



---

|   |    |
|---|----|
| INLEIDING.....  | 2  |
| 1.1 Doel van dit dictaat .....  | 2  |
| 1.2 Integratie en optimalisatie.....  | 2  |
| 1.2.1 Problemen en oplossingen .....  | 2  |
| 1.2.2 Ontwerpdoelen .....   | 2  |
| 1.2.3 Afstemming op gebruik .....   | 3  |
| 1.2.4 Technisch uitvoerbaar .....   | 3  |
| 1.2.5 Financieel haalbaar 1.2.5.1 Investering en exploitatie .....  | 3  |
| 1.2.5.2 Status en belang versus investering .....   | 3  |
| 1.2.6 Maatschappelijk verantwoord .....   | 3  |
| 1.2.7 Installaties als vormgevingsmiddel.....   | 4  |
| 1.2.8 Klimaat als vormgevingsmiddel .....   | 5  |
| 1.3 Ontwerpmethode gericht op optimalisatie.....  | 6  |
| 1.4 Methode van integratie van gebouw- en installatie-ontwerp.....  | 6  |
| 1.4.1 Ontwerpproces .....   | 6  |
| 1.4.2 "Sequentiële" methode.....  | 6  |
| 1.4.3 "Conditionele" methode .....  | 7  |
| 1.4.4 "Integrale" methode .....   | 7  |
| 1.5 Schaalniveaus van integratie .....  | 8  |
| SCHEMA INTEGRATIE GEBOUW EN KLIMAAT INSTALLATIES .....  | 9  |
| INTEGRATIE KLIMAATINSTALLATIES IN EERSTE RUIMTELIJKE PLAN (op grond van<br>ruimte-typering en typering van installatie-systeem) ..... | 10 |
| 1. Inleiding .....  | 10 |
| 2. Methode van aanpak .....   | 11 |
| Waarschuwing .....  | 11 |
| 3. Ruimtetypering en svsteemkeuze.....  | 12 |
| Tabel 1 Ruimtetypering.....   | 12 |
| Tabel 2 Typering klimaatbeheersingstysteem .....  | 12 |
| Tabel 3 Indicatie type klimaatbeheersingstysteem voor verschillende ruimtefuncties<br>.....   | 13 |
| NOODZAKELIJK TYPE KLIMAATINSTALLATIE AFHANKELIJK VAN (COMBINATIE VAN)<br>FACTOREN.....  | 14 |



## INLEIDING

### 1.1 Doel van dit dictaat

Dit dictaat is bedoeld om inzicht te geven in de fysische, bouwkundige en installatietechnische aspecten van het klimatiseren van gebouwen. Dit inzicht is nodig om - gegeven de vele functionele en maatschappelijke doelstellingen van gebouwen - tot ontwerp keuzes te kunnen komen die leiden tot een optimaal doelbereik. Het dictaat beperkt zich tot hoofdlijnen en bouwt voort op de kennis van installatiesystemen zoals die bij Blok 5 [1] en Blok 9 [2] is behandeld.

### 1.2 Integratie en optimalisatie

#### 1.2.1 Problemen en oplossingen

Integratie betekent: het maken tot, of het opnemen in, één geheel. Het doel van integratie is: het realiseren van de doelstellingen van het geheel. Dat geldt ook voor gebouwen. Gebouwen bestaan uit delen met - voor die delen - specifieke doelen. De draagconstructie bijvoorbeeld is het deel dat het gebouw zijn draagvermogen en stabiliteit moet geven. Het gebouw zelf is een deel van een groter geheel, bijvoorbeeld van een bedrijf, omdat in het gebouw een fabricageproces is ondergebracht. Het doel van het bedrijf kan in dat geval zijn: produceren tegen aanvaardbare kosten. Het bedrijf is op zijn beurt een deel van een groter geheel: de maatschappij met zijn maatschappelijke doelen, etc. Naarmate de schaal van "het geheel" groter is, zijn de doelen abstracter en daardoor lastiger te vertalen in concrete oplossingen. Lastig ook, omdat ontwerpen een proces is waarbij meer in "oplossingen" dan in "problemen" wordt gedacht. Om te bewerkstelligen dat met het gebouwwontwerp zowel de doelstellingen van de delen als de doelstellingen van het geheel worden gerealiseerd, zouden gebouwwontwerpers zich steeds bewust moeten zijn dat **het optimale bereik van alle doelen** hét probleem is waarvoor bij het ontwerp proces dé oplossing moet worden gevonden. Dat is niet eenvoudig. Alle ontwerp-, uitvoerings-, exploitatie- en maatschappelijke processen hangen met elkaar samen en beïnvloeden de keuzes - en worden beïnvloed door de keuzes - die bij het ontwerp worden gemaakt [3]. Helaas is het voor niemand mogelijk dit complexe geheel in zijn volle omvang te overzien. Voor volledig overzicht, met informatie over alle consequenties van alle ontwerpkeuzes, zou een allesomvattend geautomatiseerd informatiesysteem nodig zijn. Gedachten over de ontwikkeling van zo'n "meta-ontwerpomgeving" zijn er wel en worden ook onderzocht [4]. Voorlopig moeten we het doen met het inzicht zover als dat nu reikt. Dat inzicht is overigens niet gering.

#### 1.2.2 Ontwerpdoelen

Voor de beheersing van het binnenklimaat zijn tal van systemen beschikbaar, zie o.a. [2]. Niet al die systemen komen altijd of in een zelfde mate in aanmerking. Dat heeft enerzijds te maken met de vormgeving, constructie, materialisatie en het gebruik van het gebouw. Anderzijds hangt dat samen met de vele andere doelen die met gebouwen - inclusief hun klimaatinstallaties - moeten worden gerealiseerd. Dat betekent dat bij het kiezen van een oplossing voor een klimaatbeheersingsvraagstuk - dat kan een installatie of een bouwkundige voorziening zijn - in ieder geval steeds die doelen moeten worden beschouwd die een relatie hebben met de klimaatbeheersing. Voorzover dat is te overzien, en met de eigen ontwerpbeslissingen is te beïnvloeden, moet de gekozen klimaatbeheersingsoplossing daarom ten minste [5]:

- zijn afgestemd op het gebruik,
- technisch uitvoerbaar zijn,
- financieel haalbaar zijn,
- maatschappelijk verantwoord zijn,
- vormgeving ondersteunen.

Pas als al deze doelen in iedere fase van het ontwerp consequent en in samenhang



worden nagestreefd mogen we spreken van een integraal ontwerp. Dat wil niet zeggen dat dit streven altijd tot volledig bereik van alle gestelde doelen leidt. Het doelbereik op het ene gebied gaat nu eenmaal vaak ten koste van doelbereik op een ander gebied. In het gunstigste geval is sprake van een optimum. Dat is als alle doelstellingen - ten opzichte van elkaar - in een evenwichtige mate zijn gerealiseerd. Feitelijk is het resultaat van iedere afweging een compromis (zie ook paragraaf 1.2.7). Daardoor is elk gebouw - per definitie - één groot complex van compromissen.

### **1.2.3 Afstemming op gebruik**

Voldoende afgestemd op het gebruik houdt in, dat de installaties het binnenklimaat kunnen beheersen binnen de - voor het gebruik - noodzakelijke grenzen. Daarvoor moeten de installaties primair voldoende vermogen hebben. Om dit vermogen te kunnen bepalen moeten de grenzen goed gedefinieerd zijn en moet duidelijk zijn onder welke omstandigheden die grenzen moeten worden gehaald. De omstandigheden in het gebouw worden zowel door interne als door externe factoren beïnvloed. Extern zijn dat meteorologische factoren. Intern zijn het warmte- en stoffenafgevendende processen, materialen, apparaten en personen. Voor een goede afstemming van de installaties op de omstandigheden moet dus duidelijk zijn hoeveel personen het gebouw - en de afzonderlijke ruimten daarin - zullen gebruiken en welke thermische en chemische belasting de apparaten, materialen en processen geven. Het gaat echter ook om de installaties zelf. Ze kunnen afhankelijk van het gebruik - een belastingsbron zijn, bijvoorbeeld door tocht of geluidhinder. Daarom behoren ook deze binnenmilieu-aspecten op het gebruiksdoel te zijn afgestemd.

### **1.2.4 Technisch uitvoerbaar**

Het doel van klimaatinstallaties is, het ondersteunen van de gebruiksfuncties van het gebouw. Om dit doel te realiseren, moeten de installaties goed zijn ontworpen. Ze moeten echter ook te maken zijn, in de fabriek of op de bouwplaats. Het liefst zonder dat daarvoor ingewikkeld werk moet worden gedaan of door monteurs halsbrekende toeren moeten worden verricht. Om hun doel **blijvend** waar te maken moeten de installaties goed bereikbaar blijven voor bediening, controle, onderhoud, en vervanging. Verder moeten de installaties eenvoudig zijn aan te passen aan andere gebouw-indelingen, functies of eisen. Ook dat vraagt om een goede bereikbaarheid. De praktijk wijst uit dat, als gevolg van een slechte bereikbaarheid, het noodzakelijke preventieve onderhoud vaak niet wordt uitgevoerd. Dit kan op termijn gevolgen hebben voor het functioneren van de installaties en dus voor de toekomstwaarde van het gebouw als geheel.

### **1.2.5 Financieel haalbaar 1.2.5.1 Investering en exploitatie**

Financieel haalbaar houdt in, dat de investering - eigenlijk de prijs/prestatie-verhouding - aanvaardbaar is. Over prijzen is veel bekend, over prestaties minder. Het gevolg is vaak dat aan prijzen wordt gesleuteld zonder dat naar de consequenties - in termen van prestaties - wordt gekeken. Bij het beschouwen van de financiële haalbaarheid moeten ook de exploitatiekosten en de afschrijving worden meegewogen. Feitelijk gaat het om de totale levensduurkosten, zie o.a. [2].

### **1.2.5.2 Status en belang versus investering**

De haalbaarheid wordt sterk bepaald door de beschikbare middelen (de te investeren geldbedragen), die op hun beurt zijn gekoppeld aan de beoogde status (mate van aanzien, representatie e.d.) of aan het belang van het project (mate van doelbereik, continuïteit). Is er sprake van een hoge status of een groot belang, dan moet dit eveneens in de functieondersteunende installaties tot uitdrukking komen. Anders ontstaat een onevenwichtig project dat uiteindelijk in het gebruik zijn status of belang niet waarmaakt. Een ketting is zo sterk als de zwakste schakel.

### **1.2.6 Maatschappelijk verantwoord**

Een maatschappelijk verantwoorde keuze houdt in, dat het gebouw met zijn installaties:



- een aanvaardbaar energiegebruik met zich meebrengt,
- een aanvaardbare milieubelasting tot gevolg heeft,
- waar mogelijk gebruik maakt van duurzame materialen, hulpmiddelen en energiebronnen.

We hebben hier te maken met doelstellingen die niet eenvoudig zijn te vertalen in concrete ontwerpregels. Complicerend is daarbij dat de "publieke opinie" verdergaande maatregelen lijkt te willen, dan de maatregelen die de maatschappij zichzelf - door middel van wet- en regelgeving oplegt. Bovendien is die wet- en regelgeving niet in alle opzichten consequent. Het Bouwbesluit bijvoorbeeld dwingt m.b.v. energieprestatie-eisen tot beperking van het energiegebruik voor klimaatbeheersing. Deze eisen worden evenwel afhankelijk gesteld van het toegepaste klimaatbeheersingssysteem. Daardoor bestaan relatief grote vrijheden t.a.v. de toepassing van gebouwwormen en -constructies. Ook van vormen en constructies die de toepassing van klimaatbeheersingssystemen nodig maken die veel energie gebruiken om aan de gestelde binnenklimaat-eisen te kunnen voldoen. Anno 1996 zijn er geen wettelijke regels die dwingen tot beperking van het energiegebruik van computers e.d. De elektrische energie die deze apparaten gebruiken, wordt vrijwel volledig omgezet in warmte. Dat betekent dat, als deze apparaten onnodig veel energie gebruiken, dit eveneens tot onnodige koeling en dus tot onnodig gebruik van koelenergie kan leiden. Het onnodige energiegebruik is dan twee maal onnodig. Welke inhoud precies aan de maatschappelijke doelstellingen wordt gegeven, zal veelal afhangen van de inhoud die de opdrachtgever en de architect er gezamenlijk aan willen geven.

### **1.2.7 Installaties als vormgevingsmiddel**

Dit dictaat beschouwt gebouwinstallaties als elementen die de primaire functies van gebouwen ondersteunen. In die visie is vormgeving ook ondersteunend. Op het primaire doelstellingsniveau behoeven derhalve geen strijdigheden te worden verondersteld. Dat wil niet zeggen dat installaties en vormgeving nooit strijdig zijn en er dus nooit keuzes behoeven te worden gemaakt.

Installaties kunnen - net als draagconstructies en andere constructieve delen van gebouwen worden gebruikt als vormgevingsmiddel. Een extreem voorbeeld is het Centre Pompidou te Parijs. Bij dit gebouw werden delen van de klimaat- en transportinstallaties aan de buitenkant van het gebouw aangebracht. De installaties werden op die manier zelfs beeld bepalend, overigens zonder dat het de bedoeling was om aan de doelmatigheid van de installaties concessies te doen. Minder extreem en minder in het oog springend, zijn radiatoren waarmee het vlak van borstweringen zijn ingevuld. Gebouwen worden op grond van de huidige bouwregelgeving thermisch zo goed geïsoleerd dat voor de verwarming vaak kan worden volstaan met miniradiatortjes die in het beeld bijna wegvallen tegenover hun aansluitleidingen. Door grotere radiatoren te kiezen - met een lagere watertemperatuur - wordt geen concessie gedaan aan de doelmatigheid van de radiatoren. Het kost alleen iets meer. Risicovoller is het positioneren van luchtkanalen en -roosters op grond van een gewenst beeld. Niet nauwkeurig in de ruimte geplaatste toevoerroosters kunnen namelijk tocht veroorzaken (zie paragraaf 4.4.7) waardoor ze uit comfortoverwegingen niet doelmatig zijn. Dat is een ongewenste concessie, althans als naar comfortabele ruimten wordt gestreefd.

Functioneel gezien is er geen verschil tussen luchtkanalen "in het zicht" en luchtkanalen die in verlaagde plafonds of wanden zijn opgenomen. Er zijn wel verschillen. Zo dwingen luchtkanalen "in het zicht" doorgaans tot een nauwkeuriger afwerking, terwijl bij de montage veel voorzichtiger met het materiaal moet worden omgegaan om deuken te voorkomen. Het risico van deuken blijft ook na montage bestaan, omdat luchtkanalen uit relatief dunne staalplaat worden gemaakt. Feitelijk zouden kanalen "in het zicht" uit dikker plaatmateriaal moeten worden gemaakt. De machines waarmee kanalen worden gefabriceerd vormen de beperkende factor. Het accepteren van "eerlijke" kanalen met hier en daar een deukje behoort ook tot de mogelijkheden. Luchtkanalen moeten vaak



thermisch worden geïsoleerd. Daarvoor kan het meest simpele en goedkope materiaal worden gebruikt, zoals minerale wol afgedekt met aluminiumfolie. Bij kanalen "in het zicht" zal dergelijke weinig fraaie en kwetsbare - isolatie met een speciale mantel moeten worden afgewerkt.

Omdat luchtkanalen relatief veel volume hebben, wordt hun positie "in het zicht" vaak sterk door het gewenste beeld bepaald. Dat hoeft bij kanalen, die alleen luchttransport als functie hebben, niet ten koste te gaan van de doelmatigheid. Moet met de kanalen lucht in de ruimte worden verspreid, bijvoorbeeld via direct op de kanalen aangebrachte toevoerroosters, dan is de positie uit comfortoverwegingen van het grootste belang. Dat betekent dat - als naar comfortabele ruimten wordt gestreefd - aan de plaats van de kanalen (eigenlijk de plaats van de luchttoevoerpunten) geen concessies mogen worden gedaan.

Bij vormgeving kan zowel naar een functionele als een ruimtelijke integratie van installaties en het gebouw worden gestreefd. Bijvoorbeeld kunnen liggers of kolommen geschikt worden gemaakt om als luchtkanaal te dienen. Moet via deze constructieve elementen lucht in de ruimte worden verspreid, dan is strijdigheid van de functionele doelen niet ondenkbeeldig. Bijvoorbeeld vanwege de plaats van de liggers of de kolommen in de ruimte. Ook hier geldt dat - als naar comfortabele ruimten wordt gestreefd - aan de plaats van de kanalen (eigenlijk de plaats van de luchttoevoerpunten) geen concessies mogen worden gedaan.

### **1.2.8 Klimaat als vormgevingsmiddel**

Architectuur richt zich meestal - en met nadruk - op wat gezien wordt. Vaak wordt vergeten dat gebouwen, en meer in het bijzonder de ruimten in gebouwen, ook met andere zintuigen worden waargenomen. Wordt hieraan geen aandacht besteed, dan ontstaat het risico van onbehaaglijke ruimten. Het vergeten kan ook betrekking hebben op de mogelijkheden om met het ontwerp bewust andere - dan alleen visuele - ervaringen bij de gebouwgebruikers teweeg te brengen.

Een traditioneel gebouwde kerk bijvoorbeeld heeft een ruimte waarvan de afmetingen "hoorbaar" zijn. Met gesloten ogen ontstaat door nagalm en echo's een "beeld" van de ruimte. Een kerk wordt op die manier anders waargenomen dan bijvoorbeeld een woonkamer, waarin een dergelijke akoestiek ondenkbaar, maar ook onacceptabel is. Verder ruikt een kerk anders. De geur van houten kerkbanken, boenwas, kaarsvet, wierook e.d. horen onmiskenbaar bij een traditioneel gebouwde kerk. Ook het klimaat - vaak kil en tochtig - is herkenbaar.

Bij verblijfsruimten, zoals een woonkamer of een kantoorvertrek, hoort een comfortabel thermisch klimaat. Het klimaat is comfortabel als geen warmte of koude wordt gevoeld. Dat is ook het klimaat waar het menselijk organisme in zijn overlevingsstrategie naar streeft. Een (onbehaaglijk) gevoel van warmte of koude is een signaal dat waarschuwt voor gevaar van oververhitting of onderkoeling. Dit signaal dwingt het organisme tot een gedrag waarbij naar behaaglijkheid wordt gestreefd. Onbehaaglijkheid heeft dus een duidelijke functie en dient een duidelijk doel.

Zintuiglijke ervaringen zijn ten dele gebaseerd op het waarnemen van verschillen. Hoewel het menselijk organisme zich verzet tegen blootstelling aan warmte en koude, zijn er situaties waarbij het gevoel van warmte of koude juist als behaaglijk wordt ervaren. Ook dit past in de overlevingsstrategie. Zo'n situatie doet zich voor direct nadat mensen vanuit een te koude in een warmere ruimte komen. Als deze warmere ruimte een comfortabele temperatuur heeft, wordt de warmte na enige tijd niet meer gevoeld. Het is als bij muziek. Na een luide passage met harde klanken, brengt een zachte melodie van harmoniërende tonen een aangename ontspanning teweeg. Zonder de harde intermezzo's zouden de emoties gematigder zijn of zelfs achterwege blijven. Samengevat: de perceptie van omstandigheden wordt door voorafgaande ervaringen



beïnvloed en is duidelijker naarmate de verschillen groter zijn. Vormgevers kunnen van dit gegeven gebruik maken door bewust thermische contrasten tussen ruimten te creëren. Er zijn omstandigheden denkbaar waarin dat functioneel is. Bijvoorbeeld om een ruimte op een bepaalde gewenste manier te laten ervaren of om de behaaglijkheid van andere ruimten ermee te accentueren.

Het ontwerpen van "onbehaaglijke" ruimten is evenwel niet zonder risico's. De perceptie van de gebruikers, en het gedrag dat daarvan het gevolg is, zijn namelijk niet altijd goed te voorspellen, mede omdat ook andere - niet te beïnvloeden - factoren de perceptie en het gedrag beïnvloeden. Bovendien is het gebruik van de ruimte in de praktijk vaak anders dan de ontwerper bedoelde.

### **1.3 Ontwerpmethode gericht op optimalisatie**

Om een optimaal resultaat te bereiken moeten de vele doelen van de bouwopgave - en "de prijs" die voor het bereik van elk van die doelen moet worden betaald - tegen elkaar worden afgewogen. Dat is niet eenvoudig, omdat de doelen ongelijk en ongelijkwaardig zijn. Voor dergelijke complexe afwegingen zijn methoden en technieken ontwikkeld. Een bekende methode is de multicriteria analyse. Daarbij wordt aan elk doel (criterium) een weegfactor toegekend en wordt bij het kiezen van oplossingen een maximale totaalscore nagestreefd. Dat is dan tevens het optimum. Een andere methode is die waarbij één belangrijk doel centraal wordt gesteld en oplossingen op andere aspectgebieden zo worden gekozen dat ze bijdragen aan het bereik van dat centraal gestelde doel. Bekend is de op risico-evaluatie gebaseerde "Gezond Bouwen"-methode [6]. De methode richt zich op het beperken van klachtenrisico's en stelt de gebouwgebruiker/bewoner centraal. Deze methode leidt in het algemeen tot gelijke oplossingen als methoden die het milieu centraal stellen. Omdat de "Gezond Bouwen"-methode tot op heden het meest concreet is uitgewerkt, wordt deze in dit dictaat gevolgd bij het aangeven van installatietechnische oplossingen.

## **1.4 Methode van integratie van gebouw- en installatie-ontwerp**

### **1.4.1 Ontwerpproces**

Ontwerpen is een iteratief proces waarbij van grof naar fijn wordt gewerkt. Dat geldt ook voor de ontwerpmethode die zich richt op een optimaal doelbereik van het gebouwen zijn installaties. Voor het optimaal ondersteunen van de gebouwfuncties - nu en in de toekomst - is het o.m. nodig dat de installaties goed zijn uitgevoerd en goed bereikbaar zijn en blijven (zie ook paragraaf 1.2.4). Om deze ontwerpdoelen te realiseren, moeten de voor de installaties benodigde ruimten zorgvuldig worden gesitueerd en gedimensioneerd. Hiervoor moet echter eerst bekend zijn welke klimaatbeheersings-systemen worden toegepast en welke vermogens ze krijgen. De systeemkeuzen en vermogens zijn evenwel pas te bepalen als bekend is welke fysische eigenschappen de gevels krijgen (o.a. type beglazing, glaspercentage, type zonwering en isolatie en massa van de gevel), hoe de draag-, scheidings- en afbouwconstructie zijn (met name de massa en de "toegankelijkheid" van die massa) en hoe het gebouw zal worden gebruikt (interne belasting). Veel van deze gegevens zijn in het beginstadium van het gebouwontwerp - het moment waarop feitelijk al vele beslissingen moeten worden genomen - vaak niet of slechts zeer globaal beschikbaar. Eigenlijk moeten tijdens het gehele ontwerp proces voortdurend beslissingen worden genomen op basis van gegevens die pas later bekend zijn. In de praktijk wordt op verschillende wijzen met dit dilemma omgegaan. Eigenlijk zijn er drie hoofdvormen (met varianten).

### **1.4.2 "Sequentiële" methode**

Een veel gevolgde methode is die waarbij eerst een voorlopig gebouwontwerp wordt gemaakt en in vergaande mate de gebouwvorm, de constructie, het gevelbeeld en de materiaal keuze van de gevel wordt bepaald, zonder dat rekening wordt gehouden met de installaties. Vervolgens wordt een installatieontwerper ingeschakeld om aan te geven



welke installatiesystemen nodig zijn en welke ruimte nodig is om ze te kunnen inbouwen. Afhankelijk van de mate van detaillering - met name van de gevels en de draag-, scheidings- en afbouwconstructie - kan deze vraag meer of minder nauwkeurig worden beantwoord. De ervaring leert dat deze "sequentiële" methode er vaak toe leidt dat het gebouwontwerp in de verschillende stadia ingrijpend moet worden gewijzigd. Wijzigen is niet eenvoudig als veel is vastgelegd. Zeker niet als het ontwerp reeds voor instemming aan de opdrachtgever is voorgelegd, of nog erger: inmiddels is goedgekeurd. Gevolg daarvan kan zijn dat de installaties niet zo kunnen worden uitgevoerd als nodig is om aan de gestelde klimaten gebruikseisen te kunnen voldoen. Afgezien daarvan is deze methode inefficiënt en voor sommige partners in het bouwproces weinig motiverend.

#### **1.4.3 "Conditionele" methode**

Bij de "conditionele" methode wordt van tevoren - bijvoorbeeld door de installatieadviseur aangegeven welke fysische eigenschappen het gebouw moet hebben. Deze eigenschappen (zie paragraaf 1.4.1) worden meestal afgestemd op de wensen van de opdrachtgever wat betreft het energiegebruik en/of het niveau van installatietechniek. Zo kan de ene opdrachtgever "high-tech" willen hebben, terwijl een ander het juist zo eenvoudig mogelijk wil houden. Ook de wens van te openen ramen en het voor de installaties beschikbare budget beïnvloeden de keuze van de fysische eigenschappen in beperkende zin. Nadeel van deze methode is dat de vormgevingsmogelijkheden sterk worden beperkt. In dat opzicht kan deze methode eveneens tot een niet optimaal en, met name voor de architect, onbevredigend resultaat leiden.

#### **1.4.4 "Integrale" methode**

Bij de "Integrale" methode bepaalt de architect zijn eigen speelruimte in vormgeving en materialisatie. Hiertegenover staat dat hij de fysische eigenschappen van zijn vormgeving en materialisatie kent en, op grond daarvan, hij zich steeds bewust is welk installatiesysteem nodig is om het gewenste binnenklimaat te kunnen realiseren. Bij zo'n methode weet de architect dat de installaties interfereren met de gevel-, draag- en afbouwconstructie en dat ze om die reden op elkaar moeten worden afgestemd. Ten slotte is de architect zich ervan bewust dat hij voor de inbouw van de installaties op diverse punten in het gebouw geschikte ruimte moet creëren. Bij een variant op deze methode werkt de architect nauw samen met een installatieontwerper en stemt frequent met hem af. Kenmerkend voor de "integrale" methode is, dat steeds in het vroegst mogelijke stadium van het gebouwontwerp een steeds zo goed mogelijke bepaling van de benodigde installaties en daarvoor benodigde ruimte in het gebouw plaatsvindt. De kans dat in het vervolgtraject (de volgende fasen van het ontwerp- en ontwikkelingsproces) omvangrijke wijzigingen nodig zijn, blijft op die manier relatief klein. Het zal in dat geval meer om verfijningen gaan. Deze methode biedt daarom de beste kansen op een geslaagde integratie van gebouwen installaties. Bijlage 1 geeft een overzicht van deze methode, in de vorm van een stappenschema. De kennis en ervaring die voor deze methode nodig is, en waar in het schema naar wordt verwezen, is in de hoofdstukken 4 en 5 in hoofdlijnen samengevat.

De in dit dictaat beschreven "integrale" ontwerpmethodes heeft betrekking op het gehele ontwerpproces, van het eerste ruimtelijke plan (ook wel "structuurplan" of "vlekkenplan" genoemd) tot en met het definitieve ontwerp. Het bouwkundeonderwijs heeft een modulaire opbouw die globaal de verschillende fasen van het ontwerp proces volgt. Om op de beginfase van het ontwerponderwijs aan te sluiten, zonder dat eerst kennis van het gehele dictaat behoeft te worden genomen, is de methode voor het eerste ruimtelijke plan in *een* aparte bijlage beschreven (zie bijlage 2). Met de bestudering van deze bijlage kan op dat moment worden volstaan. Toch wordt het vroegtijdig doornemen van de hoofdstukken 1 t/m 5 van dit dictaat aanbevolen. Het geeft beter inzicht in het **hoe** en **waarom** van ontwerpbeslissingen en kan, over alle fasen van het ontwerpproces gezien, tot een efficiëntere tijdsbesteding leiden.



## 1.5 Schaalniveaus van integratie

Bij het ontwerp proces zijn verschillende schaalniveaus van integratie te onderscheiden. Globaal gaat het om: a) het gebouw als geheel, b) de ruimten in het gebouwen c) de gebouwconstructie (de delen waaruit het gebouw is samengesteld). Op deze niveaus ontmoeten het gebouwen de installaties - en hun doelstellingen - elkaar op verschillende wijzen. Daarbij doen zich ook verschillende afstemmingsproblemen voor die elk hun eigen oplossingen vragen.

**Hoofdstuk 2** "Eisen binnenklimaat" besteedt aandacht aan de eisen die aan het binnenmilieu - en meer in het bijzonder aan het thermische klimaat en de luchtreinheid - van verschillende gebouwen en ruimten in gebouwen worden gesteld. De integratie en integratiemogelijkheden worden op alle niveaus namelijk sterk door deze eisen beïnvloed.

**Hoofdstuk 3** "Energieprestatie-eisen" vat *deze* eisen uit het Bouwbesluit samen en beschrijft in hoofdlijnen de wijze van bepaling van de "energieprestatie-coëfficiënt" (EP). De energieprestatie eisen blijken de ontwerpkeuzes, en daarmee de integratiemogelijkheden van gebouwen installaties, op alle integratieniveaus sterk te beïnvloeden en zelfs te dicteren. Nagegaan wordt welke factoren een rol spelen.

**Hoofdstuk 4** "Systemen en systeemkeuze" beschrijft de integratie op het schaalniveau van de ruimte. Daarbij gaat het met name om de afstemming tussen het installatiesysteem enerzijds en de fysische eigenschappen van de ruimte en het gebruik van de ruimte anderzijds, gegeven de eisen die aan het binnenklimaat van die ruimten worden gesteld.

**Hoofdstuk 5** "Ruimtelijke integratie" besteedt aandacht aan de integratie op het schaalniveau van het gebouw. Daarbij gaat het om het situeren van installatieruimte in het gebouwen om het dimensioneren van die ruimte. In het tweede deel van dit hoofdstuk wordt de integratie op het schaalniveau van de gevel-, draag- en scheidingsconstructie toegelicht.

## SCHEMA INTEGRATIE GEBOUW EN KLIMAAT INSTALLATIES

- STAP 1. Verzamel gegevens over klimaat- en gebruikseisen van de ruimten in het gebouw. Zijn die gegevens niet beschikbaar (PvE), stel ze dan zelf vast, bijvoorbeeld op basis van hoofdstuk 2 van dit dictaat.
- STAP 2. Bepaal\*) welke **klimaatbeheersings-systemen** nodig zijn. Maak onderscheid naar gebruiksfunctie en gebruikseisen van de verschillende ruimten. Als eerste grove indicatie kan de typologische benadering van tabel 5 (blz. 26) worden gebruikt. Zie paragraaf 4.6 voor een onderbouwde systeemkeuze.
- STAP 3. Bepaal\*) plaats en afmetingen van het "**ketelhuis**". Volg hierbij de aanwijzingen uit paragraaf 5.3.2.
- STAP 4. Volgt uit stap 2 dat een groot deel van het gebouw mechanisch moet worden gekoeld, bepaal\*) dan de plaats en afmetingen van de **centrale koelmachineruimte** en van de opstellingsruimte voor de **condensor(s)** of **koeltoren(s)**. Volg hierbij de aanwijzingen uit paragraaf 5.3.3.
- Volgt uit stap 2 dat enkele (bijzondere) ruimten mechanisch moeten worden gekoeld, bepaal\*) dan de plaats en afmetingen van de opstellingsruimte voor **compacte koelunit(s)**. Volg hierbij de aanwijzingen uit paragraaf 5.3.3.
- STAP 5. Bepaal\*) , op grond van gebouwfmetingen en ruimtefuncties, de **zonering** voor de luchtbehandeling en - per zone - de plaats en afmetingen van de **luchtbehandelingsruimte**. Volg hierbij de aanwijzingen uit paragraaf 5.3.4.
- STAP 6. Bepaal\*) op grond van de systeemkeuze (stap 2) de plaats en afmetingen van de ruimte voor **luchtkanalen en leidingen**. Zorg hierbij voor afstemming met de gevel en de draag- en scheidingsconstructie en met de leidingen van andere installaties. Volg hierbij de aanwijzingen uit paragraaf 5.4.1 t/m 5.4.7.
- STAP 7. Ga terug naar stap 1.

\*) In elk ontwerpstadium (ruimtelijk plan, voorlopig ontwerp en definitief ontwerp) **zo vroeg mogelijk** en, afhankelijk van de beschikbare gegevens, **zo nauwkeurig mogelijk**.

Welke mate van verfijning **mogelijk** is, hangt van het ontwerpstadium af. Doorgaans krijgen installaties bij het eerste ruimtelijke plan ("structuur-" of "vlekkenplan") voor het eerst aandacht. De systeemkeuze is dan meestal indicatief en de dimensionering van de installatieruimte meestal "grof".

Bij het voorlopig ontwerp en definitief ontwerp, neemt de mate van detaillering toe en **kan** de afstemming overeenkomstig worden verfijnd.

Wanneer een onderbouwde systeemkeuze en een nauwkeurigere dimensionering van installatieruimten **moet** plaatsvinden is niet precies aan te geven. Is de "grof" bepaalde ruimte niet in te passen, dan is dat in ieder geval reden tot verfijning. Een andere reden is een sterk van de "standaard" afwijkend ontwerp, zoals een zeer transparant of - qua massa - zeer licht gebouw. Bijlage 3 geeft hiervoor voor kantoorgebouwen grenzen aan.

## **INTEGRATIE KLIMAATINSTALLATIES IN EERSTE RUIMTELIJKE PLAN (op grond van ruimte-typering en typering van installatie-systeem)**

### **1. Inleiding**

Het thermische klimaat in gebouwen is voor een groot deel afhankelijk van de klimaatinstallaties. De afhankelijkheid is groter naarmate het binnenklimaat zwaarder wordt belast door het buitenklimaat (externe belasting) en door warmte en verontreinigingen van personen, kunstverlichting en apparaten (interne belasting). Gebouwonwerpers kunnen hierop invloed uitoefenen, primair door de externe en interne belasting te beperken en secundair door de invloed van die belasting op het binnenklimaat te beperken.

**De externe belasting** is te beperken door gevels thermisch goed te isoleren en de zontoetreding zo te beperken dat, als dat nodig is, de zonnearmte buiten kan worden gehouden terwijl daglicht optimaal kan toetreden. Dat optimum wordt doorgaans gevonden in beweegbare zonwering. Zonwerende beglazing en luifels zijn permanente zonwering. Ze weren de zon en daarmee het daglicht, ook in perioden dat juist behoefte is aan zonnearmte en daglicht. Zo maakt zonwerende beglazing somber weer nog somberder.

Het beperken van de **interne belasting** is lastig omdat de belasting sterk afhankelijk is van het gebruik van de ruimte. Kansen voor de ontwerper liggen hier in goed overleg met de opdrachtgever. In overleg kan worden besloten de interne belasting te beperken o.a. door niet teveel personen per m<sup>2</sup> vloeroppervlakte toe te staan en het aantal en het vermogen van apparaten te beperken. Het vermogen van kunstverlichting is te beperken door niet te diepe ruimten toe te passen en, hoe paradoxaal het ook lijkt, de, transparantie van gevels te beperken. Ter toelichting: om comfortabele helderheidsverhoudingen te bereiken, zoals die in een werkvertrek worden nagestreefd, is meer kunstlicht nodig naarmate de gevel transparanter is. Het optimum ligt globaal bij 30% transparantie (van binnenuit gezien). Het vermogen voor de verlichting kan eveneens worden beperkt door voor de ruimteafwerking lichte kleuren te kiezen. Verder kunnen voorzieningen worden toegepast waarmee het daglicht dieper in de ruimte kan worden gebracht, zoals "light shelves", waarmee overigens ook weer zonnearmte wordt toegelaten. Hiermee zijn de mogelijkheden van de ontwerper nog niet uitgeput. De warmteafgifte van de kunstverlichting is ongeveer te halveren door lucht vanuit de ruimte via de armaturen af te voeren. Ook de warmteafgifte van apparatuur, zoals computers, printers e.d. is te beperken. Dit kan door de opdrachtgever erop te wijzen dat er apparaten in de markt zijn die beduidend efficiënter met elektrische energie omspringen, en daardoor minder warmte produceren, dan doorsnee apparaten. Zo zijn er computers die het beeldscherm automatisch uitschakelen als er een tijd niet mee is gewerkt. Verder is het mogelijk de warmte en verontreinigingen van apparatuur direct af te voeren. Installatieontwerpers zijn hiermee nog niet zo vertrouwd. Meubelfabrikanten daarentegen hebben wel iets met dit idee gedaan. Zo is er systeemmeubilair waarin een afzuigstelsel is geïntegreerd waardoor de meeste warmte en verontreinigingen van op het meubilair geplaatste apparatuur direct wordt afgevoerd.

**De invloed op het binnenklimaat** van de externe en interne warmtebelasting is te beperken door te zorgen voor warmteaccumulatie in de vorm van massa. Door de massa wordt overdag een deel van de belasting opgenomen en in de nacht weer afgestaan. Vooral de massa van vloeren en scheidingswanden is hier belangrijk. Verder moet ervoor worden gezorgd dat de beschikbare massa niet wordt afgeschermd met verlaagde plafonds, lambriseringen en verhoogde vloeren. Vaak wordt voor lichte scheidingswanden gekozen uit oogpunt van flexibiliteit, terwijl veel scheidingswanden in de praktijk nooit meer van hun plaats komen. Ook hier liggen weer kansen als de ontwerper met de opdrachtgever kan overleggen. Die kansen zijn er niet als voor "de markt" wordt

gebouwd en de plaats van scheidingswanden nog niet vaststaat en wisselt met de huurder.

## 2. Methode van aanpak

Bouwkundige ontwerp keuzes hebben consequenties voor de systeem keuze van de installaties en systeem keuzes hebben consequenties voor het gebouwontwerp. Het is een "kip en ei" verhaal. Ergens moet worden begonnen. Gebouwonwerpers beginnen bij het gebouw. Van de ruimten in het gebouw moeten ze een idee hebben over welke **klimaateisen** daaraan worden gesteld. Die eisen volgen uit het Programma van Eisen of ze moeten zelf worden vastgesteld. Tabel 1 kan daarbij helpen.

Op grond van de ruimtetypering geeft tabel 3 een indicatie voor welke **systemen** kunnen worden toegepast. De systeemindicatie geeft op zijn beurt een idee over welke **centrale installatieruimten** nodig zijn en welke inbouwruimte nodig is voor de **distributie-leidingen en -kanalen** en voor de **eindapparaten**.

Omdat in de Nederlandse situatie altijd moet worden verwarmd is ook altijd een **warmtecentrale** ("ketelhuis") nodig. Tabel 4 geeft aan welke ruimte daarvoor globaal nodig is. Of een **koelcentrale** nodig is, wordt bepaald door de vraag of mechanische koeling nodig is en het antwoord daarop hangt weer af van de warmtebelasting van de ruimten in het gebouw. Tabel 3 geeft een indicatie voor de noodzaak van mechanische koeling. De afmetingen van centrale koelmachineruimten zijn in tabel 5 te vinden. Tabel 6 geeft de bijkomende ruimte aan voor luchtgekoelde condensoren en koeltorens. Het is niet altijd nodig om centrale koelmachines toe te passen. Moeten slechts één of enkele ruimten in het gebouw worden gekoeld, dan kan dat met compacte, decentraal geplaatste, koelunits. Deze koelunits vragen inbouwruimte dicht in de buurt van de te koelen ruimten. De afmetingen van de units zijn eveneens in tabel 6 vermeld. Uit de systeemypering in tabel 1 is af te leiden of mechanische ventilatie nodig is. Is dat het geval dan moeten, nadat het gebouw is ingedeeld in zones, **luchtbehandelingsruimten** worden gecreëerd. De afmetingen hiervan zijn in tabel 7 aangegeven.

De horizontale inbouwruimte voor de **distributieleidingen en -kanalen** is in tabel 8 aangegeven. Voor de afmetingen van schachten kan bij het eerste voorlopige ontwerp 1% van de vloeroppervlakte worden genomen. De inbouwruimte die nodig is voor **eindapparaten** is eveneens in tabel 8 te vinden.

### Waarschuwing

Tabel 3 geeft een indicatie van welke systemen op dit moment het meest worden toegepast. Van sommige combinaties is bekend dat ze niet tot een acceptabel of comfortabel binnen klimaat leiden. Met name bij zeer transparante ruimten of ruimten met een geringe massa of een hoge interne belasting kunnen heel andere systemen nodig zijn. De tabel moet met verstand worden gebruikt, anders kunnen later in het ontwerp proces grote aanpassingen nodig zijn. Zie het dictaat "Klimaatinstallaties, Integratie van gebouwen installaties" voor meer gegevens. In dit dictaat is te lezen dat de systeem keuze hoofdzakelijk wordt bepaald door het benodigde **vermogen** voor verwarming, koeling en ventilatie en door de wijze waarop dat vermogen over de ruimte moet worden verdeeld en aan de ruimtelucht moet worden overgedragen, om te voorkomen dat daarbij tocht of onbehaaglijke temperatuurgradiënten of temperatuurfluctuaties ontstaan. Het benodigde vermogen wordt op zijn beurt bepaald door de **belasting**, waarop gebouwonwerpers blijkens het voorgaande een grote invloed kunnen hebben.

### 3. Ruimtetypering en svsteeemkeuze

Ruimten zijn te typeren door te omschrijven wat van het klimaat in die ruimte wordt verwacht, zie tabel 1. Klimaatbeheersingssystemen zijn te typeren door te omschrijven uit welke elementen ze bestaan en welke functies die elementen hebben, zie tabel 2. Tabel 3 geeft voor verschillende ruimten een ruimtetypering en een indicatie voor het type klimaatbeheersingssysteem. Deze systemen worden op dit moment het meest bij dergelijke ruimten toegepast.

**Tabel 1 Ruimtetypering**

| Type | Wat van de ruimte wordt verwacht  |
|------|---|
| A    | bescherming tegen regen en wind (voorbeeld: abri)   |
| B    | bescherming tegen regen en wind en vorstvrij (voorbeeld: wachtruimte station)   |
| C    | acceptabel voor lopende personen met kleding afgestemd op het buitenklimaat (voorbeeld: winkelpassage)  |
| D    | acceptabel voor zittende personen met kleding afgestemd op het buitenklimaat (voorbeeld: overdekt terras of koffiehok in winkelpassage)                           |
| E    | acceptabel voor lopende personen met kleding afgestemd op het seizoen (voorbeeld: verkeersruimten in gebouw)  |
| F    | acceptabel voor zittende personen met kleding afgestemd op het seizoen, verblijf maximaal 15 à 20 minuten (voorbeeld: koffiehok in kantoorgebouw)                 |
| G    | acceptabel voor zittende personen met kleding afgestemd op het seizoen, verblijf maximaal 30 à 45 minuten (voorbeeld: kantine)                                    |
| H    | acceptabel voor niet plaatsgebonden, zittende personen met kleding afgestemd op het seizoen, verblijf meerdere uren (voorbeeld: bibliotheek)                      |
| I    | acceptabel voor personen die lichte lichamelijke arbeid verrichten in aangepaste kleding, verblijf meerdere uren (voorbeeld: Praktijkruimte school, laboratorium) |
| J    | acceptabel voor personen die middelzware arbeid verrichten in aangepaste kleding, verblijf meerdere uren (voorbeeld: constructiewerkplaats)                       |
| K    | comfortabel voor niet plaatsgebonden, zittende personen met kleding afgestemd op het seizoen, verblijf meerdere uren (voorbeeld: woonkamer)                       |
| L    | comfortabel voor plaatsgebonden, zittende personen met kleding afgestemd op het seizoen, verblijf meerdere uren (voorbeeld: kantoorvertrek)                       |

**Tabel 2 Typering klimaatbeheersingssysteem**

| Type | Elementen waaruit het systeem bestaat en welke functie die hebben   |
|------|---|
| I    | natuurlijke ventilatie (luchtverversing en zomerkoeling) <sup>1)</sup>                                    |
| II   | mechanische ventilatie (luchtverversing en zomerkoeling)  |
| III  | lokale (stralings)verwarming  |
| IV   | centrale verwarming (radiatoren of convectoren, eventueel in combinatie met vloer- of plafondverwarming)  |
| V    | luchtverwarming   |
| VI   | lokale koeling (compacte koel-unit)   |
| VII  | lucht/lucht-systeem (mechanische ventilatie + koeling, zoals VAV of CAV)                                  |
| VIII | water/lucht-systeem (mechanische ventilatie + koeling, zoals inductie- of ventilator-convectoren-systeem) |
| IX   | koelplafond   |

<sup>1)</sup> Bij een ruimtediepte van meer dan twee maal de netto hoogte of bij lawaai of stank van verkeer, industrie e.d. moet mechanische ventilatie worden toegepast.

**Tabel 3 Indicatie type klimaatbeheersingssysteem voor verschillende ruimtefuncties**

| ruimtefunctie        | ruimte typering <sup>1)</sup> | systeem typering <sup>2)</sup> | mechanische koeling | ventilatievoud (h <sup>-1</sup> ) <sup>3)</sup> |
|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|---|
| atrium               | E                             | I+V                            |                     | 10 - 30   |
| atrium <sup>4)</sup> | F                             | I+V+III                        |                     | 10 - 20   |
| bibliotheek          | G/H                           | II+IV of VII <sup>6)</sup>     | vaak                | 3 - 5   |
| café/restaurant      | G                             | II+IV+VI of VLL <sup>6)</sup>  | meestal             | 5 - 10  |
| garage (reparatie)   | J                             | I+V                            | soms                | 4 - 6   |
| gang                 | E                             | II+IV                          |                     | 2 - 3   |
| garderobe            | E                             | II+IV                          |                     | 3 - 5   |
| gehoorzaal           | G                             | VII                            | vaak/meestal        | 8 - 10  |
| grootwinkelbedrijf   | I                             | VII                            | vaak/meestal        | 4 - 6   |
| hotelkamer           | H                             | II+IV                          | soms                | 2 - 4   |
| instructielokaal     | G                             | VII of II+IV+VI <sup>7)</sup>  | meestal             | 4 - 6   |
| kantine              | G                             | VII                            | vaak                | 6 - 8   |
| kantoor              | L                             | VII(+IX) <sup>5)</sup>         | vaak                | 3 - 6   |
| (bedrijfs)keuken     | J                             | VII                            | meestal             | 15 - 20   |
| laboratorium         | I                             | VII(+IX) <sup>5)</sup>         | vaak                | 6 - 15  |
| magazijn             | I                             | II+V                           | soms                | 2 - 4   |
| operatiekamer        | J                             | VII+IX                         | meestal             | 15 - 20   |
| parkeergarage        | A                             | I                              |                     | 4 - 5   |
| serre                | E                             | I+V(+III) <sup>8)</sup>        |                     | 20 - 60   |
| sporthal             | J                             | II+V                           | soms                | 2 - 3   |
| theater              | G                             | VII                            | meestal             | 5 - 8   |
| terras overdekt      | D                             | III                            |                     |   |
| terras in passage    | D                             | als passage + <sup>9)</sup>    |                     |   |
| vergaderruimte       | G                             | VII(+IX) <sup>5)</sup>         | vaak                | 4 - 6   |
| wachtruimte station  | B                             | I+III                          |                     | 3 - 5   |
| winkel               | I                             | II+V(+VI) <sup>5)7)</sup>      | vaak <sup>5)</sup>  | 6 - 8   |
| winkelpassage        | C                             | I+V                            |                     | 20 - 60   |
| woonkamer            | K                             | I+IV                           |                     | 2 - 4   |
| zwembad              | J                             | II+V+III                       |                     | 3 - 4   |

1) zie tabel 1

2) zie tabel 2

3) de hoogste waarde bij een hoge thermische belasting

4) met beperkte transparantie van dak en/of toepassing van plaatselijke plafonds, velums e.d.

5) bij grote transparantie en/of hoge interne belasting

6) bij grotere horecagelegenheden

7) bij gebouwen zonder centrale koeling

8) eventueel om de gebruikswaarde te vergroten

9) met plaatselijke plafonds, velums, parasols of iets dergelijks

## NOODZAKELIJK TYPE KLIMAATINSTALLATIE AFHANKELIJK VAN (COMBINATIE VAN) FACTOREN

Voor de keuze van het type klimaatinstallatie belangrijke gebouw- en binnenmilieufactoren

| <b>Factor</b>               | <b>Relatief<br/>geringe invloed <sup>0)</sup></b> | <b>Relatief<br/>grote invloed</b> |          |
|-----------------------------|---|-----------------------------------|----------|
| Glasoppervlak <sup>1)</sup> | 30%   | 50%                               | (GO 50)  |
| Zontoetreding (ZTA)         | 0,15 <sup>2)</sup>                                | 0,50 <sup>3)</sup>                | (ZT 0,5) |
| Interne warmtelast          | 20 W/m <sup>2</sup> <sup>4)</sup>                 | 40 W/m <sup>2</sup> <sup>5)</sup> | (IW 40)  |
| Specifiek Werkzame Massa    | 80 kg/m <sup>2</sup>                              | 50 kg/m <sup>2</sup>              | (SWM 50) |

<sup>0)</sup> op temperatuuroverschrijding c.q. op omvang van de installaties

<sup>1)</sup> in procent van het geveleppervlak (van binnenuit gezien)

<sup>2)</sup> helder dubbel glas met buitenzonwering (centrale bediening)

<sup>3)</sup> licht getint dubbel glas met binnenzonwering (handbediening)

<sup>4)</sup> 1 persoon + 1 PC (beperkt gebruik of met afzuiging) per 10 m<sup>2</sup> vloeroppervlak + werkplekverlichting

<sup>5)</sup> 1 persoon + 1 PC + 1 printer per 10m<sup>2</sup> + (afgezogen) algemene verlichting