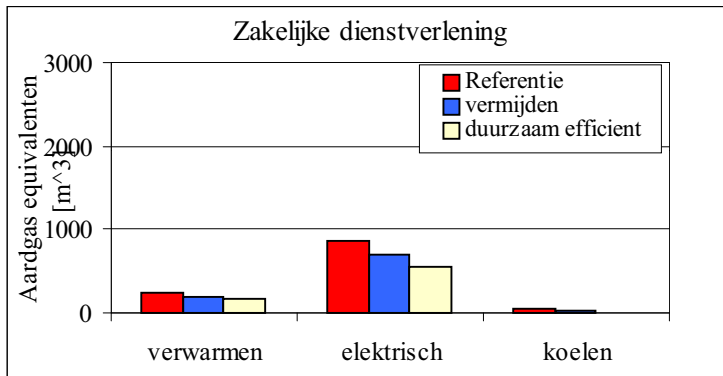
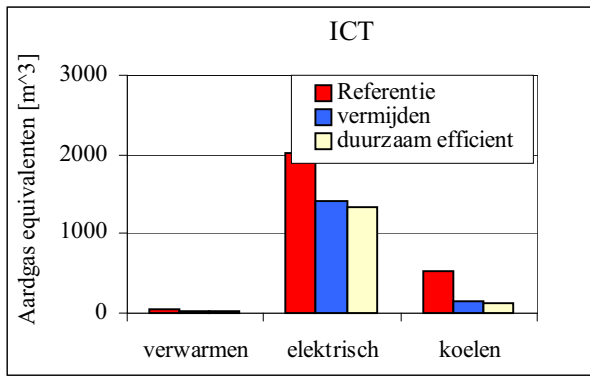
**Equivalenten gas** x1000 m<sup>3</sup>  
aardgas

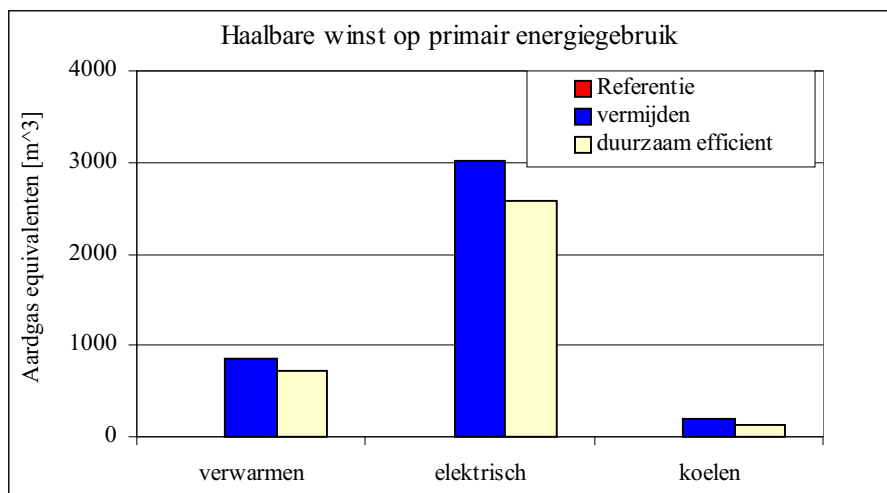
<b>Na vermijden</b>	Kleine industrie	ICT	Zakelijke dienstverlening	Leisure
verwarmen	220	24	200	405
elektrisch	641	1417	693	260
koelen	0	162	19	8
CO2 uitstoot (ton)	1525	2839	1614	1192

**Equivalenten gas** x1000 m<sup>3</sup>  
aardgas

<b>Nu duurzaam opwekken</b>	Kleine industrie	ICT	Zakelijke dienstverlening	Leisure
verwarmen	220	24	160	324
elektrisch	481	1347	554	208
koelen	0	121	11	8
CO2 uitstoot (ton)	1242	2642	1285	956







**Kleine industrie**

Stel energieprijzen	0.23 ct/kWh	elektrisch	
	0.58 ct/m <sup>3</sup>	gas	

*Maatregelen pakket:* efficiënte verlichting en armaturen + Extra schilisolatie

besparing door verlichting	25%		
Totale besparing	15 kW/m <sup>2</sup> .jaar	in geld	3.45 gulden/jaar
Totale investering	10 fl/m <sup>2</sup>		
Terugverdientijd	2.9 jaar		

Besparing door opt. Isol.	20%		
Totale besparing	9.8 kWh/m <sup>2</sup> .jaar	in geld	0.639442 gulden/jaar
Totale investering *	20 fl/m <sup>2</sup>		
Terugverdientijd	31.3 jaar		

Getal uitkomstig uit Noordersluisprestatie: Rc van 3.1 naar 5.3, glas van 1,9 naar 1,1: I/A = 3,3  
 Kosten noordersluis isolatie zijn 25 fl/m<sup>2</sup>.

<b>ICT</b>				
Stel energieprijzen		0.12 ct/kWh	elektrisch	
		0.58 ct/m <sup>3</sup>	gas	
<i>Maatregelen pakket:</i>				
		Passieve maatregelen door aanpassingen aan het gebouw		
		Afzuigventilatie bij warmtebronnen en zomernacht ventilatie		
		Koelen d.m.v. solar cooling		
		Warmteterugwinning		
Besparing door warmteterugwinning	door	40%		
Totale besparing		2.4 kWh/m <sup>2</sup> .jaar	in geld	0.156598 gulden/jaar
Totale investering		30 fl/m <sup>2</sup>		
Terugverdientijd		191.6		
Besparing door Afzuigventilatie bij warmtebronnen en zomernacht ventilatie en solarcooling				
		95%		
Totale besparing		38 kWh/m <sup>2</sup> .jaar	in geld	4.56 gulden/jaar
Totale investering		100 fl/m <sup>2</sup>		
Terugverdientijd		21.9		
Besparing door gebruikers				
Totale besparing		kWh/m <sup>2</sup> .jaar	in geld	gulden/jaar
Totale investering		fl/m <sup>2</sup>		
Terugverdientijd				
Terugdringen van elektrisch energiegebruik door gedrag met 20%				

<b>Zakelijke dienstverlening</b>					
		0.12 ct/kWh		elektrisch	
		0.58 ct/m <sup>3</sup>		gas	
Maatregelenpakket:	Optimaliseren van gebouwschil				
	Warmteterugwinning				
	Efficiënte verlichting en armaturen				
	Zomernachtventilatie				
	Warmtepompsysteem				
	Efficient koelen				
Besparing	door	10%			
warmteterugwinning					
Totale besparing		4.1 kWh/m <sup>2</sup> .jaar		in geld	0.264259 gulden/jaar
Totale investering		10 fl/m <sup>2</sup>			
Terugverdientijd		37.8			
Optimaliseren van gebouwschil		10%			
Totale besparing		4.1 kWh/m <sup>2</sup> .jaar		in geld	0.264259 gulden/jaar
Totale investering		10 fl/m <sup>2</sup>			
Terugverdientijd		37.8			
Efficiënte verlichting en armaturen		20%			
Totale besparing		14 kWh/m <sup>2</sup> .jaar		in geld	1.68 gulden/jaar
Totale investering		8 fl/m <sup>2</sup>			
Terugverdientijd		4.8			
Efficient verwarmings en koelsysteem					
besparing		90% koel		5.4	0.324
besparing		20% verwarmen		8.1	4.698
Totale besparing		13.5 kWh/m <sup>2</sup> .jaar			
Totale investering		25 fl/m <sup>2</sup>			
Terugverdientijd		5.0			
Referentie:	NOORDERSLUIS				

Leisure			0.23 ct/kWh	elektrisch
Maatregelenpakket		Warmteterugwinning Pasjes systemen/gebouwbeheer Efficiënte verlichting en armaturen Zonneboilers	0.3 ct/m <sup>3</sup>	gas
Besparing warmteterugwinning	door	10%		
Totale besparing		30 kWh/m <sup>2</sup> .jaar	in geld	9 fl/jaar
Totale investering		10 fl/m <sup>2</sup>		
Terugverdientijd		1.1		
Besparing pasjes/gebouwbeheer	door	10% verwarmen	prim 30	9
Besparing		20% elektrisch	44	5.06
Besparing		50% koelen	5	0.575
Totale besparing		79 kWh/m <sup>2</sup> .jaar		
Totale investering		150 fl/m <sup>2</sup>		
Terugverdientijd		10.2 jaar		
Efficiënte verlichting en armaturen		30%		
Totale besparing		33 kWh/m <sup>2</sup> .jaar	in geld	7.59
Totale investering		10 fl/m <sup>2</sup>		
Terugverdientijd		1.3 jaar		
Zonneboilers		20%		
Totale besparing		60 kWh/m <sup>2</sup> .jaar	in geld	18
Totale investering		30 fl/m <sup>2</sup>		
Terugverdientijd		1.7		