

TNO-rapport

**Gebalanceerde ventilatie met
warmteterugwinning in de woningbouw**
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter
verbetering

Referentienummer 93-176
Dossiernummer 112325-23977
Datum mei 1993
NP

Auteurs
Ir. L. Hendriksen
Drs. A. Weenk

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Nederlandse organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO-Milieu en Energie stelt zich ten doel om, gebaseerd op
de noodzaak van een duurzame ontwikkeling van de
maatschappij, door middel van onderzoek en advisering bij te
dragen aan een goed milieubeheer, een verantwoord
energiegebruik en een doelmatig beheer en gebruik van de
ondergrondse natuurlijke hulpbronnen.



Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoeksoopdrachten aan TNO,
zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank
en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

Samenvatting

In opdracht van NOVEM is door TNO een onderzoek uitgevoerd dat een aanzet moet betekenen om uiteindelijk te komen tot een situatie waarbij een ventilatiesysteem achtereenvolgens op basis van goede argumenten wordt gekozen, goed wordt ontworpen en in de desbetreffende woning ook daadwerkelijk goed functioneert. Het gehele onderzoek bestaat uit twee onderdelen:

1. Aangeven waar in het huidige bouwproces knelpunten zijn, waar verbeteringen mogelijk zijn en hoe deze verbeteringen gerealiseerd dienen te worden.
2. De aanbevelingen van onderdeel 1 uitvoeren en in praktijk brengen.

Deze rapportage betreft onderdeel 1. Dit deelonderzoek is uitgevoerd op basis van algemeen beschikbare literatuur, interviews met gezaghebbende personen uit het vakgebied en expertise binnen TNO.

Een belangrijk gesignaleerd knelpunt is dat over het algemeen het nut van goed ventileren te weinig wordt erkend, en dat de gevolgen van slecht ventileren worden onderschat. Hierdoor vormt met name de afstand tussen bouwkundig ontwerp en installatie een mogelijke bron van problemen. Opdrachtgevers en architecten die de keuze van het ventilatiesysteem bepalen zijn veelal niet op de hoogte van de voor- en nadelen van de verschillende ventilatiesystemen, terwijl de uitvoerder (installateur) pas in de fase van prijsvorming wordt ingeschakeld.

Een oplossing is integratie en samenwerking, hetgeen alleen mogelijk is als de samenwerkende partijen dezelfde doelen nastreven, daarbij ook dezelfde belangen hebben, en dezelfde uitgangspunten hanteren. In het kader van dit onderzoek is het derhalve belangrijk dat ten eerste alle betrokken partijen onderkennen wat de gevolgen van slecht ventileren voor bewoner en woning kunnen zijn, en dat ten tweede een ventilatiesysteem wordt geselecteerd op grond van dezelfde eenduidige uitgangspunten en basisinformatie. Bij samenwerken is het ook nodig om taken en bevoegdheden concreet vast te leggen. Wil men aan de eisen van een kritische markt kunnen voldoen dan zullen niet alleen de bedrijfsprocessen, maar vooral ook het bouwproces efficiënt en effectief moeten zijn. Efficiënt en effectief vragen om zorg voor kwaliteit. De gevraagde kwaliteit moet worden gedefinieerd en het bouwproces dient dankzij een kwaliteitszorgsysteem zodanig ingericht te zijn dat de gevraagde kwaliteit tegen de afgesproken prijs op het overeengekomen tijdstip wordt geleverd.

Er dient onderscheid gemaakt te worden tussen verbeteringen op korte termijn en verbeteringen op de wat langere termijn.

Voor verbeteringen op *korte termijn* zijn twee oplossingsrichtingen te onderscheiden:

1. Kennis-, informatie- en ervaringsoverdracht.
2. Overheidsmaatregelen.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat de uitwerking van de ene oplossingsrichting door de andere wordt versterkt.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Ad 1.

Er dient informatie beschikbaar te komen die specifiek is voor iedere doelgroep uit het bouwproces:

- Voor degene die verantwoordelijk is voor en invloed heeft op de keuze en/of het ontwerp van een ventilatiesysteem dient informatie beschikbaar te komen, waarin de verschillende ventilatiesystemen zijn beschreven, met als mogelijke aandachtspunten de effecten op het binnenmilieu, het energiegebruik, milieubelasting, kostenvergelijking met andere systemen, bouwkundige gevolgen, gevolgen voor installateurs en gebruikers, combinatiemogelijkheden met apparatuur voor ruimteverwarming en warmtapwater, onderhoud.
- Voor het ontwerpen en installeren dient een overzicht opgesteld te worden waarin alle systeemcomponenten van een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning zijn gerubriceerd met bijbehorende belangrijke gegevens, kenmerken en/of eigenschappen.
- De installateur moet kunnen beschikken over inbouwbevelingen en/of -richtlijnen.
- De woningbeheerder en bewoner moeten geïnformeerd worden over de bediening, onderhoud en storingen.

Hierbij kunnen ISSO 28 [3] en het onderliggende researchrapport [4] fungeren als hulpmiddel. Beide documenten bevatten veel bruikbare informatie, maar zijn op te veel verschillende doelgroepen gericht. Het is beter om per doelgroep informatie beschikbaar te stellen. Hierbij valt te denken aan het schrijven van brochures, richtlijnen, normen en rapporten, het houden van lezingen, het organiseren van workshops, congressen en excursies. Belangrijk is dat informatie- en kennisoverdracht een breed draagvlak binnen de doelgroep heeft, up-to-date blijft en dat het voor de doelgroep in begrijpelijke taal gebeurt.

Een leidende rol is weggelegd voor ondersteunende partijen, als ISSO, NOVEM, onderzoeksinstituten (bijvoorbeeld TNO), waarbij uiteraard samengewerkt dient te worden met de betrokken doelgroepen.

Ad 2.

De overheid heeft de taak randvoorwaarden te definiëren vanuit maatschappelijk belang. Het gaat er hierbij niet om een verbodsbeleid te voeren, maar om bepaalde ontwikkelingen te stimuleren. De overheid heeft hiervoor de volgende drie instrumenten ter beschikking:

- Verinnerlijkende maatregelen, die randvoorwaarde scheppend en doelstelling bepalend zijn. De overheid kan bijvoorbeeld het grote publiek voorlichten over het nut van goed ventileren.
- Markt-conforme instrumenten, prikkels in de vorm van heffingen, subsidies, premies. Voorbeelden zijn: De toepassing van warmteterugwinning opnemen in de puntenwaardering ten behoeve van een energiecertificaat en warmteterugwinning in de nieuwbouw subsidiëren.
- Fysieke regulering in de vorm van geboden en verboden, zoals voorschriften, vergunningen, wetten, normen en richtlijnen. Voorbeelden zijn kwaliteitseisen stellen aan het binnenmilieu, aangeven dat in bepaalde situaties het best gebalanceerde ventilatie (eventueel met warmteterugwinning) kan worden toegepast.

Op *langere termijn* dienen voor alle te onderscheiden functies binnen het bouwproces de eisen, wensen, voorwaarden, aandachtspunten eenduidig uitgewerkt en vastgelegd te worden, zodat het uitvoeren van de betreffende functie tot een kwalitatief goed resultaat leidt. Toetsen is een belangrijke voorwaarde voor kwaliteitsbeheersing. Een mogelijkheid is het opstellen van een checklist, waarop de verantwoordelijke uitvoer-

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

ders accorderen voor het volbrengen van een bepaalde taak, of waarop de uitvoerder eventuele afwijkingen/aanpassingen kan aangeven. De kwaliteit dient te worden gegarandeerd middels een kwaliteitsverklaring of een waarborgcertificaat. Het kwaliteitsstelsel moet geen doel op zich worden, maar een middel om de doelstellingen te verwezenlijken.

Een belangrijk hulpmiddel voor het opstellen van checklisten kan een beïnvloedingsdiagram zijn, waarin de parameters, die het eindoordeel bepalen over een ventilatiesysteem, zijn gerubriceerd en gerangschikt. Zo'n diagram tracht de kennis van verschillende partijen (opdrachtgever, architect, aannemer, installateur, etc.) geïntegreerd en gecondenseerd weer te geven. In dit rapport is een aanzet gemaakt.

Het beïnvloedingsdiagram kan ook uitstekend gebruikt worden om:

- ventilatiesystemen te classificeren ten behoeve van selectie en beoordeling in een concrete situatie;
- uitspraken te doen over een bepaald aspect – bijvoorbeeld milieubelasting – ten behoeve van onderbouwen en/of sturen van overheidsbeleid, of gericht op nieuwe ontwikkelingen.

Hiervoor is het noodzakelijk het diagram verder uit te werken en te operationaliseren. Uitwerking betekent het inventariseren en ordenen van relevante parameters. Operationalisatie heeft betrekking op het kwalificeren en kwantificeren van de effecten van parameters op het oordeel over een ventilatiesysteem.

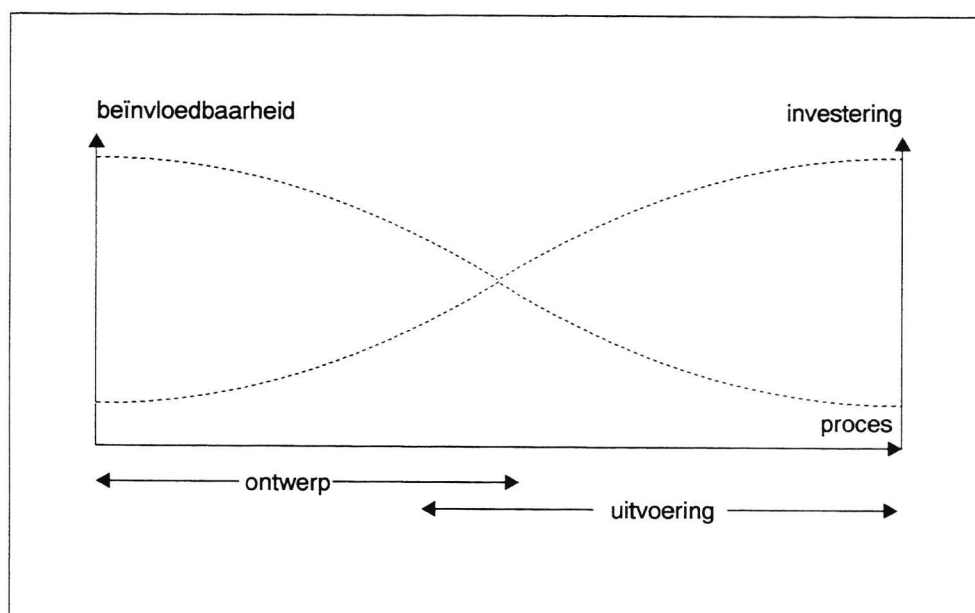
Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Inhoudsopgave	5
1	Inleiding	6
2	Perspectieven gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning.....	8
3	Analyse van het bouwproces	10
	3.1 Inleiding	10
	3.2 Hoofdfase 1: programma	15
	3.3 Hoofdfase 2: ontwerp	17
	3.4 Hoofdfase 3: uitwerking.....	20
	3.5 Hoofdfase 4: realisatie	22
	3.6 Hoofdfase 5: gebruik	24
4	Beoordelen en selecteren ventilatiesysteem	26
	4.1 Algemeen.....	26
	4.2 Probleemdefinitie	26
	4.3 Alternatieven en selectiecriteria	26
	4.3.1 Alternatieven.....	26
	4.3.2 Selectiecriteria	27
	4.4 Weegfactoren.....	28
	4.5 Wegen: bepalen 'beste' alternatief	28
	4.6 Bevindingen.....	29
5	Conclusies en aanbevelingen.....	30
6	Literatuurverwijzingen.....	33
7	Verantwoording	36
	<i>Bijlage 1 Beïnvloedingsdiagram</i>	
	<i>Bijlage 2 Beschrijving van DATUM</i>	

1 Inleiding

Twee beleidsdoelstellingen van het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP) zijn vermindering van het energiegebruik voor woningverwarming en verbetering van de kwaliteit van het binnenmilieu. Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (wtw) werd en wordt nog steeds gezien als een effectief middel om deze doelstellingen te verwezenlijken. Het blijkt echter dat dit systeem ondanks de goede perspectieven toch minder wordt toegepast dan men een aantal jaren geleden had voorzien. Als een belangrijke reden voor de achterblijvende toepassing wordt de slechte prijs-kwaliteit-verhouding genoemd. In het algemeen kan gesteld worden dat de kwaliteit van een klimatiseringsinstallatie overwegend wordt bepaald door het functioneren ervan. Als een klimatiseringsinstallatie minder goed functioneert, dan wordt dat veelal veroorzaakt door het feit dat de installatietechniek in een (te) laat stadium bij het bouwproces betrokken wordt. Deze trend is niet beperkt tot het ontwerpproces, maar zet zich voort tijdens het feitelijke realisatieproces. Alle bij de bouw betrokken disciplines zijn bekend met de toenemende meerkosten in verband met afwijkingen bij voortschrijdende projectrealisatie (zie figuur 1.1).



Figuur 1.1 *Afnemende beïnvloedbaarheid of toenemende meerkosten bij afwijkingen als functie van de tijd*

Het feit dat voor installaties deze wetmatigheid niet of onvoldoende onderkend wordt, veroorzaakt misaanpassingen en onnodige meerkosten. Doordat installatietechniek relatief laat in het ontwerp- en realisatieproces betrokken wordt, worden ook vaak financiële tegenvallers uit eerdere fases op de installatietechniek afgewenteld. Men krijgt eenvoudigweg een taakstellende bezuinigingsopdracht mee en onder dwang van de omstandigheden worden oplossingen aanvaard die gegeven de oorspronkelijke uitgangspunten wellicht niet acceptabel zouden zijn. Dit probleem geldt voor klimatiseringsinstallaties in het algemeen, maar voor gebalanceerde ventilatiesystemen met warmteterugwinning in het bijzonder. Een bijkomend aspect is de ne-

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

gatieve publiciteit met alle gevolgen van dien. Want ondanks het feit dat er bouwprojecten zijn waarbij het gebalanceerde ventilatiesysteem met warmteterugwinning goed functioneert, zijn het hoofdzakelijk de projecten met problemen die in de publiciteit komen. Als deze situatie op zijn beloop wordt gelaten zal in de toekomst niet of nauwelijks gebalanceerde ventilatie worden toegepast en derhalve ook geen warmteterugwinning en ook geen luchtverwarming. Het gevolg is dat fabrikanten stoppen met produktontwikkeling en dat alleen nog systemen met natuurlijke ventilatie zullen worden toegepast met alle gevolgen van dien. Om deze negatieve ontwikkeling mede te doorbreken heeft NOVEM aan TNO een opdracht verstrekt om aan te geven waar in het huidige bouwproces knelpunten zijn, waar verbeteringen mogelijk zijn en hoe deze verbeteringen gerealiseerd dienen te worden. In een vervolgproject dienen de aanbevelingen te worden uitgevoerd en in praktijk te worden gebracht. Het onderzoek moet een aanzet betekenen om uiteindelijk te komen tot een situatie waarbij het vanzelfsprekend is dat een ontworpen gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning in de desbetreffende woning ook daadwerkelijk goed functioneert.

In hoofdstuk 2 worden de toekomstperspectieven van gebalanceerde ventilatie en warmteterugwinning nader toegelicht.

In hoofdstuk 3 worden de vijf hoofd fasen voor het traditionele bouwproces in aparte paragrafen nader beschreven. De gang van zaken van het huidige bouwproces wordt beschreven, de knelpunten worden aangegeven en er worden oplossingsrichtingen gegeven.

In hoofdstuk 4 is geanalyseerd of op het kiezen van een ventilatiesysteem in een woning de algemene aanpak van keuzevraagstukken toegepast kan worden. In hoofdstuk 5 volgen de conclusies en aanbevelingen.

2 **Perspectieven gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning**

Eén van de beleidsaspecten van het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP) betreft verbetering van de *kwaliteit van het binnenmilieu*.

In de eerste plaats is de kwaliteit van de binnenlucht van belang. Deze wordt primair bepaald door de mate van ventilatie en infiltratie van het gebouw. In het Bouwbesluit worden uit energetisch oogpunt hoge eisen gesteld aan het isolatieniveau en de luchtdichtheid van gebouwen. Hierdoor worden goede woningen dusdanig kiedicht gebouwd dat de luchtinfiltratie slechts éénderde van de ventilatiehoeveelheid bedraagt die nodig is om een aanvaardbaar binnenmilieu te realiseren. In het Bouwbesluit worden middels de norm NEN 1087 een aantal inrichtingseisen en bepalingsmethoden van kracht, waarmee een bepaalde kwaliteit van de ventilatie en de ventilatievoorzieningen moeten worden gewaarborgd. De inrichtingseisen betreffen eisen ten aanzien van het thermisch comfort, de richting van de luchtstroming, regelbaarheid van de ventilatie en de plaats van de ventilatievoorzieningen. Natuurlijke ventilatie moet verkregen worden door hiervoor aangebrachte openingen in de woningschil of door ramen die opengezet kunnen worden. In de praktijk blijkt dat bewoners voorzieningen voor natuurlijke ventilatie een groot deel van het jaar sluiten, vanwege tocht die veroorzaakt wordt door het ongecontroleerd binnenstromen van relatief koude lucht. Daarnaast wordt de ventilatiehoeveelheid teveel beïnvloed door weersomstandigheden. Het beschikbaar zijn van voldoende verse lucht is derhalve niet altijd gegarandeerd. Hierdoor worden niet alleen bepaalde verontreinigingen niet afgevoerd, maar ook is de kans groot dat er vochtproblemen optreden. Langdurig verblijven in een vochtig huis is slecht voor de gezondheid.

Bij gebalanceerde mechanische ventilatie spelen dit soort problemen niet, en is wel altijd en overal voldoende verse lucht beschikbaar [5] en [6] en is er nauwelijks kans op vochtproblemen.

De kwaliteit van het binnenmilieu wordt ook bepaald door het geluidsniveau in de woning. Als in de omgeving van de woning relatief veel geluid wordt geproduceerd, dan is het moeilijk om met natuurlijke luchttoevoervoorzieningen aan de gestelde geluidseisen (NEN 5077) te voldoen. Met gebalanceerde ventilatie is de vereiste geluidswering eenvoudig te halen.

Een ander belangrijk beleidsaspect van het NMP betreft *energiebesparing*. In het Bouwbesluit zijn de eisen ten aanzien van thermische isolatie al zodanig geoptimaliseerd, dat op dit vlak niet veel energiebesparing meer is te realiseren. Momenteel werkt een commissie aan het opstellen van een Energie Prestatie Normering (EPN), NEN 5128 'Bepalingsmethode energieprestatie van woningen en logiesverblijven'. De verwachting is dat deze norm midden 1994 van kracht zal worden. De opzet van deze norm is om het energiegebruik van een woning te beperken door een bepaalde combinatie van bouwkundige en/of installatietechnische voorzieningen. Een belangrijk middel om het energiegebruik te reduceren en te voldoen aan de energieprestatienormering is warmteterugwinning uit ventilatielucht (zie ook [7], [8], [9]). Voor het opwarmen van ventilatie- en infiltratielucht is jaarlijks al 600 m³ aardgas nodig. Met warmteterugwinning uit ventilatielucht kan 200 tot 300 m³ aardgas per jaar worden bespaard. Voor een goed geïsoleerde eengezinswoning met gebalanceerde ventilatie en warmteterugwinning is een gasverbruik van 800 m³ per jaar mogelijk.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Een ontwikkeling die hierbij aansluit is dat eind 1993 een norm zal verschijnen, betreffende een bepalingmethode voor de energieprestatie van warmteterugwinapparaten toegepast in gebalanceerde ventilatiesystemen in woningen, ten behoeve van:

- de vaststelling van de getalwaarde van het energetisch rendement ten behoeve van NEN 5128;
- de verkrijging van een getalwaarde voor dat energierendement ter vergelijking van de energetische prestaties van warmteterugwinapparaten.

Samenvattend kan gesteld worden dat gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning aan alle inrichtingseisen uit NEN 1087 kan voldoen, en dat bovendien onder alle klimaatomstandigheden aan de kwaliteitseisen van NEN 1087 zal voldoen. Dit in tegenstelling tot natuurlijke ventilatie, waarbij meestal alleen onder de condities van de bepalingmethoden aan de kwaliteitseisen kan worden voldaan. Een andere belangrijke invalshoek is energiebesparing. Naarmate een lager energiegebruiksniveau wordt geëist zal warmteterugwinning meer worden toegepast. Mede doordat een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning met elk verwarmingssysteem is te combineren mag verwacht worden dat deze ventilatietechniek meer en meer zal worden toegepast. Om ervoor te zorgen dat het ventilatiesysteem goed functioneert, is het gewenst dat achtereenvolgens de selectie, het ontwerp, de installatie, de oplevering en het gebruik goed gebeurt.

3 Analyse van het bouwproces

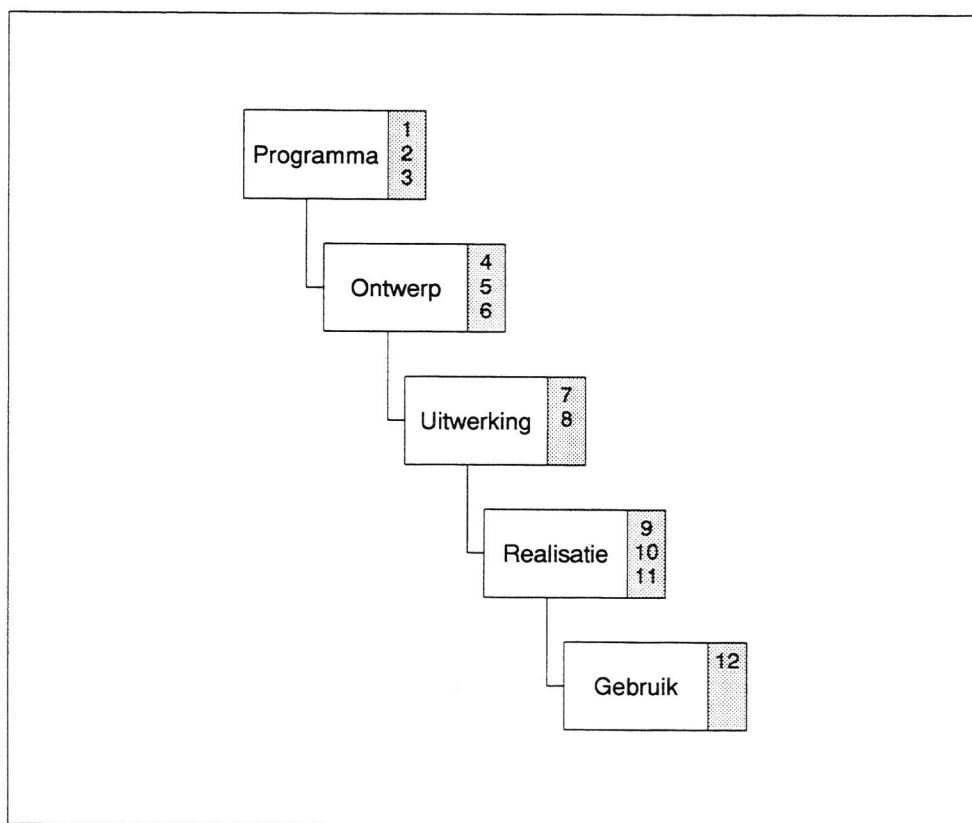
3.1 Inleiding

Dit onderwerp wordt beschreven in [11] t/m [19].

Bij het tot stand komen van de combinatie woning/klimatiseringsinstallatie zijn veel participanten betrokken, te verdelen in twee categorieën:

- marktpartijen, die direct bij de realisatie betrokken zijn, zoals onder andere opdrachtgever, architect, ontwerper, fabrikant, leverancier, aannemer, installateur, bewoner;
- ondersteunende partijen, die indirect bij de realisatie betrokken zijn, zoals onder andere overheid, NOVEM, NNI, ISSO, VNI, onderzoeksinstituten.

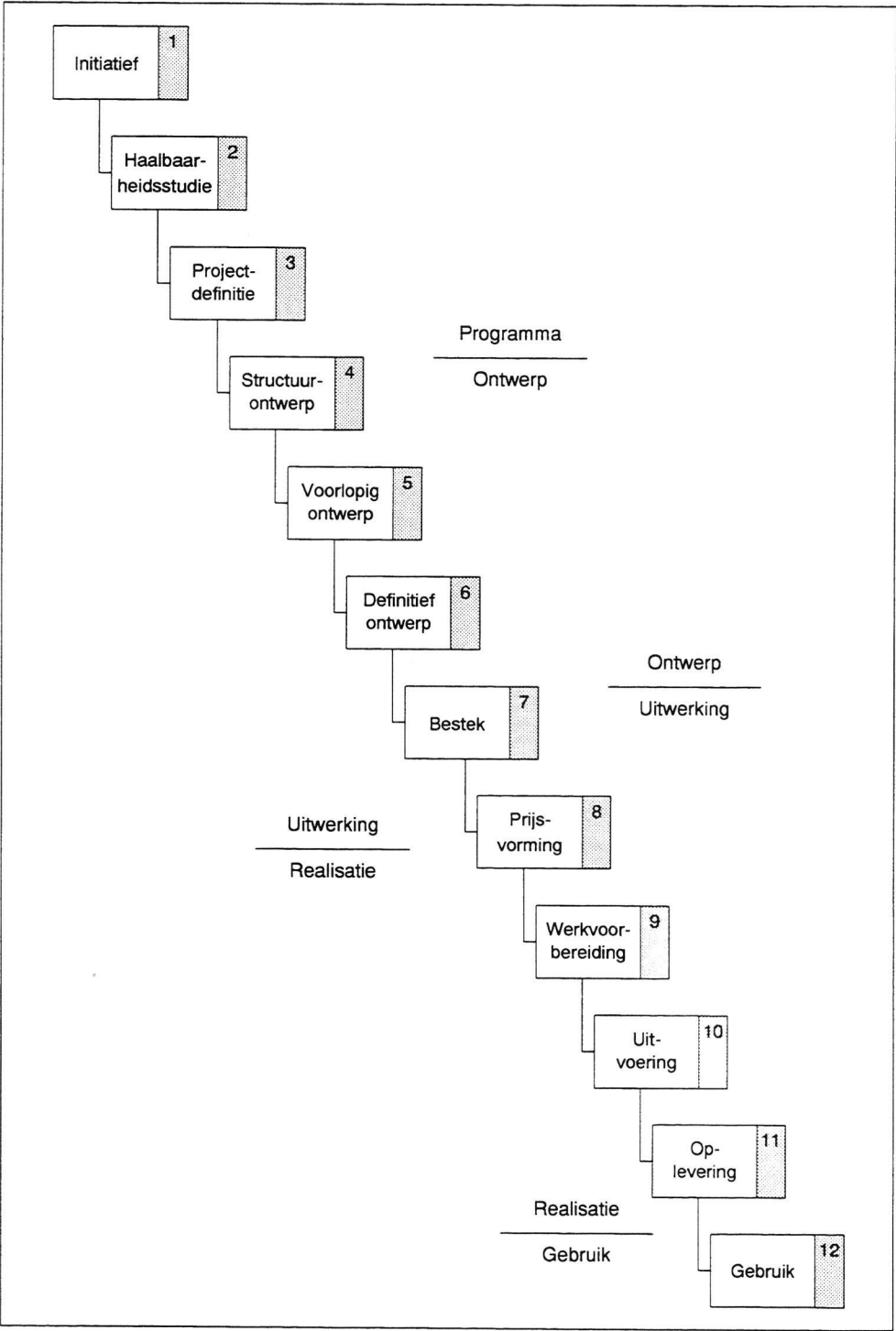
Het spreekt vanzelf dat de kwaliteit van het geleverde staat of valt met een goede organisatie van de inbreng van alle participanten. Bouworganisatievormen zijn daarvoor belangrijk. In essentie kent ieder bouwproject dezelfde karakteristieke taken. Het totale bouwproces is onderverdeeld in 4 hoofdfasen: programma, ontwerp, uitwerking en realisatie. In principe is nog een vijfde hoofdfase te onderscheiden: die van het gebruik (zie figuur 3.1). De cijfers in figuur 3.1 slaan op een verdere opsplitsing van de vijf hoofdfasen.



Figuur 3.1 Het bouwproces in hoofdfasen [29]

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Over de hoofdfasen heen is het bouwproces verdeeld in 12 subfasen (zie figuur 3.2).



Figuur 3.2 Het bouwproces in subfasen [29]

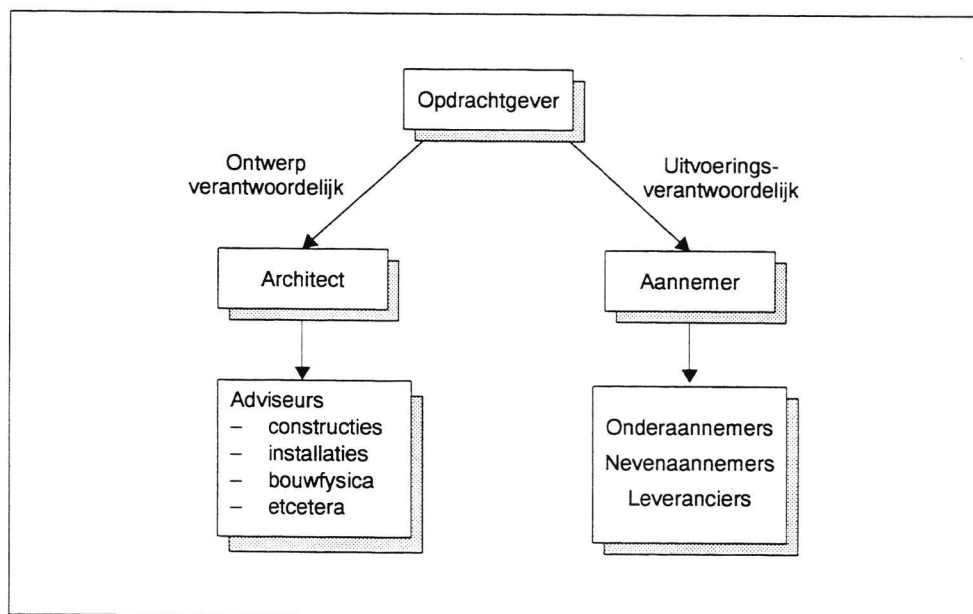
Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

De werkzaamheden in een fase zorgen ervoor dat de input verandert in output. Wanneer de output van een fase niet goed is kan de volgende fase niet goed uitgevoerd worden. Toetsen is dus een belangrijke steeds terugkerende activiteit. Het geeft de zekerheid dat het proces naar wens verloopt of dat het ergens aan ontbreekt. Toetsen is een belangrijk onderdeel van kwaliteitsbeheersing.

Bouworganisatievormen verschillen van elkaar, hetgeen onder meer tot uitdrukking komt door de verdeling van taken, verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden, en de wijzen en tijdstippen waarop participanten in een proces worden ingeschakeld. In de Nederlandse bouwpraktijk zijn drie hoofdvormen van bouworganisaties te onderscheiden [30]:

1. Het traditionele bouwproces

De verantwoordelijkheden voor opdrachtgeven, ontwerpen en uitvoeren zijn sterk gescheiden. De opdrachtgever stelt meestal met een architect of andere adviseurs het programma van eisen op. Het ontwerpproces wordt door de architect uitgevoerd en resulteert uiteindelijk in bestek en tekeningen. De inbreng van de uitvoerende partij – de aannemer – is hierbij nihil. De uitvoering wordt in principe gegund aan de laagste aanbieder.

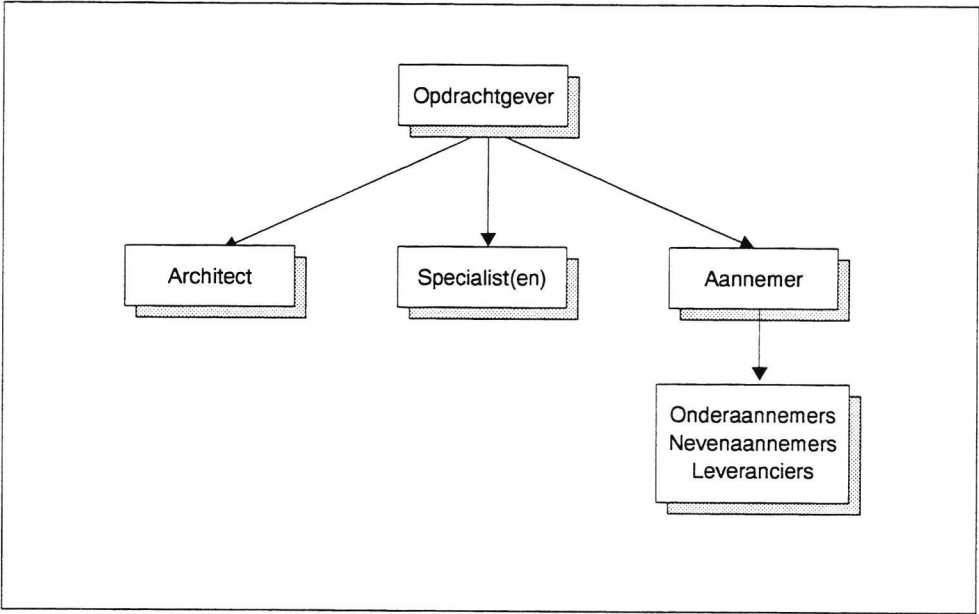


Figuur 3.3 Het traditionele bouwproces [30]

2. Bouwteam

De belangrijkste partners in het bouwproces – inclusief de uitvoeringsdeskundige – maken deel uit van het bouwteam, dat verantwoordelijk is voor het ontwikkelen van een bouwwerk. Het bouwteam houdt een werkwijze in, die de inventiviteit van alle partijen kan samenbrengen. De ervaring en know-how van de uitvoeringsdeskundige worden tijdens de ontwerpfase ingebracht, waardoor ontwerp en uitvoering goed op elkaar kunnen worden afgestemd. De leiding berust meestal bij de opdrachtgever of zijn vertegenwoordiger.

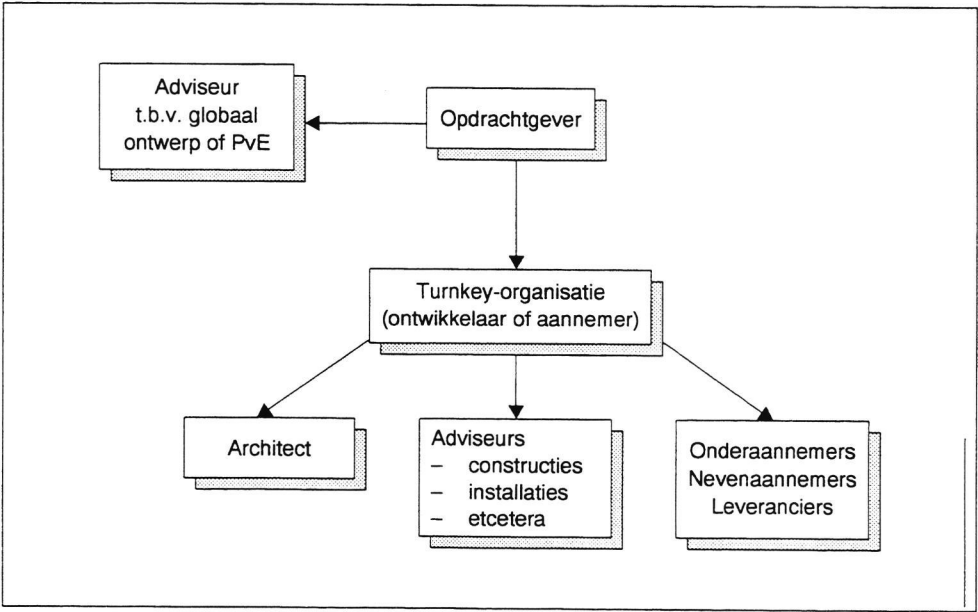
Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering



Figuur 3.4 Het bouwteam [30]

3. Turnkey

Bij deze aanbestedingsvorm zijn er slechts twee partijen: de opdrachtgever en de leverancier van het bouwwerk. De aanbidding is meestal gebaseerd op een goed programma van eisen. De opdrachtgever kiest deze vorm, wanneer tijd een belangrijk keuzecriterium is bij de totstandkoming van een bouwproject.



Figuur 3.5 Turnkey bouwproces [30]

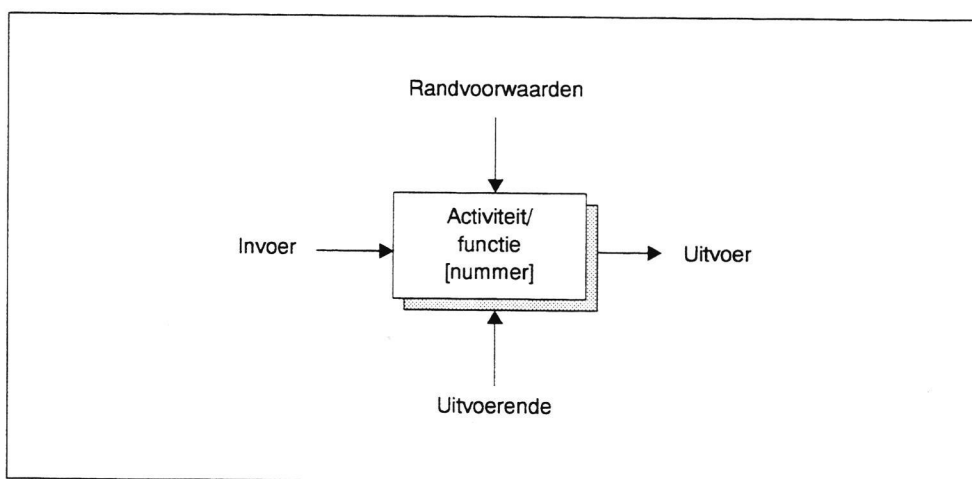
Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Een nieuwe werkwijze is die volgens het prestatie-concept. In dit geval zijn opdrachtgever, architect en adviseurs verantwoordelijk voor de vertaling van het PvE in een ruimtelijk materiaalloon ontwerp. De gewenste kwaliteit wordt omschreven in prestatie-eisen. De bouwer is verantwoordelijk voor de technische uitwerking van het ontwerp en de coördinatie van de uitvoeringstaken.

In de woningbouw wordt overwegend gewerkt volgens het traditionele bouwproces. Wel is het zo, dat het Bouwbesluit het prestatiegerichte bouwproces zal bevorderen, omdat in het Bouwbesluit wordt verwezen naar NEN-normen voor grenswaarden, inrichtingseisen en bepalingmethoden. Het ontwerp, uitvoering en functioneren moeten derhalve voldoen aan voorschriften. Het traditionele bouwproces is er in meerdere verschijningsvormen. Dit deelonderzoek beperkt zich tot de problemen bij de 'normale' gang van zaken van het traditionele bouwproces en is toegespitst op het ventilatiegedeelte.

In dit hoofdstuk worden de vijf hoofdfasen voor het traditionele bouwproces in aparte paragrafen nader beschreven. De gang van zaken van het huidige bouwproces wordt beschreven, de knelpunten worden aangegeven en er worden oplossingsrichtingen gegeven.

Dit deelonderzoek is uitgevoerd op basis van algemeen beschikbare literatuur, interviews met gezaghebbende personen uit het vakgebied en expertise binnen TNO. Voor het analyseren van het bouwproces is de methode IDEF (identification of functions) [27] gehanteerd (zie figuur 3.6).



Figuur 3.6 Notatie IDEF methode

Een representatiewijze als IDEF geeft ondersteuning bij het structureren van de bestaande kennis, het decomponeren van functies, het specificeren van invoer, uitvoer, randvoorwaarden en uitvoerende, waarbij de volgende aandachtspunten van belang zijn:

functie/activiteit:

- wat houdt de functie in?
- is de functie samengesteld uit meerdere functies?
- is de functie onderdeel van een andere functie?

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

invoer:

- wat is er nodig om de functie goed uit te kunnen voeren? ('hardware');
- wie levert de invoer aan?

uitvoer:

- wat levert de functie op?
- waar is de uitvoer voor nodig?
- aan wie wordt de uitvoer geleverd?

uitvoerende:

- door wie of wat wordt de functie/activiteit uitgevoerd?
- welke hulpmiddelen, zoals handboeken, gereedschappen en richtlijnen zijn beschikbaar? (als hulpmiddelen worden voorgeschreven, dan zijn het randvoorwaarden);
- van wie zijn de hulpmiddelen afkomstig?

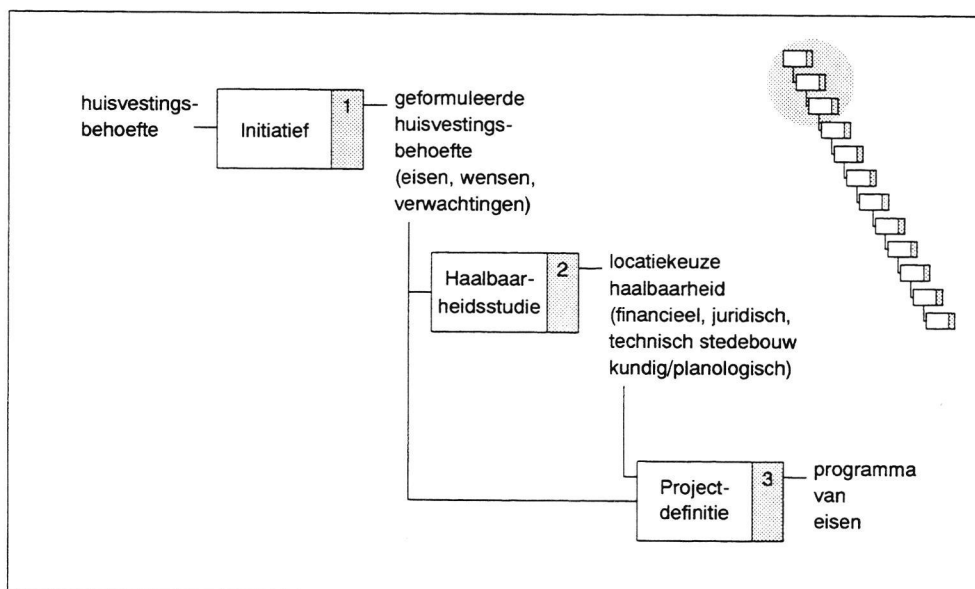
randvoorwaarden:

- eisen aan de invoer en uitvoer met betrekking tot vorm en kwaliteit;
- eisen aan de uitvoerende;
- eisen aan wijze van uitvoeren;
- eisen aan te gebruiken hulpmiddelen, producten en/of diensten;
- van wie zijn de randvoorwaarden afkomstig.

Bij randvoorwaarden moet men denken aan eisen, normen, richtlijnen, wensen, standaardisatie, bestekken, etc.

3.2 Hoofdfase 1: programma

In deze hoofdfase definieert de opdrachtgever uiteindelijk middels een Programma van Eisen (PvE) het project (zie figuur 3.7).



Figuur 3.7 Hoofdfase 1: programma

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Belangrijk in deze fase is het nadenken over de te kiezen klimatiseringsinstallatie ten behoeve van verwarmen en ventileren. Het is wenselijk dat in het PvE ook al de soort installatie wordt aangegeven, zonder in details te treden. Het blijkt dat in de huidige situatie niet standaard alle opties worden bekeken, afhankelijk van de belangen en interesses van de opdrachtgever. Er zijn drie soorten opdrachtgevers te onderscheiden:

1. Eigen bouwers (een relatief klein aantal).
2. Verhuurders (woningbouwverenigingen, beleggers).
3. Verkopers (projectontwikkelaars).

Ad 1.

Eigen bouwers zijn geneigd op de wat lange termijn te kijken en hoge eisen te stellen aan de klimatiseringsinstallaties. Deze groep opdrachtgevers zullen over het algemeen alle opties beschouwen en niet beknibbelen op kosten.

Ad 2.

Uit telefoongesprekken met verhuurders is gebleken dat er verhuurders zijn – met name woningbouwverenigingen – die standaard geen gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning toepassen, omdat ze als investeerders niet geïnteresseerd zijn in de exploitatiekosten. De meerkosten zijn voor hen, terwijl de winst tengevolge van de energiebesparing voor de bewoner is. Daarnaast zijn er verhuurders, waarbij gebalanceerde ventilatie wordt overwogen en eventueel toegepast op basis van persoonlijke voorkeuren van de beslisser(s) of op basis van voorspraak van anderen (voorbeelden zijn een adjunct directeur van Bouw- en Woningtoezicht, een aannemer, een adviseur, een installateur, een collega). Derhalve op basis van subjectieve bevindingen en toevallige contacten.

Ook is gebleken dat over het algemeen beleggers hogere eisen stellen aan installaties en eerder geneigd zijn op lange termijn te kijken dan woningbouwverenigingen. Opgemerkt dient te worden dat de Nationale Woningraad momenteel bezig is met het uitwerken van het milieubeleidsplan op federatieniveau. In Utrecht is dit inmiddels afgerond en heeft dit onder andere tot gevolg dat de bij een woningbouwfederatie aangesloten woningbouwvereniging standaard gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in overweging neemt.

Ad 3.

Hierbij kan men de woningbouw verdelen in sociale en particuliere woningbouw. In de sociale woningbouw spelen de door de overheid vastgestelde financiële normen een rol bij de aanschaf van een installatie. Hierdoor is de klimatiseringsinstallatie vaak een sluitpost en is de kwaliteit van de installatie minimaal. Er is geen ruimte voor meerkosten ten behoeve van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. In de particuliere woningbouw is over het algemeen sprake van duurdere koopwoningen en worden hogere eisen gesteld aan klimaatbeheersinstallaties en speelt de langetermijnvisie een rol. Uit telefoongesprekken is echter gebleken dat het al of niet toepassen van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning net zo als bij de verhuurders overwegend is gebaseerd op subjectieve bevindingen en toevallige contacten. Opvallend is dat in een enkel geval gebalanceerde ventilatie en warmteterugwinning juist als verkoopargument wordt gehanteerd.

Gesignaleerde knelpunten zijn:

1. De beslisser is niet op de hoogte van de voor- en nadelen van de verschillende ventilatiesystemen.
2. De installatiekeuze vindt plaats op basis van subjectieve bevindingen en/of op basis van voorspraak van toevallige contacten.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

3. De gevolgen van onvoldoende ventilatie worden onderschat.
4. Bij de afweging van mogelijke ventilatiesystemen wordt geen goede kostenvergelijking gehanteerd. Deze is momenteel niet eenduidig voorhanden. Een bijkomend probleem is dat de stichtingskosten vaak zo krap zijn, dat er keuzen gemaakt moeten worden. De investeerder is meestal niet geïnteresseerd in de exploitatiekosten, zodat slechts zelden voor warmteterugwinning wordt gekozen.

Een goede oplossing voor genoemde knelpunten is informatie- en kennisoverdracht. Mogelijke vormen zijn:

- Bijeenkomsten in de vorm van voorlichtingsavonden, workshops en excursies naar goed uitgevoerde projecten. Belangrijk hierbij is dat ervaringen worden uitgewisseld.
- Schriftelijke informatie over mogelijke ventilatiesystemen, met als aandachtspunten de effecten op het binnenmilieu, het energiegebruik, milieubelasting, globale kosten, gevolgen voor gebruikers.
- Overzicht van specifieke voorschriften, normen, richtlijnen, aanbevelingen en interessante literatuur.

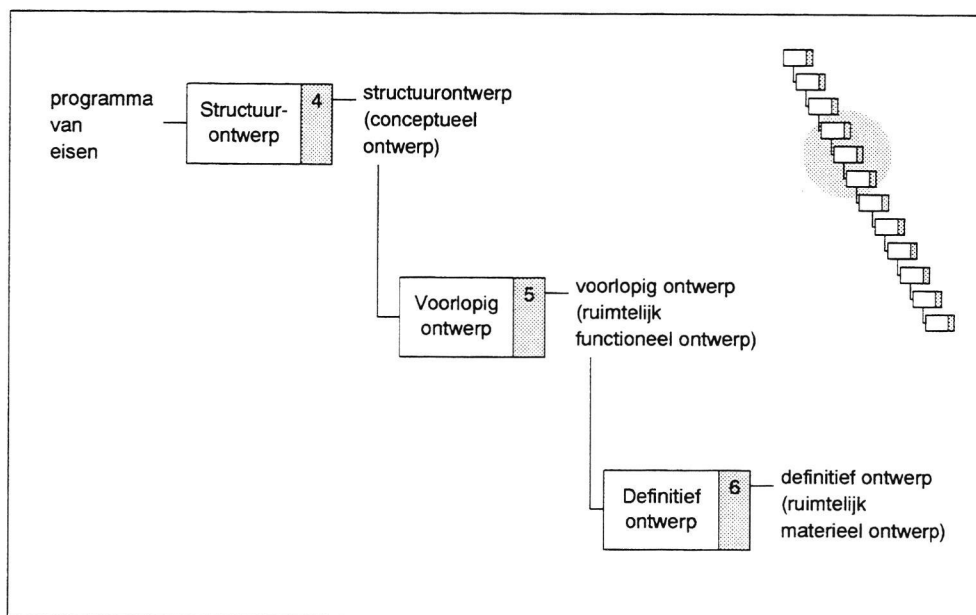
De opdrachtgever kan kennis ook inhuren via een installatiedeskundige (installateur, adviesbureau, ingenieursbureau). Het is in ieder geval belangrijk dat de keuze van een ventilatiesysteem wordt gebaseerd op dezelfde informatie. Deze informatie is nu niet eenduidig voorhanden. Hierbij is een belangrijke taak weggelegd voor de ondersteunende partijen.

Een andere oplossingsrichting, die algemeen geldt voor gebalanceerde ventilatie en warmteterugwinning, kan gezocht worden in overheidsmaatregelen door het harder maken van eisen, wensen en doelstellingen en door positieve prikkels, bijvoorbeeld middels voorlichting en subsidies.

3.3 Hoofdfase 2: ontwerp

Het ontwerpen begint bij het maken van een structuurontwerp en resulteert via een voorlopig ontwerp in een definitief ontwerp (zie figuur 3.8). Elke fase kenmerkt zich door een afgerond tussenresultaat met een eigen informatieve waarde. Met de fasering heeft de opdrachtgever de gelegenheid een aantal malen een afgerond geheel te overzien en te beoordelen. Hij kan op basis hiervan zijn eisen, wensen, verwachtingen en voorwaarden verder specificeren.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering



Figuur 3.8 Hoofdfase 2: ontwerp

In de structuurontwerpfase ligt de nadruk op de functionele analyse van het basis PvE, de consequenties daarvan voor de opzet van de hoofdstructuur van het bouwwerk en de inpassing van een ruimtelijke vertaling van het programma in terrein en omgeving. De output bestaat uit een nader uitgewerkt PvE en het structuurontwerp. Volgens [29] wordt in het kader van het technisch plan aandacht geschonken aan de energetische uitgangspunten en -principes, de energievoorziening, de energiebronnen en het energieniveau.

In de voorlopige ontwerpfase wordt het PvE verder gespecificeerd en worden de technische eisen per functie of ruimte betreffende constructie, installaties, bouwfysica, etc. vastgesteld. Binnen het technisch plan wordt de hoofdopzet van de energie-installaties aangegeven, en worden voorlopige capaciteitsberekeningen uitgevoerd.

In de definitieve ontwerpfase wordt het PvE definitief gemaakt. Er worden definitieve capaciteitsberekeningen gemaakt en de klimatiseringsinstallaties worden vastgelegd. In het definitief ontwerp is de woning getekend met daarin ingetekend de installatie. Ten aanzien van het gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning dienen een aantal onderdelen gespecificeerd te worden. In [3] is hiervan een lijst opgenomen. Tijdens het ontwerpen van een gebouw worden er continu keuzen en afwegingen gemaakt, bijvoorbeeld ten aanzien van vormgeving, materialen en geveloriëntatie. Vele van de gekozen oplossingen beïnvloeden het uiteindelijk te realiseren binnenmilieu of leggen beperkende randvoorwaarden op aan installaties die alsnog het gewenste klimaat moeten zien te realiseren.

Uiteindelijk bepalen alle componenten van een gebouw in hun onderlinge samenhang, gebruik en interactie met het macromilieu alle optredende binnenmilieuaspecten, zoals [15], [19]:

- de nabijheid van een autosnelweg als geluidhinderbron;
- grootte van glasvlakken;
- glasvlakken al dan niet op het zuiden georiënteerd;
- kwaliteit van de gevel;
- windinvloeden.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Kennis en begrip van deze componenten, verbanden en interacties is dan ook van essentieel belang voor diegene die bovengenoemde ontwerpbeslissingen neemt. De ontwerper moet ook goed weten wat de consequenties zijn van het kiezen van een ventilatiesysteem. De traditionele ontwerper, de architect, vervult drie rollen in het bouwproces:

- bouwkundig adviseur van de opdrachtgever;
- intermediair namens de opdrachtgever;
- vormgever.

Een gesignaleerd knelpunt is dat de hedendaagse architect zich heeft ontwikkeld tot een vormgever die een relatief kleine affiniteit heeft met kennis en ontwerpgeredschappen ten behoeve van het binnenmilieu en installaties.

De individuele kennisgebieden en onderlinge samenhangen zijn eenvoudigweg zo complex geworden, dat de architect niet meer de complete rol van integrator en optimalisator vertolkt. De rol van vormgever blijft wel onbetwist. Een zaak die hierbij niet over het hoofd gezien mag worden, is de decennialange ervaring die de architect heeft kunnen opbouwen met het vertalen van de wensen en behoeften van de klant. Een achtergrond die de gemiddelde aannemer niet heeft.

Om de afstand tussen ontwerp- en installatiewereld te verkleinen zullen met name veel architecten zich een nieuwe vorm van dienstverlening eigen moeten maken en daarvoor nieuwe deskundigheden moeten ontwikkelen [11], [15]:

- a. Inzicht verwerven in de gevolgen van hun ontwerpbeslissingen versus installatieconsequenties en vice versa. Een architect moet echter geen installatiedeskundige worden.
- b. Inzicht verwerven in de wijze, waarop verschillende meetbare en niet-meetbare bouwprestaties samenhangen en elkaar beïnvloeden.
- c. Het denken in en het werken met 'prestaties' eigen maken. Zij moeten een gedegen kennis opbouwen over normen, kwaliteitsverklaringen en alles wat daarbij hoort.

Over het algemeen kan men stellen dat de knelpunten, die bij hoofdfase 1 (§3.2) zijn gesignaleerd ook in deze hoofdfase gelden. Derhalve wordt ook hier gerichte informatie- en kennisoverdracht geadviseerd, in de vorm van:

- Bijeenkomsten in de vorm van voorlichtingsavonden, workshops en excursies naar goed uitgevoerde projecten. Belangrijk hierbij is dat ervaringen worden uitgewisseld.
- Schriftelijke informatie over mogelijke ventilatiesystemen, met als aandachtspunten de effecten op het binnenmilieu, het energiegebruik, milieubelasting, globale kosten, bouwkundige gevolgen, gevolgen voor installateurs en gebruikers, combinatiemogelijkheden met apparatuur voor ruimteverwarming en warmtapwater, onderhoud. In [31] is hiervoor een aanzet gegeven. Ook kan gedacht worden aan een brochure, waarin een groot aantal (bijv. 25) ontwerpvarianten zijn uitgewerkt.
- Overzicht van specifieke voorschriften, normen, richtlijnen, aanbevelingen en interessante literatuur.

Als de ontwerper zelf deze kennis niet heeft dient het te worden ingehuurd via een installatiedeskundige (installateur, adviesbureau, ingenieursbureau). De ontwerper hoeft niet exact op de hoogte te zijn van technische details. Die moeten de installatiedeskundige weten. Bijvoorbeeld waar en hoe je lucht inblaast. De installatiedeskundige geeft in het schetsontwerp een zone aan waar de roosters (met name inblaasroosters) mogen komen. De architect kan ook alle benodigde kennis inhuren door vanaf het begin een installatiedeskundige bij het ontwerp te betrekken. Het is in ieder geval belangrijk dat de keuze van een ventilatiesysteem wordt gebaseerd op dezelfde informatie. Hierbij is een belangrijke taak weggelegd voor de ondersteunende partijen.

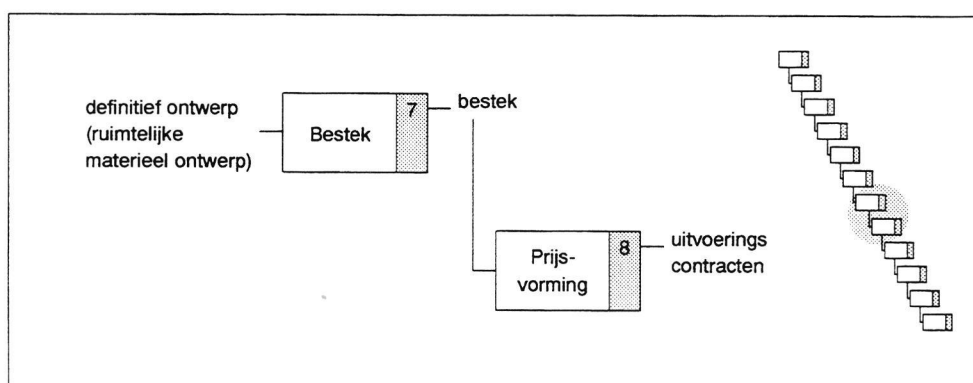
Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Een andere oplossingsrichting kan gezocht worden in overheidsmaatregelen door het harder maken van eisen, wensen en doelstellingen en door positieve prikkels, bijvoorbeeld middels voorlichting en subsidies.

De architect kan aan de opdrachtgever de goede mogelijkheden voorleggen. Het voordeel is dat men bewust een ventilatiesysteem kan kiezen waarvan men de gevolgen op voorhand kan inschatten. Voor een ideale situatie is overleg tussen opdrachtgever, architect en installatiedeskundige noodzakelijk. Bij een door een ander strikt voorgeschreven ontwerp bestaat er namelijk geen ruimte voor produktoriëntatie. Produktoriëntatie betekent meer kennisinvestering, meer aandacht voor de specifieke vragen van de klant, research, technische ontwikkeling etc. Door de invoering van het Bouwbesluit ligt de weg naar produktoriëntatie open [11]. Uiteindelijk dient het een en ander ertoe te leiden dat de opdrachtgever, architect en installatiedeskundige gaan kwaliteitsdenken: een soort beroepsaansprakelijkheid, waarbij men denkt: 'dit is het beste ventilatiesysteem voor deze woning en zo dient het gerealiseerd te worden'. Een slecht ontwerp levert een slecht eindresultaat, hoe goed de realisatie ervan ook moge zijn.

3.4 Hoofdfase 3: uitwerking

In figuur 3.9 is te zien dat deze hoofdfase bestaat fase 7 en 8.



Figuur 3.9 Hoofdfase 3: uitwerking

In de bestekfase (fase 7) ligt de nadruk op de technische uitwerking van het plan. Van 'echt ontwerpen' is geen sprake meer [29]. Het plan wordt vastgelegd in de vorm van bestektekeningen en een beschrijving, zodanig, dat een compleet beeld van het plan tot in detail ontstaat. Het bestek is in principe het goedgekeurde definitieve detailontwerp, bestaande uit administratieve bepalingen, technische bepalingen en werkbeschrijvingen, aangevuld met juridische en organisatorische aspecten. Het bestek vormt min of meer de verbinding tussen theorie en praktijk. Het bestek bestaat uit onderdelen, die ieder aspecten betreffen van een bepaalde aard, zoals bouwkundig, elektrotechnisch, werktuigbouwkundig, etc. Voor bestekken bestaan standaardvormen, verzameld in STABU. In het bestek zijn voorschriften en taakbeschrijvingen opgenomen voor de levering en montage, te gebruiken materiaal en bijbehorende randvoorwaarden [17]. Een voorschrift wordt omschreven en gemotiveerd door middel van een functionele eis, een prestatie-eis of een beschrijvende eis.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Functionele eisen beschrijven het produkt in termen van 'het moet geschikt zijn voor'. Een functionele eis is niet gekwantificeerd en een functionele eigenschap is niet meetbaar in de betekenis die daar normaal aan wordt gehecht. Kenmerken van functionele eisen zijn [17]:

- ze gaan uit van de behoefte van de gebruiker/opdrachtgever;
- ze geven een motief of een functie aan;
- de mate van functievervulling is niet objectief door middel van meting of berekening te kwantificeren.

Een gesignaleerd knelpunt is dat vaak in een bestek staat 'of gelijkwaardig', waarover achteraf problemen kunnen ontstaan. Wenselijk is dat de uitvoerder (bijvoorbeeld installateur) zal moeten aangeven waarom hij een bepaalde keus maakt en wat zijn inziens de consequenties zijn. Hij moet kwaliteitsdenken en dus een kwaliteitsverklaring afgeven.

Een prestatie-eis is de vertaling van een functionele eis in een meetbare en controleerbare grootte. Prestatie-eisen beschrijven het te maken gebouw of produkt in gekwantificeerde eigenschappen die eenduidig te bepalen of te meten zijn. Bovendien is een prestatie-eis onafhankelijk van materialen of constructies geformuleerd. Kenmerken van prestaties zijn:

- ze zorgen gezamenlijk voor de vervulling van een aantal functies en leggen daarmee de beoogde kwaliteit voor een belangrijk deel vast;
- ze zijn eenduidig gedefinieerd en daardoor meetbaar en controleerbaar;
- de definiëring en daarmee de meting is onafhankelijk van materiaal of constructie.

Beschrijvende eisen geven aan waarvan en/of hoe het produkt moet worden gemaakt. Een beschrijvende eis is een receptuur. Door het stellen van beschrijvende eisen wordt niet optimaal gebruik gemaakt van de know-how van de uitvoerende.

In fase 8, prijsvorming, worden bindende afspraken gemaakt over de uitvoeringsvoorwaarden, betreffende de aanneemsom, de aanvangs- en opleveringsdatum en de diverse administratieve en technische bepalingen. De resultaten zijn uitvoeringscontracten.

Het hoofdaannemerschap wordt veelal uitgevoerd door degene die het grootste aandeel heeft in het bouwproces. In de woningbouw is dit de bouwkundige aannemer. De installateur is dan onderaannemer, maar kan ook apart door de opdrachtgever worden aangesteld. De hoofdaannemer kan werk uitbesteden, maar moet wel belangrijke taken blijven uitvoeren, zoals de coördinatie, organisatie en controle van het bouwproces en terugkoppeling van opgedane kennis en ervaringen.

Een knelpunt is dat de uitvoerder pas in deze fase wordt ingeschakeld [30]. Daardoor is het niet mogelijk om bij het ontwerpen gebruik te maken van zijn uitvoeringsdeskundigheid. Ook is het niet mogelijk om het ontwerp aan te passen aan de technische en logistieke mogelijkheden van het bedrijf dat het ontwerp gaat uitvoeren. Uitvoerende bedrijven hebben geen garantie dat ze hun ervaringen in volgende projecten kunnen benutten en worden derhalve niet uitgedaagd tot innovatieve ontwikkelingen.

Een mogelijkheid om deze situatie het hoofd te bieden is het medeverantwoordelijk maken van toeleverancier en onderaannemer voor de kosten en het eindresultaat. Een slim produkt van de toeleverancier of zijn meedenken kan leiden tot grote besparingen en een beter eindresultaat. De hoofdaannemer zal kieskeurig moeten zijn bij de selectie van toeleveranciers en onderaannemers. Eerst zal hij moeten selecteren op basis van criteria als kwaliteit, betrouwbaarheid, technische know-how etc. en pas in tweede instantie een keuze moeten maken op basis van prijs. In vergelijking met de huidige situatie betekent dat een verandering van houding, taken en verantwoordelijkheden. De toeleverancier dient derden zelf te controleren.

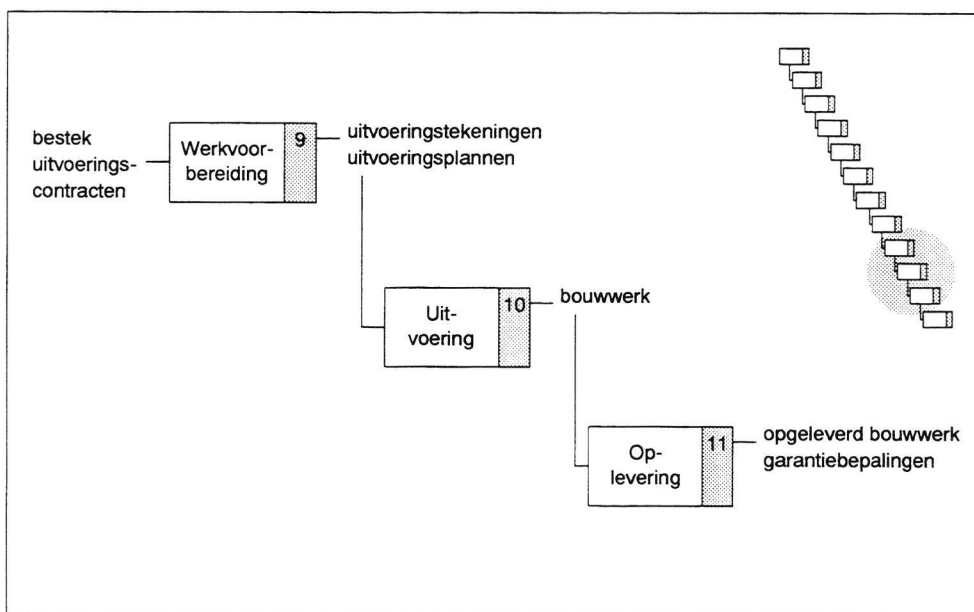
Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Daarnaast verdient het de voorkeur zoveel mogelijk beschrijvende eisen te beperken om een voordelige en efficiënte uitvoeringsvorm mogelijk te maken en om optimaal gebruik te maken van de know-how van de uitvoerende.

Een ander knelpunt is dat in het bestek vaak wordt verwezen naar normen en richtlijnen voor het aanbrengen zelf (bijvoorbeeld via een NPR). Een mogelijk knelpunt hierbij is dat het ontaardt in betuttelen. Beter is om algemeen te stellen dat als volgens de NPR wordt gewerkt het goed gaat, maar als het op een andere manier kan, dan mag dat ook mits er een kwaliteitsverklaring bij is van een erkende instantie.

3.5 Hoofdfase 4: realisatie

Deze hoofdfase bestaat uit drie subfasen (zie figuur 3.10).



Figuur 3.10 Hoofdfase 4: realisatie

In de eerste fase (fase 9) vindt werkvoorbereiding plaats [30]. Het plan wordt technisch uitgewerkt in de vorm van productie- en uitvoeringstekeningen en door het plannen van tijd, geld, materialen, materieel, arbeid en bouwplaatsvoorzieningen, zodanig dat de werkzaamheden tijdens de uitvoeringsfase (fase 10) kunnen worden gestuurd en bewaakt. Bij ieder bedrijf hoort een bedrijfsproces, een manier van werken. Meer bedrijven betekent meer bedrijfsprocessen. Deze processen moeten goed op elkaar zijn afgestemd. Dit betekent een kritieke-pad-planning, oftewel wie doet wat, wanneer en hoelang duurt dat. Er moeten ook procedures worden afgesproken dat als iemand tijdens het bouwproces dingen wil aanpassen het bekend moet zijn hoe hij dat terugkoppelt.

Om er voor te zorgen dat de uitvoerder een kwalitatief goed resultaat aflevert zou men voor de verschillende disciplines een waarborgcertificaat in het leven kunnen roepen.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

De Vereniging van Nederlandse Installatiebedrijven (VNI) is momenteel bezig met een kwaliteitszorgsysteem, waarbij de invoering van een waarborgcertificaat voor verschillende disciplines – ook luchttechnische installaties – een belangrijk onderdeel is. Hiermee is een duidelijk herkenbare kwaliteitscontrole mogelijk.

Een belangrijk onderdeel van de uitvoering is het inregelen. De goede werking van een ventilatiesysteem wordt niet uitsluitend bepaald door de aanwezigheid van de benodigde voorzieningen, zoals ventilatie-roosters of een draaiende ventilator. Uit meetresultaten van het TNO praktijkonderzoek [1] blijkt:

- er zijn onderlinge verschillen tussen woningen, behorende tot eenzelfde woningbouwproject;
- in de meeste woningen is geen sprake van voldoende balans in de mechanische toe- en afvoer;
- de installatie alléén realiseert niet altijd de ventilatie-eisen, waarbij de oorzaken velelei kunnen zijn (ontwerp, uitvoering, gebruik, onderhoud).

De goede werking wordt hoofdzakelijk bepaald door [3], [20], [21]:

- voldoende en tochtvrije luchttoevoer en afvoer op de juiste plaats;
- het gecontroleerd en tochtvrij door de woning laten stromen van verse lucht naar de afzuigpunten (doorspuien);
- ongevoeligheid voor weersomstandigheden;
- lage geluidproductie door de installatie.

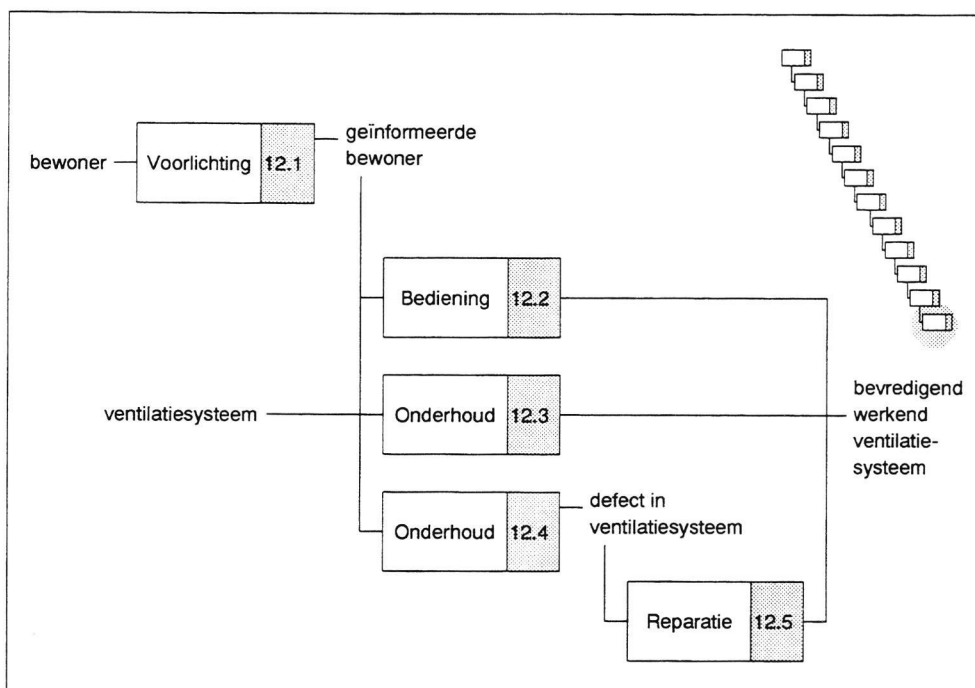
Een knelpunt is dat volgens het Bouwbesluit slechts onder bepaalde condities aan de gestelde eis moet worden voldaan. Er zijn ook geen voorschriften in het Bouwbesluit opgenomen aangaande het type ventilatiesysteem dat men in bepaalde situaties het best kan toepassen. Ook in dit geval is informatie- en kennisoverdracht voor installateurs aan te bevelen. De gedachten gaan uit naar:

- Schriftelijke informatie over mogelijke ventilatiesystemen, met als aandachtspunten de effecten op het binnenmilieu, het energiegebruik, milieubelasting, globale kosten, bouwkundige gevolgen, gevolgen voor installateurs en gebruikers, combinatiemogelijkheden met apparatuur voor ruimteverwarming en warmtapwater, onderhoud.
- Schriftelijke informatie over systeemcomponenten (gegevens, kenmerken en/of eigenschappen).
- Overzicht van specifieke voorschriften, normen, richtlijnen, aanbevelingen en interessante literatuur ten behoeve van het installeren, onderhouden en repareren.

In fase 11 vindt oplevering plaats, waarbij garantiebepalingen worden vastgelegd. Kwaliteitsverklaringen kunnen hierbij waardevolle documenten worden.

3.6 Hoofdfase 5: gebruik

In figuur 3.11 is de gebruiksfase uitgewerkt voor het ventilatiesysteem.



Figuur 3.11 Hoofdfase 5: gebruik

Uit het TNO praktijkonderzoek [1] blijkt dat bijna de helft van de bij het onderzoek betrokken bewoners vindt dat zij onvoldoende is voorgelicht. De meesten blijken wel geïnteresseerd, maar hebben niet de moeite genomen de schriftelijke documentatie door te lezen. Een mondelinge uitleg/toelichting blijkt wel aan te slaan. Uit hetzelfde onderzoek blijkt ook dat er een verband bestaat tussen het wel of niet schoonmaken van de filters van het ventilatiesysteem en het ervaren van problemen. Bewoners die de filters regelmatig schoonmaken/vervangen ervaren minder problemen. Bij de gebruikers van woningen mag geen inzicht worden verondersteld ten aanzien van de werking en bediening van ventilatiesystemen. De werking van het ventilatiesysteem zal voor iedere gebruiker direct duidelijk moeten zijn of duidelijk gemaakt moeten worden. De bewoner (gebruiker) dient informatie te krijgen over de werking en bediening van de installatie, hoe vaak er wat verschoond moet worden en wat hij moet doen bij storingen en wat vooral niet. Ook is het aan te bevelen de bewoners voor te lichten wat te doen bij externe calamiteiten, zoals een gifwolk. Het is aan te bevelen deze informatie in ieder geval mondeling over te dragen bij oplevering van de woning. Een algemene verbetering van het bewonersgedrag is mogelijk door er voor te zorgen dat ook door het grote publiek het belang van een goede ventilatie wordt onderkend. Een mogelijkheid dit te bewerkstelligen is algemene voorlichting te geven via de media. Hierbij is een belangrijke taak weggelegd voor alle partijen die een goede en energiezuinige ventilatie nastreeft.

Uit [1] is ook gebleken dat professioneel onderhoud niet altijd goed gebeurt. Gerichte kennisoverdracht naar de onderhoudsmonteur is wenselijk. Met de invoering van het

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

waarborgcertificaat wordt dit probleem grotendeels ondervangen. Daarnaast is een taak weggelegd voor fabrikanten en toeleveranciers van bijvoorbeeld warmteterugwinapparatuur, roosters en ventielen.

Algemeen kan nog opgemerkt worden dat al eerder in dit hoofdstuk is gesteld dat bij de selectie van een installatie het bedieningsgemak, de onderhoudsvriendelijkheid en storingsgevoeligheid een rol dienen te spelen. Hierbij is samenwerking met de andere bij het werk betrokken disciplines (leveranciers, aannemer, installateurs, etc.) in een latere fase een logisch vervolg.

4 Beoordelen en selecteren ventilatiesysteem

4.1 Algemeen

Bij het selecteren van een ventilatiesysteem en het kiezen van materialen en producten is sprake van een keuzevraagstuk. Een keuzevraagstuk is aanwezig wanneer uit meerdere alternatieven de beste oplossing gekozen moet worden. Het is van groot belang om dergelijke keuzevraagstukken op een juiste wijze aan te pakken. Een goede methodiek vanuit procesmatige benadering is gewenst. Ook een besliskundige ondersteuning om de feitelijke keuzes te maken is daarbij nodig. In grote lijnen ziet de algemene aanpak van keuzevraagstukken er als volgt uit:

1. Verzorg een goede probleemdefinitie.
2. Bepaal de alternatieven en de selectiecriteria.
3. Bepaal voorkeuren, dat wil zeggen leg de invloed van selectiecriteria op het eindoordeel vast middels het toekennen van weegfactoren. Bij het vaststellen van de invloed van een selectie criterium op het eindoordeel kan men onderscheid maken tussen harde en zachte factoren. Harde factoren zijn wetgeving, normering, berekeningen, modellering, tabellen, etc. Zachte factoren zijn visie, mening, intuïtie, etc. In tegenstelling tot de harde factoren leiden de zachte factoren vaak tot discussies. Voor het oplossen van het keuzevraagstuk is consensusvorming bij de betrokkenen een noodzaak. Dit kan per geval verschillen.
4. Bepaal het 'beste' alternatief door middel van wegen.

In dit hoofdstuk is geanalyseerd of de algemene aanpak van keuzevraagstukken toegepast kan worden op het kiezen van een ventilatiesysteem in een woning. In paragraaf 4.2 t/m 4.5 zijn de vier bovengenoemde te onderscheiden stappen nader uitgewerkt, en in paragraaf 4.6 volgen de bevindingen.

4.2 Probleemdefinitie

Het probleem is het kiezen van een passend ventilatiesysteem in een woning, waarbij de Ausgangssituatie, zoals woningeigenschappen en gewenst binnenmilieu, bekend is.

4.3 Alternatieven en selectiecriteria

4.3.1 Alternatieven

De toevoer van verse buitenlucht en de afvoer van vervuilde binnenlucht kan op natuurlijke of mechanische wijze plaatsvinden. Derhalve zijn in principe vier soorten ventilatiesystemen mogelijk [3], [4], zoals in tabel 1 is weergegeven. Warmteterugwinning is alleen mogelijk in combinatie met gebalanceerde ventilatie (systeem D).

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Van elk soort zijn meerdere varianten mogelijk, afhankelijk van uitvoeringsvorm of produkt- en/of apparaatkeuze. De mogelijke alternatieven dienen geïnventariseerd en gerubriceerd te worden en het functioneren van de verschillende alternatieven in een bepaalde woning dient in kaart te worden gebracht. Veel informatie is thans al beschikbaar. Van produkten bestaat veel (technische) informatie. Deze informatie kan worden opgenomen in databases, die vervolgens up-to-date dienen te worden gehouden. Kennis van het functioneren van verschillende ventilatiesystemen is gedeeltelijk als deskundigheid bij experts aanwezig of ligt in de vorm van normen, richtlijnen, onderzoeksresultaten, etc. vast. Deze kennis dient te worden gebundeld en lacunes in kennis dienen te worden opgevuld, bijvoorbeeld via (laboratorium)metingen en/of computersimulaties. Een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning is opgebouwd uit een keten van onderdelen, zodat het functioneren van zo'n ventilatiesysteem wordt bepaald door het functioneren van deze afzonderlijke onderdelen en hun interactie.

Tabel 1 Soorten ventilatiesystemen

Systeem	Combinatie
A	natuurlijk toe/natuurlijk af
B	mechanisch toe/natuurlijk af
C	natuurlijk toe/mechanisch af
D	mechanisch toe/mechanisch af

4.3.2 Selectiecriteria

Het uiteindelijke oordeel over een ventilatiesysteem wordt bepaald door drie algemene parameters: kosten, geleverde kwaliteit en milieubelasting van de wieg tot het graf. Deze tamelijk abstracte parameters worden weer beïnvloed door parameters van een lagere orde, die op hun beurt weer bepaald worden door parameters van nog een orde lager, etc. De laagste orde parameters zijn waarneembare grootheden, waaraan een getal of kwalificatie gekoppeld moet worden. Op deze manier is een beïnvloedingsdiagram op te stellen dat is uitgewerkt van abstract naar concreet. Bijlage 1 toont een aanzet tot een beïnvloedingsdiagram, zoals dat opgesteld kan worden voor ventilatiesystemen. De volledigheid die op deze manier kan worden bereikt, is een belangrijk element, aangezien deze de kwaliteit van de uiteindelijke resultaten van een beslissing of keuze bepaalt. Uiteraard zijn er parameters die op dit moment minder belangrijk zijn en wellicht ook blijven, maar er zijn ook parameters die waarschijnlijk in de nabije toekomst wel belangrijk worden, zoals bijvoorbeeld de milieubelasting.

Voor zover mogelijk moeten de laagste-orde parameters (de waarneembare grootheden) zo concreet mogelijk worden ingevuld.

Voorbeeld: verkrijgbaarheid van onderdeel.

Onder verkrijgbaarheid wordt verstaan het gemak waarop een onderdeel te koop is. Een waarneembare grootheid is het aantal adressen waar een onderdeel te verkrijgen is. Het aantal adressen wordt dus vertaald naar een oordeel over de verkrijgbaarheid van een onderdeel.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Tabel 2 *Verkrijgbaarheid onderdeel*

Aantal adressen in Nederland	Verkrijgbaarheid onderdeel
≥20	goed
10-20	matig
≤10	slecht

4.4 Weegfactoren

Om een eindoordeel over het ventilatiesysteem te kunnen geven of om verschillende systemen met elkaar te kunnen vergelijken dienen de relevante selectiecriteria tegen elkaar te worden afgewogen. Hierbij is het noodzakelijk om op ieder niveau in het beïnvloedingsdiagram de mate van belangrijkheid van een parameter aan te geven door een weegfactor toe te kennen, die te zamen het oordeel bepalen over een parameter van een niveau hoger.

Voorbeeld

De *repareerbaarheid* is hier bepaald door vijf parameters: *bereikbaarheid*, *demonteerbaarheid*, *verkrijgbaarheid van onderdelen*, *complexiteit van het systeem* en *bekendheid van reparateur met het systeem* (zie bijlage 1). De invloed van deze vijf parameters op het eindoordeel ten aanzien van *repareerbaarheid* wordt vastgelegd door aan elke parameter een weegfactor – een getal tussen 0 en 1 – toe te kennen, waarbij de som van de weegfactoren 1 is.

De *repareerbaarheid* bepaalt een niveau hoger samen met de parameters *materiaalbestendigheid* en *onderhoudbaarheid* het oordeel ten aanzien van de *levensduur*. Aan deze drie parameters wordt ook een weegfactor – een getal tussen 0 en 1 – toegekend, waarbij de som van de drie weegfactoren weer 1 is.

Weer een niveau hoger bepaald het oordeel ten aanzien van de *levensduur* met zeven andere parameters de *kwaliteit van het ventilatiesysteem*.

Deze laatste parameter bepaald samen met de parameters *kosten* en *milieu-oordeel* het uiteindelijke oordeel over het *ventilatiesysteem*. Op alle niveaus wordt dezelfde procedure van weegfactoren toekennen toegepast.

De weegfactoren zijn afhankelijk van onder andere overheidsbeleid, nieuwe technische ontwikkelingen of maatschappelijke ontwikkelingen. Daarnaast zullen bij het selecteren van een ventilatiesysteem in een concrete situatie de persoonlijke voorkeuren van de betrokkenen een dominante rol spelen. De waarde van een parameter en zijn gewicht bepalen samen hoe groot de invloed van de parameter is.

4.5 Wegen: bepalen ‘beste’ alternatief

Het ‘beste’ alternatief wordt bepaald door het uitvoeren van weging. Thans worden door mensen bepaalde keuzes gemaakt, waarbij sprake is van bewuste en onbewuste parameters en (af)wegingen. Als veel aspecten de keuze beïnvloeden is een objectief hulpmiddel een noodzaak. TNO heeft ten behoeve van complexe wegingen

het computerprogramma DATUM ontwikkeld (zie bijlage 2). DATUM staat voor Decision Analysis Tool Using Multi-attribute analysis. Er zijn enkele proefwegingen uitgevoerd om te bepalen of weging met DATUM mogelijk en bruikbaar is bij ventilatiesystemen. Daarnaast zijn enkele specifieke mogelijkheden van DATUM betreffende variëren weegfactoren, gevoeligheidsanalyses, etc. uitgeprobeerd.

4.6 Bevindingen

De algemene aanpak van keuzevraagstukken is goed bruikbaar bij het kiezen van een ventilatiesysteem voor een woning. Het opstellen van een zogenaamd beïnvloedingsdiagram blijkt goed mogelijk en het computermodel DATUM is een geschikt hulpmiddel om door weging het beste alternatief te bepalen.

Deze werkwijze kan in twee richtingen ontwikkeld worden:

1. Vergelijken van bepaalde systemen ten behoeve van het selecteren en beoordelen in een concrete situatie.
2. Vergelijken van typen systemen in het algemeen voor bijvoorbeeld onderbouwen en/of sturen van overheidsbeleid, of gericht op het inventariseren van ontwikkelingskansen van nieuwe systemen.

5 Conclusies en aanbevelingen

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning kan aan alle inrichtings-eisen uit NEN 1087 voldoen, en zal bovendien onder alle klimaatomstandigheden aan de kwaliteitseisen van NEN 1087 voldoen. Dit in tegenstelling tot natuurlijke ventilatie, waarbij meestal alleen onder de condities van de bepalingmethoden aan de kwaliteitseisen kan worden voldaan.

Een andere belangrijke invalshoek is energiebesparing. Naarmate een lager energiegebruiksniveau voor een woning wordt geëist zal warmteterugwinning een belangrijkere optie worden. Mede doordat een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning met elk verwarmingssysteem is te combineren mag verwacht worden dat deze ventilatietechniek meer en meer zal worden toegepast. Het is derhalve belangrijk aandacht te schenken aan het bouwproces, zodat uiteindelijk een dergelijk ventilatiesysteem in de woning ook goed functioneert.

Een belangrijk gesignaleerd knelpunt is dat over het algemeen het nut van goed ventileren te weinig wordt erkend, en dat de gevolgen van slecht ventileren worden onderschat. Hierdoor vormt met name de afstand tussen bouwkundig ontwerp en installatie een mogelijke bron van problemen. Opdrachtgevers en architecten die de keuze van het ventilatiesysteem bepalen zijn veelal niet op de hoogte van de voor- en nadelen van de verschillende ventilatiesystemen, terwijl de uitvoerder (installateur) pas in de fase van prijsvorming wordt ingeschakeld. Bovenstaande wordt bevestigd door het feit dat de keuze voor gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning overwegend plaatsvindt op basis van subjectieve bevindingen en/of op basis van voor-spraak van toevallige contacten. Hierbij moet men zich realiseren dat een slecht ontwerp een slecht eindresultaat oplevert, hoe goed de realisatie ervan ook moge zijn. Een bijkomend probleem is de negatieve publiciteit. Ondanks het feit dat er bouwprojecten zijn waarbij de installatie goed functioneert, zijn het de projecten met problemen die in de publiciteit komen.

Een oplossingsrichting is integratie en samenwerking, hetgeen alleen mogelijk is als de samenwerkende partijen dezelfde doelen nastreven, daarbij ook dezelfde belangen hebben, en dezelfde uitgangspunten hanteren. In het kader van dit onderzoek is het belangrijk dat ten eerste alle partijen onderkennen wat de gevolgen van slecht ventileren voor bewoner en woning kunnen zijn, en dat ten tweede een ventilatiesysteem wordt geselecteerd op grond van dezelfde eenduidige uitgangspunten en basisinformatie. Aspecten die hierbij een belangrijke rol spelen zijn de effecten op het binnenmilieu bij verschillende omstandigheden, het energiegebruik, investerings- en exploitatiekosten, bouwkundige gevolgen, gevolgen voor installateurs, combinatie-mogelijkheden met ruimteverwarming en warm tapwater levering, onderhoudsvriendelijkheid, storingsgevoeligheid, bedieningbaarheid, milieubelasting. Bij samenwerken is het ook nodig om een aantal zaken concreet vast te leggen. Daarbij gaat het specifiek om zaken als duidelijke formulering van doelstellingen en benoemen van verantwoordelijkheden en bevoegdheden. Wil men aan de eisen van een kritische markt kunnen voldoen dan zullen niet alleen de bedrijfsprocessen, maar vooral ook het bouwproces efficiënt en effectief moeten zijn. Efficiënt en effectief vragen om zorg voor kwaliteit. De gevraagde kwaliteit moet worden gedefinieerd en het bouwproces dient dankzij een kwaliteitszorgsysteem zodanig ingericht te zijn dat de gevraagde kwaliteit tegen de afgesproken prijs op het overeengekomen tijdstip wordt geleverd.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Uiteindelijk dient het een en ander ertoe te leiden dat alle betrokkenen gaan kwaliteitsdenken: een soort beroepsaansprakelijkheid, waarbij men denkt: 'dit is het beste ventilatiesysteem voor deze woning en zo dient het gerealiseerd te worden'.

Er zijn verbeteringen mogelijk op korte termijn en verbeteringen op de wat langere termijn.

Voor verbeteringen op *korte termijn* zijn twee oplossingsrichtingen te onderscheiden, waarbij de uitwerking van de ene oplossingsrichting door de andere wordt versterkt:

1. Kennis-, informatie- en ervaringsoverdracht.
2. Overheidsmaatregelen.

Ad 1.

Er dient informatie beschikbaar te komen die specifiek is voor iedere doelgroep uit het bouwproces:

- Voor degene die verantwoordelijk is voor en invloed heeft op de keuze en/of het ontwerp van een ventilatiesysteem dient informatie beschikbaar te komen, waarin de verschillende ventilatiesystemen zijn beschreven, met als mogelijke aandachtspunten de effecten op het binnenmilieu, het energiegebruik, milieubelasting, kostenvergelijking met andere systemen, bouwkundige gevolgen, gevolgen voor installateurs en gebruikers, combinatiemogelijkheden met apparatuur voor ruimteverwarming en warmtapwater, onderhoud.
- Voor het ontwerpen en installeren dient een overzicht opgesteld te worden waarin alle systeemcomponenten van een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning zijn gerubriceerd met bijbehorende belangrijke gegevens, kenmerken en/of eigenschappen. Bijvoorbeeld van alle soorten WTW-units gegevens over rendement, elektra-verbruik, afmetingen, materialen, montage-voorschriften, kosten, etc. (zie [25]) of van alle soorten toevoerroosters en afvoerventielen gegevens over werp, weerstand, mate van inductie, geluidproductie, etc. (zie [26] en [28]). Deze algemene informatie is zowel bruikbaar voor ontwerper als voor een ieder die in de praktijk betrokken is bij de realisatie van een ventilatiesysteem. Een andere mogelijkheid is het opstellen van een brochure met een groot aantal (bijv. 25) uitgewerkte ontwerpvarianten.
- De installateur moet kunnen beschikken over inbouwaanbevelingen en/of -richtlijnen.
- De woningbeheerder en bewoner moeten geïnformeerd worden over de bediening, onderhoud en storingen.

ISSO 28 [3] en het onderliggende researchrapport [4] bevatten veel bruikbare informatie, maar zijn gericht op teveel verschillende doelgroepen. Het is beter om per doelgroep informatie beschikbaar te stellen. Hierbij valt te denken aan het schrijven van brochures, richtlijnen, normen en rapporten, het houden van lezingen, het organiseren van workshops, congressen en excursies.

Belangrijk is dat informatie- en kennisoverdracht een breed draagvlak binnen de doelgroep heeft, up-to-date blijft en dat het voor de doelgroep in begrijpelijke taal gebeurt. Een leidende rol is weggelegd voor ondersteunende partijen als ISSO, NOVEM, onderzoeksinstituten (bijvoorbeeld TNO), waarbij samengewerkt dient te worden met de betrokken doelgroepen.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Ad 2.

De overheid heeft de taak randvoorwaarden te definiëren vanuit maatschappelijk belang. Het gaat er hierbij niet om een verbodsbeleid te voeren, maar om bepaalde ontwikkelingen te stimuleren. De overheid heeft hiervoor de volgende drie instrumenten ter beschikking:

- Verinnerlijkende maatregelen, die randvoorwaarde scheppend en doelstelling bepalend zijn. De overheid kan bijvoorbeeld het grote publiek voorlichten over het nut van goed ventileren.
- Markt-conforme instrumenten, prikkels in de vorm van heffingen, subsidies, premies. Voorbeelden zijn: De toepassing van warmteterugwinning opnemen in de puntenwaardering ten behoeve van een energiecertificaat en warmteterugwinning in de nieuwbouw subsidiëren.
- Fysieke regulering in de vorm van geboden en verboden, zoals voorschriften, vergunningen, wetten, normen en richtlijnen. Voorbeelden zijn kwaliteitseisen stellen aan het binnenmilieu, aangeven dat in bepaalde situaties het best gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning kan worden toegepast.

Op *langere termijn* dienen voor alle te onderscheiden functies binnen het bouwproces de eisen, wensen, voorwaarden, aandachtspunten eenduidig uitgewerkt en vastgelegd te worden, zodat het uitvoeren van de betreffende functie tot een kwalitatief goed resultaat leidt. Toetsen is daarbij een steeds terugkerende activiteit. Het geeft de zekerheid dat het proces naar wens verloopt of dat het ergens aan ontbreekt. Toetsen is een belangrijke voorwaarde voor kwaliteitsbeheersing. Een mogelijkheid is het opstellen van een checklist, waarop de verantwoordelijke uitvoerders accorderen voor het volbrengen van een bepaalde taak, of waarop de uitvoerder eventuele afwijkingen/aanpassingen kan aangeven. De kwaliteit dient te worden gegarandeerd middels een kwaliteitsverklaring of een waarborgcertificaat. Op deze manier heeft de uitvoerder in zekere zin vrijheid van handelen. Hij moet weliswaar werken volgens een aantal gemaakte afspraken – deze zullen in de toekomst meer worden – maar kan wel naar eigen inzicht en op basis van ervaring aanpassingen en/of afwijkingen doorvoeren, mits hij het meldt en de kwaliteit gewaarborgd blijft. Er moet ook niet teveel worden vastgelegd, want dat demotiveert mensen waardoor ze contra-productief worden. Het kwaliteitssysteem moet geen doel op zich worden, maar een middel om de doelstellingen te verwezenlijken.

Een belangrijk hulpmiddel voor het opstellen van checklisten kan een beïnvloedingsdiagram zijn, waarin de parameters, die het eindoordeel bepalen over een ventilatiesysteem, zijn gerubriceerd en gerangschikt. Zo'n diagram tracht de kennis van verschillende partijen (opdrachtgever, architect, aannemer, installateur, etc.) geïntegreerd en gecondenseerd weer te geven. In dit rapport is een aanzet gemaakt.

Het beïnvloedingsdiagram kan ook uitstekend gebruikt worden om:

- ventilatiesystemen te classificeren ten behoeve van selectie en beoordeling in een concrete situatie;
- uitspraken te doen over een bepaald aspect – bijvoorbeeld milieubelasting – ten behoeve van onderbouwen en/of sturen van overheidsbeleid, of gericht op nieuwe ontwikkelingen.

Hiervoor is het noodzakelijk het diagram verder uit te werken en te operationaliseren. Uitwerking betekent het inventariseren en ordenen van relevante parameters. Operationalisatie heeft betrekking op het kwalificeren en kwantificeren van de effecten van parameters op het oordeel over een ventilatiesysteem.

6 Literatuurverwijzingen

- [1] Hendriksen, L.J.A.M.
Praktijkonderzoek warmteterugwin-apparatuur, met een platen kruisstroom
warmtewisselaar, toegepast in de woningbouw.
TNO-rapport, Apeldoorn, 1990.
- [2] Cornelissen, H.J.M.
Bruinverkleuring in woningen.
Verwarming en Ventilatie, 1989, nr. 8.
- [3] ISSO 28.
Gebalanceerde ventilatie in woningen.
Aanbevelingen voor ontwerp en uitvoering van ventilatiesystemen met
warmteterugwinning.
Concept-rapportage, juni 1992.
- [4] Veld, P.J.M. Op 't.
Warmteterugwinning in woningen.
Rapport Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs B.V., Maastricht, 1991.
- [5] Wagenaar, E.J.
Zonne-energie.
Inleiding Verwarming en Ventilatie, 1990, nr. 2.
- [6] Walter, U. en anderen.
Luftqualität im Einfamilienhaus untersucht.
HLH Bd. 40, 1989, nr. 7.
- [7] Ogink, J.A.M.
Waarom zit er in elke nieuwbouwwoning geen warmteterugwinunit?
Verwarming en Ventilatie, 1992, nr. 9.
- [8] Flapper, W.
Balansventilatie rendabel.
Verwarming en Ventilatie, 1992, nr. 2.
- [9] Dubbeld, M.
Klimaat en energiegebruik radiatoren- en luchtverwarming vergeleken.
Verwarming en ventilatie, 1987, nr. 5.
- [10] Bouwbesluit los zien van aanbestedingsvorm.
Bouw, 1992, nr. 24.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

- [11] Kettlitz, J.H.Th.O.
 Samenwerken in de bouw:
 deel 1: Bouwbesluit maakt produktoriëntatie mogelijk;
 deel 2: Hoofdaannemer staat voor moeilijke keuze;
 deel 3: De moeizame relatie tussen architect en aannemer;
 deel 4: Spanningen rond heroriëntatie.
 Bouw, 1992, nrs. 10, 11, 16/17 en 18.
- [12] Hengeveld, J.D.
 Veel misverstanden rond kwaliteitsverklaringen.
 Bouw, 1992, nr. 16/17.
- [13] Mos, P. de.
 Effecten nieuwe regelgeving in kort bestek.
 Bouw, 1992, nr. 24.
- [14] Spekking, D.
 Architect(uur) tussen wal en schip.
 Bouw, 1992, nr. 24.
- [15] Luscuere, P.G.
 Wat niet weet, wat niet deert....?
 Verwarming en Ventilatie, 1992, nr. 10.
- [16] Bergen, F.M. van.
 Verslag interviews gasapparatuurontwikkeling.
 TNO-verslag, 1991.
- [17] Het prestatieconcept:
 deel 1: begrip, inhoud en betekenis voor het bouwproces;
 deel 2; de vraagspecificatie uitgewerkt voor een woongebouw;
 Stichting Bouwresearch, Rotterdam, 1990.
- [18] Garanties in de bouw.
 Stichting Bouwresearch, Rotterdam 1991.
- [19] Jordan, C.H.
 Building massing and orientation studies.
 Heating/Piping/Air Conditioning, 1984.
- [20] Inregelen luchtbehandelingsinstallaties.
 Deerns raadgevende ingenieurs B.V.
- [21] Beukers, B. en L.H. van Gulik.
 Onderhoud centrale mechanische ventilatiesystemen begint reeds in het ontwerpstadium.
 Verwarming en Ventilatie, 1992, nr. 9.
- [22] Wagenaar, E.J.
 Bijblijven en kwaliteit.
 Inleiding Verwarming en Ventilatie, 1990, nr. 4.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

- [23] Handboek Energiecertificaat.
Uitgave Projectbureau MAP, Energiedistributiesector, Apeldoorn, oktober 1991.
- [24] Installaties en de kwaliteit van de binnenlucht in kieldichte woningen.
MBB werkgroep I + E, projectgroep binnenmilieu.
Concept-rapport, april 1992.
- [25] Ned Nisson, J.D.
Air-to air heat exchanger. Directory and buyer's guide.
Office of Energy and Management, Hampden County Massachusetts, 1987.
ISBN:0-9437779-03-0.
- [26] Tabellarisch overzichten ventilatie van woningen.
Luchtverwarmingsunits, warmteterugwinunits, ventilatie units,
dakdoorvoersets, roosters.
Verwarming en Ventilatie, 1988, nr. 6.
- [27] Leverancier is Van Ens, Appleton.
tel.nr. 03410 - 26857.
- [28] Special Verwarming en Ventilatie.
(Gebalanceerde) ventilatie.
Maart 1993.
- [29] Spekkink D. en M. Wijk.
Kwaliteitszorg voor architecten.
BNA, Amsterdam, 1991.
- [30] Stichting Bouwresearch.
Bouworganisatievormen in Nederland.
November 1992.
- [31] Energiebewust ontwerpen nieuwbouwwoningen.
Vademecum, Novem B.V., september 1992.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

7 **Verantwoording**

Naam en adres van de opdrachtgever
NOVEM
Sittard

Namen en functies van de medewerkers
Drs. A. Weenk

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

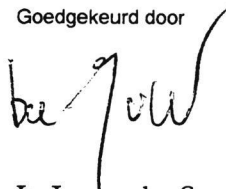
Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad
eind 1992, begin 1993

Ondertekening



Ir. L. Hendriksen
onderzoekleider

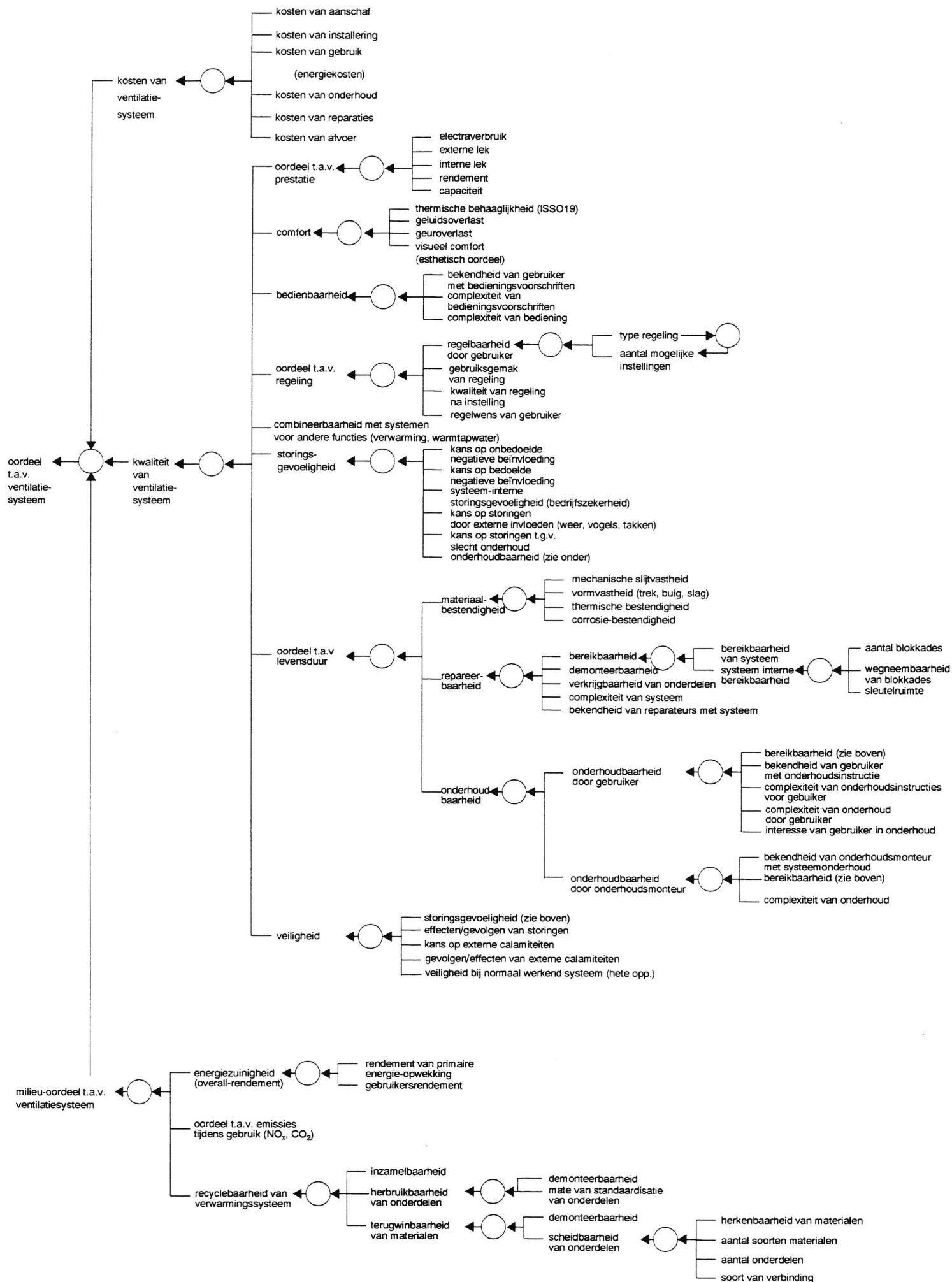
Goedgekeurd door



Ir. L. van der Snoek
werkgroep leider

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Bijlage 1 Beïnvloedingsdiagram



Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning in de woningbouw
Analyse van het bouwproces en aanbevelingen ter verbetering

Bijlage 2 Beschrijving van DATUM

DATUM

Decision Analysis Tool Using Multi-attribute analysis

NO-Environmental and
Energy Research
stitute of Environmental
and Energy Technology
etherlands organization
r applied scientific
search
ocumentation sheet 004

Decision analysis

The goal of decision analysis is to structure and simplify the task of making hard decisions as well and as easily as the nature of decision permits. Decision analysis is especially concerned with multiple conflicting objectives. Trade-offs between objectives are judgements: they depend on the assessment of the relative desirability of the options with regard to each objective. Trade-offs are personal: there are no objective or universal rules for making them. The result of decision analysis is a ranking of available options and ways to perform sensitivity analysis to this ranking.

Multi-attribute value technique

The Multi-Attribute Value Technique (MAVT) is a proven method for evaluating alternatives in decision situations involving multiple objectives. The main advantages of the method are:

- the clear structure of its decision logic,
- the simplicity of the mathematics,
- the explicit trade-offs between attributes and
- the explicit specification of relative preference for consequences of different alternatives.

Decision analysis in general, and MAVT in particular, attacks complex problems by reducing them into smaller, manageable components. MAVT can be subdivided into the following steps:

- identification of alternatives;
- identification of an overall objective and the derivation of attributes on which it can be measured;
- evaluation of alternatives for each of the attributes;
- valuation of consequences;
- determination of the relative importance of attributes;
- overall evaluation and ranking of the alternatives;
- exploration of the sensitivity of the ranking.

DATUM

Decision analysis was initially presented as a general methodology without any reference to the use of computer based systems. Computer-based versions of decision analysis assist a decision-maker in the process of decision-

making. They are in fact a invaluable help in the decision process.

DATUM, Decision Analysis Tool Using Multi-attribute analysis, is a computer-based version of MAVT. It implements all steps of MAVT, from the identification of alternatives to the exploration of the sensitivity of the ranking. **DATUM** is therefor an indispensable tool for decision-makers.

Application of Datum

With the help of **DATUM** a decision-maker specifies alternatives. In theory, there may be a wide range of alternatives, but in reality practical constraints limit this range. Generally, it is helpful to limit the number of alternatives considered; often it is most profitable to specify a few of them which bound the range, and then, by repetition, to refine the options which appear most promising.

DATUM provides a decision-maker with an overall objective. This objective can be described in terms of subsidiary criteria, and these can be sub-divided further and so on. This process continues until a set of criteria has been defined which is helpful in terms of evaluating the consequences of different alternatives.

Having identified alternatives and criteria, the consequences of every alternative have to be determined. **DATUM** allows definition of consequences in an evaluation matrix, which has as its rows the criteria, and as its columns the alternatives.

Problem definition	Preference	Evaluation	File
Effect Scores			
Effect Score	direct costs	indirect costs	area
no action	0	1000000	6500
protection	345000	750000	4500
evacuation	2000000	5000000	4500
relocation	9500000	9500000	6500

Effect Score 6250

Use . and . to highlight a node Press Enter to select

Fig. 1 **DATUM**: Definition of consequences



When the decision problem is 'objectively' structured alternatives, attributes and consequences are identified. Now a decision-maker must reveal 'subjective' preferences. **DATUM** describes subjective preferences by value functions and weights. Value functions define the relation between the consequences and their appreciation. Weights are the numerical representation of the trade-offs between the different attributes.

Now **DATUM** presents the final result of decision analysis: the ranking of the alternatives. The alternative having the highest score is the one to be judged as "best".

The detailed characteristics of the final choice and of its close competitors are studied more carefully using sensitivity analysis. It may leave the original analysis and conclusions unchanged or it may lead to further thought. Sensitivity analysis plays an important role in getting insight into the decision problem and it is a useful tool in testing the stability and solidity of the results. The analysis may indicate where obtaining additional information may be most useful.

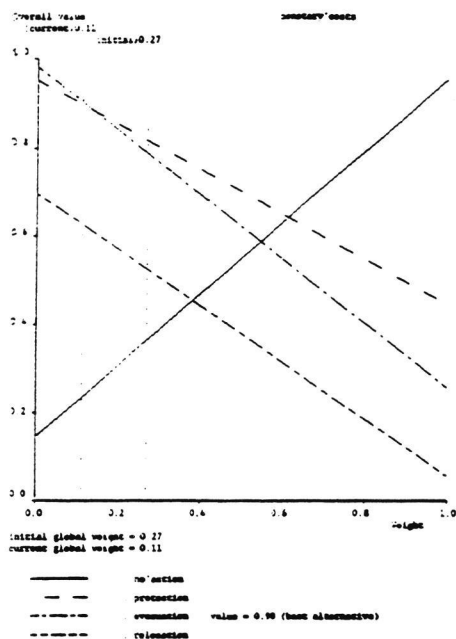


Fig. 2 Sensitivity analysis

DATUM software

DATUM is not limited to any area as regards contents: it is a general tool. Its range of applications varies from decision-making in the field of selection of countermeasures after accidents to decision-making with regard to the purchase of a car.

DATUM uses the latest developments in the field of software engineering. This enables **DATUM** to reach a high degree of userfriendliness. The operation of **DATUM** is through pop-up windows and pull-down menus. Help-texts are available at any moment and are dependent on the function used.

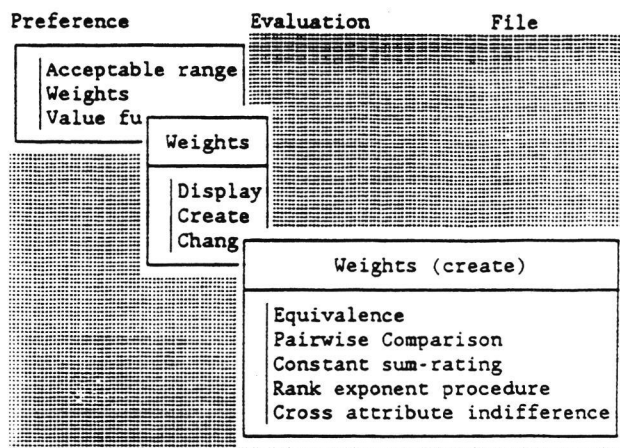


Fig. 3 Menus and windos

DATUM is provided on one floppy disk and it is operational on a standard PC (minimum 640 kilobyte RAM, minimum EGA-display, no hard disk necessary). **DATUM** is delivered with an extensive user guide and instructions for installation.

Epilogue

A common but often misused idea is that decisions, and so rules for decision-making and their computerised tools, should be evaluated on the basis of their results. But good decisions still may lead to bad results. The quality of decisions really means the quality of the process by which they are made. This means that a decision analysis process may be optimised by using a computerised tool, but it is still impossible to guarantee the outcomes in the end.

For more information please contact:

TNO Institute of Environmental and Energy Technology
Department of Industrial Safety
P.O. Box 342
7300 AH APELDOORN
The Netherlands
Fax : +31 55 493 390
Phone : +31 55 493 493
Telex : 36395 tnoap nl