

RIVM rapport 773401 002

**Informatieanalyse Model Effectiviteit
Instrumenten**

MEI versie 2

M.M.P. van Oorschot, H. Booij en J.P.M. Ros

Januari 2001

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het DGM, in het kader van project M773401, Bronnen, Informatie-analyse van MEI.

Abstract

An information-analysis for the second version of the MEI-model has been conducted. The purpose of the MEI-model is to analyse and forecast the implementation of environmentally friendly technology in the industry sector. Important output variables are technology use and proces emissions.

Starting point for the information analysis was a prototype of MEI (version 1) and a list with conceptual and technical improvements, compiled by the Research & Development group of the Laboratory of Waste Materials and Emissions, in collaboration with the Industry group. The most important new features are: 1) implementation of 2 different schemes for technological states and transitions; 2) default values for driving forces and model parameters; 3) new formulation for the minimal fraction of companies that will never undergo state transitions; 4) implementation of a new driving force “market impulse”; 5) effects of technological improvements and good housekeeping on technical emission factors; 6) use of a database to store different cases instead of different spreadsheets for each case.

With the prototype, the improvements list and further user input, the main concept of the model could be described. From this description, the general user functions of the model could be analysed. In the next step, the data needs could be described which resulted in a data model. With the data model and the main calculation rules, a flow diagram of calculations could be made.

This information analysis is the basis for a technical design of the new MEI model (version 2), whereas the data model can be implemented as a database structure. A short summary on available software for model building is included in this report. Arguments for software use and the general architecture are given.

Samenvatting

Om een operationele versie van het MEI model (versie 2) te kunnen maken is in 1999 begonnen met een informatieanalyse. Het MEI model is bedoeld om de implementatie van milieuvriendelijke technieken in de industrie sector te kunnen analyseren en voorspellen. Belangrijke output is het techniek gebruik en de procesemissies.

Het uitgangspunt voor deze analyse was het prototype van MEI (versie 1) en een lijst met conceptuele en technische verbeterpunten. Deze lijst is samengesteld door de afdeling O&O van het LAE, in samenwerking met de doelgroep Industrie. De belangrijkste punten zijn: 1) het opnemen van 2 schema's voor technische toestanden en hun overgangen; 2) standaard waarden voor kracht en parameter berekeningen; 3) het relatief kunnen formuleren van de minimale fractie bedrijven die nooit naar een nieuwe toestand zal overgaan; 4) implementatie van een nieuwe kracht "markimpuls"; 5) opnemen van effecten van technologische verbetering en onderhoud op de technische emissiefactoren; 6) het gebruik van een database voor het opslaan van alle case informatie in plaats van verschillende spreadsheets per case.

Met de lijst verbeterpunten en gebruikers informatie is het model in algemene zin beschreven. Hieruit zijn de belangrijkste gebruiksfuncties gedestilleerd. Hierna konden de data behoeften van het model beschreven worden, hetgeen is vastgelegd in een data model. Met het data model en de rekenregels is een stroomdiagram van de berekeningen afgeleid. Deze informatieanalyse is de basis voor een technisch ontwerp voor het nieuwe MEI model (versie 2), en het opzetten van een geschikte database structuur. Een korte beschrijving van beschikbare software voor uitvoering is ook opgenomen in dit rapport, inclusief argumenten voor een software keuze en een algemene architectuur.

Inhoud

1. Inleiding	7
1.1 Probleemstelling	7
1.2 Plaats in het MAP	7
1.3 Doelstelling van de informatieanalyse	7
1.4 Gevolgde werkwijze	7
1.5 Leeswijzer	9
2. Algemene aspecten van MEI 2	11
2.1 Inleiding	11
2.2 Inhoudelijke en technische verbeterpunten voor MEI 2.0	11
2.3 Beschrijving model concept MEI 2.0 op hoofdlijnen	13
2.4 Plaats MEI 2.0 in het LAE instrumentarium	19
3. Technische aspecten van MEI 2.0	21
3.1 Technische infrastructuur	21
3.2 Alternatieven voor ontwikkeltools	22
4. Model gebruik en functies	27
4.1 Algemeen	27
4.2 Functionaliteit van MEI 2.0 op hoofdlijnen	27
4.3 Opzetten van een industriële proces-stof combinatie	29
4.4 Invoeren van maatregel- of toestands-kenmerken	29
4.5 Invoer van diagnose-variant	29
4.6 Uitvoeren interactieve beleidsanalyse	30
4.7 Invoeren prognose-varianten	30
4.8 Uitvoeren emissie-prognose berekeningen	30
4.9 Presentatie resultaten	31
4.10 Aggregatie van modelresultaten	31
4.11 Wijzigen rekenregels	31
5. Gegevensstructuur	33
5.1 Inleiding	33
5.2 Object model plus definities	33
5.3 Benodigde gegevens	38
5.4 Data model	39
6. Rekenregels	41

7. Schermen	45
7.1 <i>Algemene functionaliteit</i>	45
7.2 <i>Import functies</i>	45
7.3 <i>Invul schermen</i>	45
7.4 <i>Analyse functies</i>	45
7.5 <i>Berekeningen en prognose functies</i>	45
7.6 <i>Rapportage functies</i>	45
7.7 <i>Aggregatie</i>	46
8. Overige	47
8.1 <i>Conversie van huidige data</i>	47
8.2 <i>Koppelingen met andere applicaties</i>	47
8.3 <i>Vergelijking met MEI-energie</i>	48
Literatuur	51
Bijlage 1 Verzendlijst	52

1. Inleiding

1.1 Probleemstelling

Dit rapport bevat een Informatieanalyse voor het Model Effectiviteit Instrumenten (MEI) versie 2.0. Het model MEI is een expert ondersteunend systeem voor de doelgroep Industrie, waarmee kennis en ervaring op het gebied van milieubeleidsanalyses kan worden vastgelegd en geoperationaliseerd. De analyse van historische en toekomstige toepassingen (c.q. penetratie of implementatie) van technologische verbeteringen wordt hiermee op een gestructureerde en methodische wijze benaderd. Voor een uitgebreidere beschrijving van de concepten achter MEI, zie Booij *et al* 1999 .

Versie 1.0 van MEI is een prototype applicatie waarvan de toepasbaarheid is uitgetest op een aantal 'cases' binnen de doelgroep Industrie. Het voornemen van deze doelgroep is om het model een vaste plaats te geven in het Milieu Plan Bureau (MPB) instrumentarium. Het gaat daarbij om uitbouw van de mogelijkheden voor beleidsanalyse en tevens om vervanging van een deel van de emissieberekeningen die tot nu toe met PROMO en RIM+ werden uitgevoerd. De vervanging zal in ieder geval 2 delen omvatten: een model voor proces emissies ("MEI-emissies"), en een model voor emissies uit de energie voorziening ("MEI-energie"). De voorliggende informatieanalyse betreft alleen de eerste toepassing, en het model beperkt zich tot de industrie sectoren.

1.2 Plaats in het MAP

In 1999 valt de KBE "Uitbouw van MEI 2.0" (773401/AK, trekker Hilbert Booij) voor technische aspecten binnen Project Bronnen (773401, project leider Jaap Slootweg) en voor inhoudelijke aspecten binnen Project Milieu & Gedrag (778011, projectleider Jan Ros). In 2000 is ontwikkelwerk ondergebracht binnen de KBE "Instrumentarium Industrie" (773401/AK trekker Bart Wesselink).

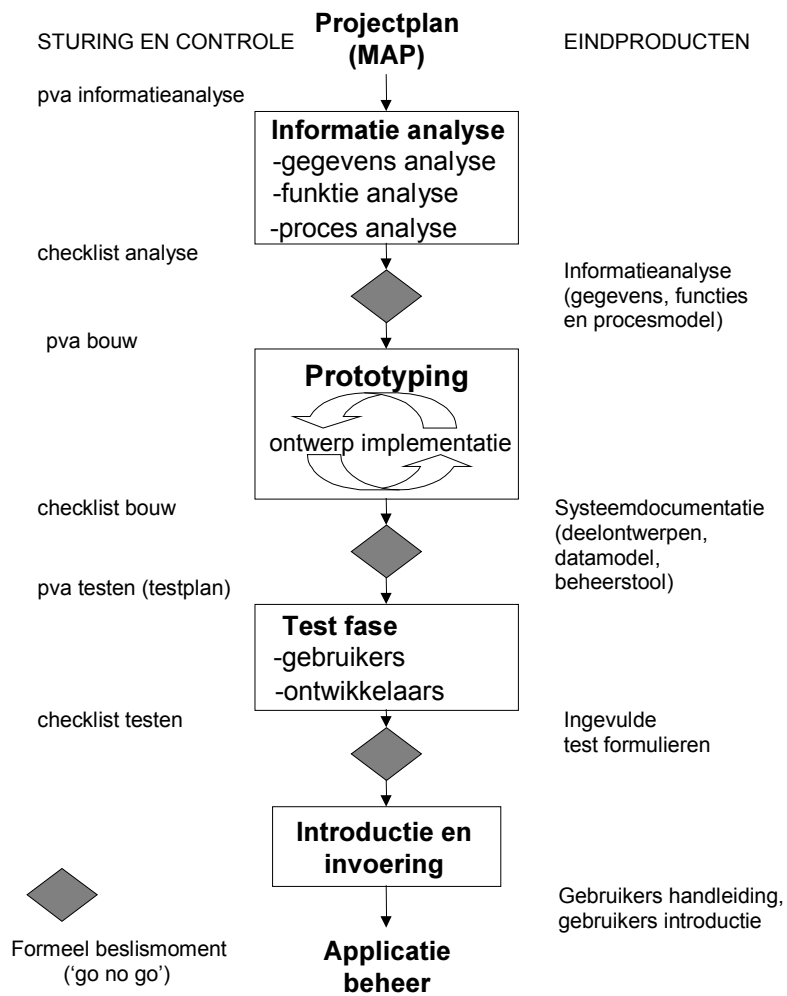
1.3 Doelstelling van de informatieanalyse

Uit de testfase van MEI 1.0 zijn een aantal voorstellen voor inhoudelijke en technische wijzigingen voortgekomen, die geprioriteerd en geïntegreerd zijn. Deze informatieanalyse is bedoeld om alle relevante informatie te inventariseren die van belang is voor het opstellen van een (technisch) ontwerp voor MEI 2.0, waarin zoveel mogelijk verbeteringen worden opgenomen. Dit document onderbouwt tevens de te maken keuzes in het ontwerp van MEI 2.0, en dient als uitgangspunt voor de bouw fase.

1.4 Gevolgde werkwijze

De te volgen werkwijze is vastgelegd in de Standard Operating Procedure (SOP) "Projectmatig ontwikkelen van modellen en systemen". Deze SOP wordt momenteel herzien binnen de RIS afdeling, in het kader van de KBE "Nieuw IT infrastructuur LAE" (773401/CE, trekker Mark van Oorschot).

In de betreffende SOP is een diagram opgenomen van de projectfasering voor ontwikkeling van een informatiesysteem (zie Figuur 1). Deze fasering is van toepassing voor alle intern ontwikkelde systemen die voor MPB taken worden ingezet. Met de overgang van een prototype van MEI naar de productie versie 2.0, zijn de fasering en de voorgestelde beslismomenten op dit project van toepassing.



Figuur 1 Projectfasering voor de ontwikkeling van modellen en informatie systemen

1.5 Leeswijzer

Voor de beoogde gebruikers van het systeem zijn de volgende hoofdstukken relevant:

- Hfst. 1 Inleiding
- Hfst. 2 Algemene aspecten van MEI 2.0
- Hfst. 4 Model gebruik en functies
- Hfst. 5.1 Object model plus definities en 5.2 Benodigde gegevens
- Hfst. 6 Rekenregels
- Hfst. 7 Schermen
- Hfst. 8.2 Invloed op overige LAE-applicaties en 8.3 Koppelingen met andere applicaties.

Voor ontwikkelaars en technisch geïnteresseerden worden de volgende hoofdstukken aanbevolen:

- Hfst. 1 Inleiding
- Hfst. 2 Algemene aspecten van MEI 2.0
- Hfst. 3 Technische aspecten van MEI 2.0
- Hfst. 5 Gegevensstructuur
- Hfst. 6 Rekenregels
- Hfst. 8.3 Koppelingen met andere applicaties.

2. Algemene aspecten van MEI 2

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de achtergronden geschetst waarbinnen de ontwikkeling van MEI 2.0 gezien moet worden. De plaats van MEI binnen het LAE instrumentarium komt aan bod, naast een aantal overwegingen en keuzes bij het ontwerp.

Een belangrijke afbakening is dat MEI 2.0 alleen industriële emissies betreft. Hierbij horen ook verbrandingsemissies, maar hierbij moet afstemming met de doelgroep Energie plaats vinden.

Doelstellingen en randvoorwaarden voor MEI 2.0

Het doel van de KBE “Uitbouwen MEI 2.0” is het opleveren van een nieuwe versie van MEI, waarmee een aantal inhoudelijke en technische verbeteringen tot stand komen:

1. Inhoudelijke verbeteringen: Door de doelgroep Industrie en O&O zijn een aantal verbeterpunten opgesteld, die worden doorgevoerd. Tegelijk wordt zo het algemene modelconcept uitgebouwd.
2. Technische verbeteringen: De technische uitvoering van het model kan op een aantal punten verbeterd worden. Het prototype is opgezet in Excel, waarbij voor elke nieuwe ‘case’ een nieuwe spreadsheet moet worden ingericht. Het belangrijkste verbeterpunt is het opslaan van inputgegevens in een database en het koppelen van rekenfuncties aan deze database.

Technische randvoorwaarden:

- De productieversie van MEI 2.0 moet voldoen aan technische eisen voor het MPB instrumentarium (technisch ontwerp en documentatie, onderhoudbaarheid, versiebeheer, gebruikers handleiding, etc.). Dit betekent dat het prototype niet uitgebreid wordt, maar dat het model opnieuw wordt gebouwd in een professionele ontwikkelomgeving om een technisch optimale oplossing te verkrijgen.
- Bij de implementatie van het ontwerp wordt uitgegaan van de programmeerstandaarden zoals verwoord in de LAE/RIS ‘Style Guide voor Applicatie Ontwikkeling’ (van Oorschot *et al.* in voorbereiding).
- In een breder kader moet het model voldoen aan de minimum eisenlijst zoals geformuleerd in het Intersectoraal Modellen Overleg (IMO; voorzitter A. van der Giessen) in opdracht van de sector staf (voor de eisen zie 8.5). De eisenlijst wordt ook gebruikt bij de Harmonisatie van het MPB instrumentarium (projectleider H. van den Heiligenberg).
- Waar gegevens van andere applicaties of systemen gebruikt worden, wordt het datamodel van MEI daarop aangepast (bv. voor gebruik van scenario’s en trends. Er komen in eerste instantie nog geen geautomatiseerde koppelingen, aangezien de centrale, gemeenschappelijke systemen nog in ontwikkeling zijn.
- De MEI database moet door meerdere mensen kunnen worden geraadpleegd, dus moet op een gemeenschappelijke directory komen. Gelijktijdig gebruik van de applicatie (data edit/update) door meerdere gebruikers valt niet te verwachten, maar het tegelijkertijd bekijken van de database voor rapportage moet mogelijk zijn.

2.2 Inhoudelijke en technische verbeterpunten voor MEI 2.0

Hieronder worden puntsgewijs gedetailleerde inhoudelijke en technische verbeteringen genoemd die nog verder uitgewerkt en geprioriteerd moeten worden.

Inhoudelijk:

Met betrekking tot de toestandsovergangen: De toestand "T2 met vergunning" vervalt, waarbij de vraag over vergunningen onderdeel wordt van een drijvende kracht of gebruikt wordt in de basiswaarde. Verder moet de toestandsovergang van T4 - T5 operationeel worden. Per beschouwd industrieel proces ligt vast welke algemeen toestanden schema gehanteerd wordt. Het is waarschijnlijk mogelijk om 1 algemeen schema in de applicatie op te nemen, dat op 2 verschillende manieren kan worden uitgewerkt. Een generiek schema heeft als voordeel dat het onderhoud vereenvoudigd wordt.

Toevoegen en operationaliseren van een achtste drijvende kracht: marktimpuls (als basis voor productverandering). Deze drijvende kracht geeft de invloed weer van afnemers (die b.v. bepaalde milieueisen krijgen opgelegd). Hiervoor worden nieuwe vragen opgesteld, en de bijbehorende rekenregels.

Toevoegen van basiswaarden voor de modelparameters, waarmee dominante factoren een nadrukkelijker invloed krijgen dan via krachten alleen.

Binnen de huidige structuur is het niet mogelijk om een aantal invoergegevens per jaar te wijzigen. Hierbij gaat het met name om de emissiefactoren. Dit wordt in samenhang met het volgende punt opgelost.

Toevoegen van een effect handhaving (en good-housekeeping) op de emissiefactor. Verslechterde handhaving in combinatie met verminderde aandacht voor good-housekeeping en onderhoud leidt tot verslechtering van het rendement van maatregelen ('versloffing' of 'veroudering'). Good-housekeeping en/of verslechtering kan worden ingebracht als positief resp. negatief effect op de emissiefactor (emf) uit het basisjaar. De restfractie bedrijven die niet overgaat naar een nieuwe toestand (F-minimaal) moet als relatieve factor ingevoerd kunnen worden, waardoor geen rekening meer gehouden hoeft te worden met de minimum-fractie van een vorige toestand. Dit kan door de minimum-fractie te formuleren als deel van de bedrijven die zijn overgegaan naar een nieuwe toestand. Dit voorstel wordt verderop uitgewerkt.

Vragen evalueren en zonodig wijzigen en/of combineren, eventueel formules aanpassen. Focus op de meest gevoelige delen (reduceren van benodigde input waarden).

Technisch:

Scheiden data opslag, data beheer en reken functionaliteit

Expliciete keuze voor meest geschikte database en ontwikkeltool voor de gebruikers-interface en de rekenfuncties. Dit is afhankelijk van scores op een aantal criteria.

Aandachtspunten voor opzet database: Hoe om te gaan met (beleids)gegevens die voor meerdere bedrijfstakken gelden. Hier kan bv. volstaan worden met een kopieerfunctie. Verder moet beslist worden of alle gegevens in één database gezet worden, i.v.m. vastlegging en levering aan centrale systemen (inclusief versiebeheer van invoer en afleidbare resultaten).

Zorgen voor een default antwoord bij de vragen, zodat niet steeds alles ingevuld hoeft te worden (minimale kracht 0 als default) . De default waarden worden opgeslagen in de database (en niet in de controls op schermen).

Toevoegen van overzicht van invoergegevens (rapport van gegeven antwoorden per variant en veranderjaar).

Aansluiting verzorgen bij andere databases met relevante informatie (input en output). Hiervoor in aanmerking komen S-base, Trendtapper-diagnose en Trendtapper-prognose (c.q. Scenario Explorer en Emissie Explorer).

Korte karakterisering maatregelpakket invoeren (bv. in factsheets).

De verbeteringen hebben invloed op het concept, de technische uitwerking van het datamodel en de applicatie. Het is nodig om uitsluitsel te hebben over de exacte uitwerking van de genoemde verbeteringen voordat tot bouw kan worden overgegaan.

2.3 Beschrijving model concept MEI 2.0 op hoofdlijnen

In MEI 2.0 wordt de penetratie (c.q. implementatie) van technische maatregelen bij bedrijven ingeschat. Dit wordt gedaan om de (toekomstige) omvang van alternatieve technische installaties te kunnen bepalen en de bijbehorende emissies. De maatschappelijke krachten die de invoering en acceptatie van maatregelen beïnvloeden zijn het centrale onderwerp van het model.

Het MEI model is niet zozeer een model waarmee “natuurwetten” worden gesimuleerd, die gevalideerd kunnen worden met behulp van metingen. Het is veel meer een denkmodel waarin kennis van een expert over de invoering en acceptatie van technieken door bedrijfsgroepen uit de industrie in kwantitatieve termen wordt vastgelegd.

Het centrale object van beschouwing binnen het model is een proces-stof combinatie: een industrieel proces binnen een homogene groep bedrijven waardoor emissie van een specifieke stof wordt veroorzaakt (dit is hetzelfde als het begrip “case” in MEI 1.0, maar dit begrip is vervangen omdat “case” in de MV-5 Explorer een andere invulling heeft gekregen). Voor proces-stof combinaties zijn historische emissies bekend, en er zijn een aantal alternatieve technieken c.q. maatregelen beschikbaar die de emissie kunnen reduceren.

Het model is een combinatie van 1) een jaargangenmodel en 2) een gedragsmodel.

Ad 1). Het jaargangenmodel bestaat uit een aantal ‘toestanden’ waarin bedrijven zich kunnen bevinden, en die zich onderscheiden door het geheel aan technische maatregelen (maatregelpakket) dat getroffen wordt. Bedrijven ‘verplaatsen’ zich in de loop van de tijd naar toestanden met verdergaande maatregelen, die daarmee invulling geven aan scherpere beleidsdoelen. Het gedragsmodel simuleert de overwegingen van de actoren, primair de beslissers in bedrijven, over te nemen milieumaatregelen en daarmee de overgang naar een volgende toestand¹. Twee schema’s van toestandsovergangen (zie Figuur 2) zijn voldoende om alle in praktijk voorkomende proces-stof combinaties te beschrijven. Het verschil zit met name in de beleidsdoelen waaraan wordt voldaan met de verschillende toestanden. Als nog een extra schema opgenomen zou worden moet er te veel veranderd en toegevoegd worden (nieuwe rekenregels, uitgebreidere informatieverzameling, etc.).

Ad 2). Het gedragsmodel omvat een 8-tal krachten, die de toestandsovergangen van bedrijven beïnvloeden en daarmee de implementatie van maatregelpakketten. De krachten simuleren de verschillende overwegingen op grond waarvan een actor een beslissing neemt. Zo kan van jaar tot jaar berekend worden welke fractie van de bedrijven in verschillende toestanden voorkomen. Voorbeelden van krachten zijn o.a. de technologische complexiteit, de juridische impuls en de kosten van maatregelen in relatie tot de bedrijfs-economische situatie. De waarde van de drijvende krachten (DK; zie Figuur 3) wordt bepaald aan de hand van een lijst met vragen die relevant zijn voor de betreffende kracht.

¹ In wezen is het jaargangen model een cascade, waarbij de inhoud van ‘bakjes’ naar andere ‘bakjes’ stroomt.

Met de waarde van de drijvende krachten worden 3 parameters gekwantificeerd:

- de voorbereidingstijd t_v (dimensie: tijd)
- de rest fractie die niet overgaat F_{min} (dimensieloos: fractie)
- de snelheid van de toestandsovergang² S_{TO} (dimensie: tijd⁻¹)

Met deze ToestandsOvergang-parameters (TO-parameters) wordt berekend hoeveel bedrijven zich via de verschillende toestandsovergangen (TO) verplaatsen naar een andere toestand. Aangezien het gaat om fracties bedrijven wordt de overgang met dF/dt aangeduid. De drijvende krachten worden onderling geschaald met een matrix van 24 weegfactoren (8 krachten x 3 parameters). Verder worden er grenzen gesteld aan de ranges waarbinnen de TO-parameters liggen (minimum en maximum waarden per parameter). De matrix en ranges staan vast voor gebruik van MEI binnen de industrie³.

Nieuw in MEI 2.0 is het opnemen van basiswaarden. Het idee hierbij is dat er dominante factoren zijn die de overgangen relatief sterk beïnvloeden, buiten de drijvende krachten om. Deze factoren zijn:

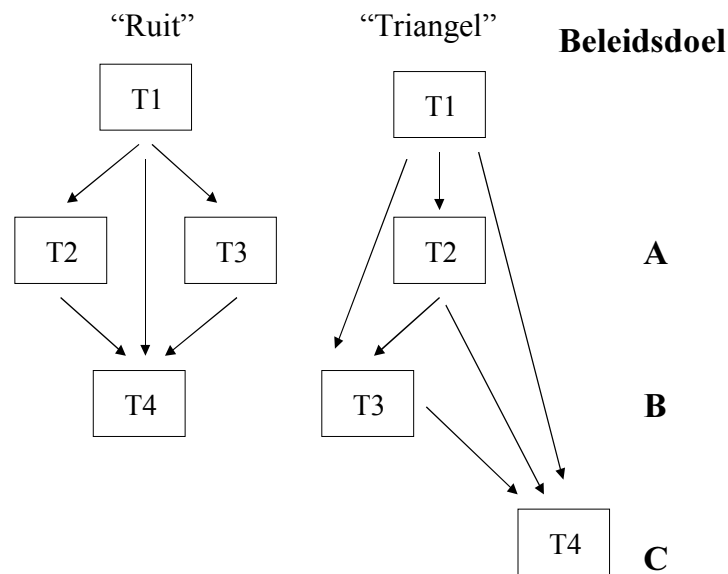
- leeftijden van te vervangen onderdelen of installaties, in relatie tot de afschrijvings-termijn
- percentages van de productie (EVV) waarop de techniek toegepast kan worden (toepasbaarheid)
- het feit dat een techniek de standaard wordt (voorgeschreven, dus geen alternatief mogelijk)

Met behulp van zogenaamde basisformules, waarin bovenstaande factoren zijn opgenomen, worden dan basiswaarden berekend. De invloed van de drijvende krachten wordt hiermee gecombineerd om zo te komen tot de uiteindelijke parameterwaarden.

Ook de beleidsdoelen van verschillende technieken worden gebruikt bij bepaling van de toestandsovergangen. Een beleidsdoel kan worden bereikt door inzet van een specifiek technisch pakket (i.e. overgang naar een specifieke toestand; zie figuur 2). De periode waarvoor een beleidsdoel is gesteld, met name de ingangsdatum, geeft daarmee aan of bedrijven bepaalde technieken zullen gaan toepassen. Zolang een doel nog niet is ingegaan of een techniek nog niet beschikbaar is, zal de overgang naar de bijbehorende toestand geblokkeerd worden. Dit kan in het model bewerkstelligd worden, door de ingevoerde jaren te gebruiken als randvoorwaarde voordat een TO plaats kan vinden.

² In MEI 1.0 was dit dF/dt , maar dit kan verwarrend werken. Voorstel is S_{TO} (Snelheid TO).

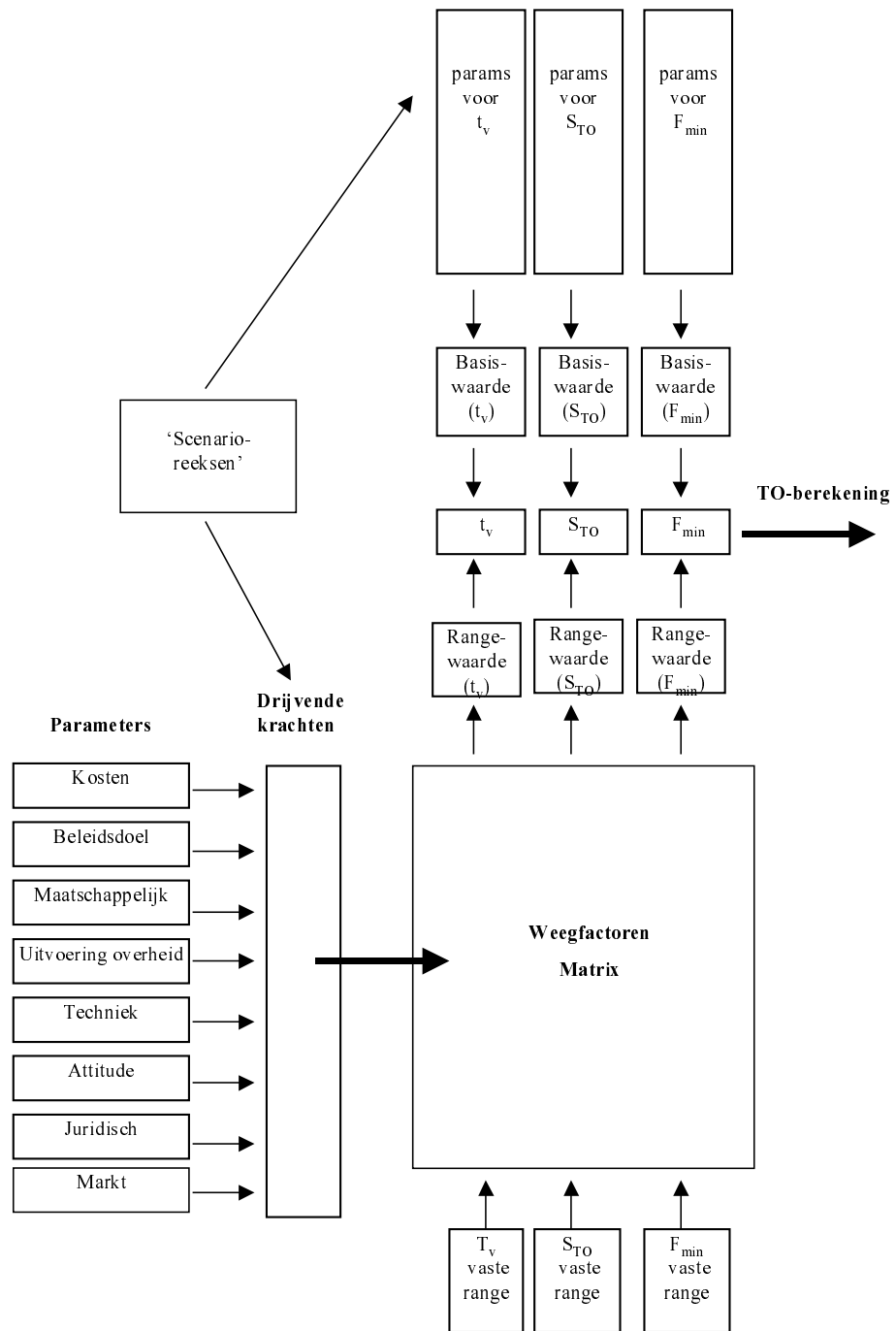
³ Waarschijnlijk worden de matrices en ranges voor MEI-emissies en MEI-energie verschillend.



Figuur 2 Alternatieve schema's voor overgangen tussen toestanden (pakketten van technische maatregelen). Toestanden voldoen aan verschillende beleidsdoelen.

Een uitzondering op het bovenstaande is mogelijk onder het “triangel” schema, waardoor een bedrijf in beperkte mate kan anticiperen op toekomstige doelstellingen. Met toestand 4 (T4) wordt voldaan aan de meest strenge beleidsdoelen (B3), en voldoet dus ook aan minder strenge eisen (B2). Het model is onder dit schema zo geformuleerd dat T4 ook al geïmplementeerd kan worden als B2 nog geldt, maar de krachten naar deze techniek zullen klein zijn omdat het waarschijnlijk een dure techniek is.

In figuur 3 is schematisch weergegeven hoe de verschillende gegevens gecombineerd worden om te komen tot de TO-parameters. Hierin is ook te zien dat er scenarioreeksen gebruikt worden in de krachtenberekening en bij de basiswaarden. Het gaat hierbij om reeksen als “maatschappelijke druk”, “uitvoeringsintensiteit” en de groei van de industriële sector zelf. Dit zorgt ervoor dat krachtwaarden in de loop van de (simulatie)tijd kunnen wijzigen zonder dat de antwoorden op de vragen per kracht veranderd zijn.



Figuur 3 Schema voor krachten- en parameter-berekening binnen MEI 2.0

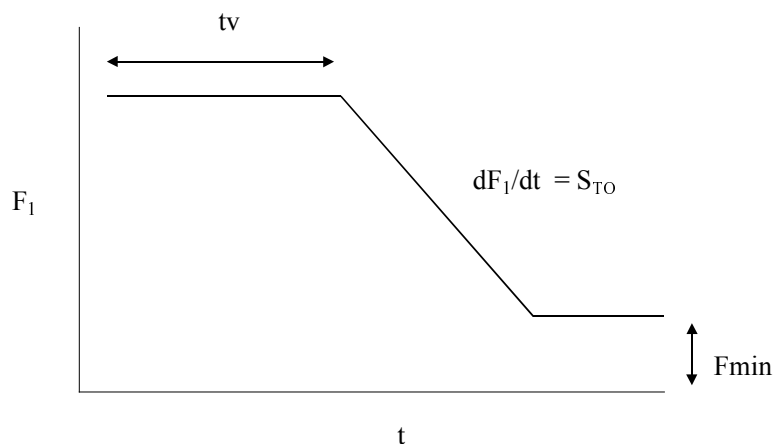
De differentiaalvergelijking voor de overgang van Toestand 1 naar Toestand 2 (dF_{12}/dt) ziet er als volgt uit (zie ook Figuur 4):

Voorbeeld zonder feedback

$$dF_{12}/dt = \begin{cases} \text{if } t > (\text{beschikbaarheid}) \text{ and } F_1 > (F_{\text{MIN}} * \max(F_1)) \\ \text{and } t > (\text{startjaar} + t_v) \text{ and } t < \text{eindjaar} \\ \text{then } S_{\text{TO}} \\ \text{else } 0 \end{cases}$$

Voorbeeld met feedback

$$dF_{12}/dt = \begin{cases} \text{if } t > (\text{beschikbaarheid}) \text{ and } F_1 > (F_{\text{MIN}} * \max(F_1)) \\ \text{and } t > (\text{startjaar} + t_v) \text{ and } t < \text{eindjaar} \\ \text{then } S_{\text{TO}} * (F_2 + \text{feedback}) * (1 - F_2) \\ \text{else } 0 \end{cases}$$



Figuur 4 Model concept van een toestandsovergang (aangepast van Booij et al 1999)

Hierin is:	t	de tijd variabele (in jaren)
	startjaar	het jaar waarin beleid voor een proces begint
	eindjaar	het jaar waarin beleid voor een proces ophoudt
	beschikbaarheid	het jaar waarin een techniek op de markt komt
	$(F_2 + \text{feedback})$	positieve feedback van F_2 (leereffect)
	$(1 - F_2)$	negatieve feedback F_2 (vertragend effect)
	$\max(F_1)$	de maximale fractie in F_1 (cumulatieve instroom)

Toelichting:

- De minimale fractie die niet overgaat van F_1 naar F_2 (F_{min}) hangt af van de initiële vulling van F_1 (per definitie 1). Voor verdere overgangen wordt F_{min} afhankelijk gemaakt van de hoeveelheid bedrijven die al overgegaan is naar een volgende toestand sinds het startjaar. Dus dF_{23}/dt wordt afhankelijk van de totale hoeveelheid bedrijven dat al overgegaan is van F_1 naar F_2 (dus de tijdsom van dF_{12}/dt oftewel de "integraal"). De minimale fractie die in F_2 achterblijft wordt hierdoor in de tijd steeds groter, omdat steeds meer bedrijven naar F_2 zijn overgegaan.
- Feedback is als voorbeeld opgenomen om de toestandsovergang een meer vloeiend verloop weer te geven, i.p.v. een lineair gedrag. Het is hier zo geformuleerd dat de

overgang de vorm van een logistische curve krijgt, waarbij aan het begin (weinig bedrijven in Toestand 2) een positief leereffect optreedt, en aan het einde (veel bedrijven in Toestand 2) een negatief vertragingseffect. In versie 2.0 van MEI wordt feedback niet opgenomen, vanwege de moeilijkheid om geschikte data te vinden om deze formulering te ondersteunen. De krachten worden elk jaar opnieuw berekend, zodat de resulterende implementatie-curve nooit een rechte zal zijn. Door weglaten van dit effect krijgt de krachtinschatting in versie 2 de focus.

Een andere wijziging binnen MEI 2.0 is het verder doorvoeren van de opsplitsing in bedrijven met verschillende grootteklassen. De verdeling over de klassen verandert jaarlijks door schaalvergroting. De 4 klassen hebben andere waarden voor TO-parameter ranges, basiswaarden en emissiefactoren. Het jaargangenmodel wordt daarom apart doorgerekend voor de verschillende bedrijfsgrootten, in plaats van dat er achteraf een verdeling over een modelrun wordt gelegd (zoals in MEI 1.0).

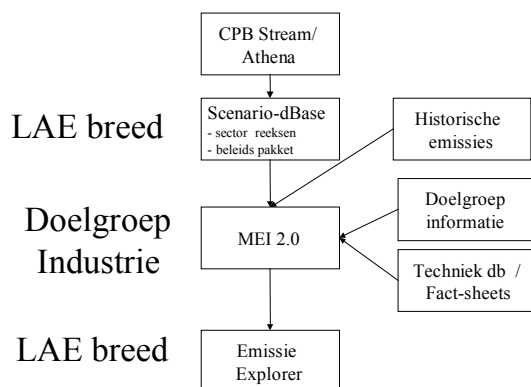
Voor het berekenen van de milieudruk baseert het model zich op de procesgedachte, zoals die voorheen in het RIM+ was uitgewerkt. Daar is milieudruk (c.q. emissie) het product van een emissiefactor en een emissie verklarende variabele: $mem = emf \times evv$.

De maatregelen die in verschillende toestanden getroffen worden, hebben verschillende emissiefactoren. De emissiefactoren worden gewogen met de fracties bedrijven in de verschillende toestanden. Met de gewogen emissiefactoren kan nu van jaar tot jaar berekend wat de milieudruk is in zijn totaliteit. De berekening van milieudruk komt tot zover overeen met het prototype van MEI (zie ook Booij *et al* 1999).

Emissiefactoren worden ingevoerd per toestand voor een basisjaar. Hier bovenop worden percentages voor autonome verbetering en good-housekeeping c.q. versloffing aangegeven. De verbetering van emissiefactoren wordt afhankelijk gemaakt van een trend "technologische vernieuwingen". Dit samenspel geeft een tijdreeks van emissiefactoren per toestand, in plaats van constante emissiefactoren. Hierdoor kan bij gelijkblijvende evv toch een reductie van de emissie optreden.

2.4 Plaats MEI 2.0 in het LAE instrumentarium

De aansluiting bij andere LAE applicaties kan als volgt in beeld gebracht worden.



Figuur 5 Inbedding van MEI 2.0 in het LAE instrumentarium

De verschillende scenario's en de groeireeksen voor de betreffende industriesector c.q. bedrijfspgroep kunnen gevonden worden in de scenario database (Scenario-Explorer). CPB-modellen als Stream en Athena verzorgen aanlevering van sectorreeksen. Per scenario zijn ook tijdreeksen beschikbaar voor zaken zoals bevolkingsgroei en technologische ontwikkeling. De varianten binnen MEI geven specifieke invulling aan beleidspakketten, die onder een scenario getroffen kunnen worden. De Scenario-Explorer bevat geen beleidspakketten.

De historische emissies uit de Trendtapper-diagnose (TT-D) geven realisatie cijfers per stof, gebaseerd op de monitoringsgegevens van de Emissie Registratie (ER).

Om pakketten met technische maatregelen te kunnen samenstellen is informatie over mogelijke technische oplossingen nodig. Zulke informatie kan in de nog op te zetten Technologie database opgenomen worden (of in ICARUS voor maatregelen over energie gebruik). Er moet nog een aggregatieslag plaats vinden vanuit gedetailleerdere maatregelen of factsheets, waarbij een inschatting van het totaal effect hoort.

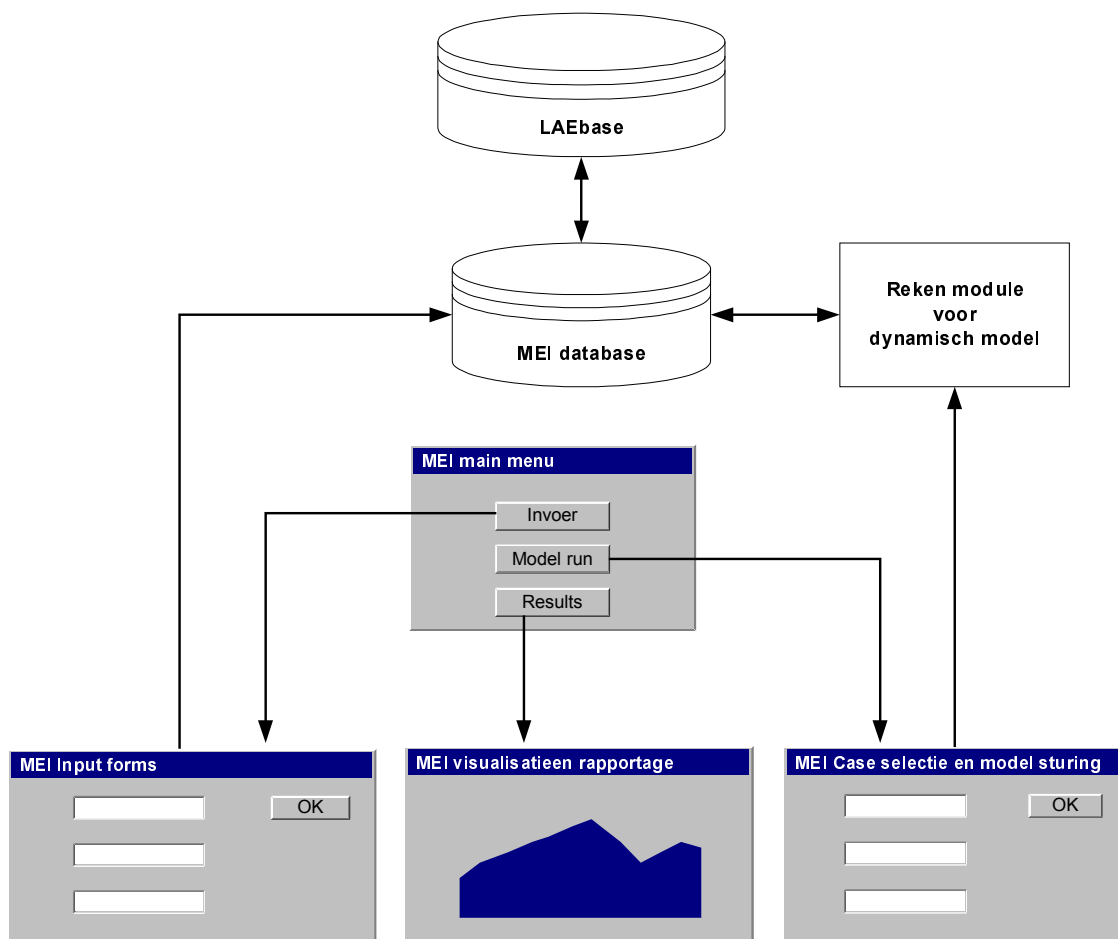
Naast deze technische gegevens is ook nog doelgroep-informatie nodig over het betreffende proces en de bedrijfspgroep waarmee de drijvende krachten worden ingeschat. Deze informatie wordt ingevoerd middels een uitgebreide vragenlijst (c.q. interview of enquête) over de krachten.

Om MPB-producten te kunnen samenstellen levert MEI emissie-prognoses aan de Emissie Explorer (voorheen Trendtapper prognose genoemd). Hier kunnen emissies in samenhang met de gekozen scenario's en beleidspakketten bekeken worden. Het aggregatieniveau van de Emissie Explorer en MEI verschillen (sector georiënteerd respectievelijk proces georiënteerd), maar moeten aan elkaar gerelateerd worden. Dit zal moeten gebeuren in een aparte MEI-output module. Meer over koppelingen van MEI met andere systemen in 8.3

3. Technische aspecten van MEI 2.0

3.1 Technische infrastructuur

De nieuwe technische infrastructuur voor MEI 2.0 ziet er in grove lijnen uit zoals in Figuur 6. Er is voorzien in een MEI-database, waarin alle door te rekenen processen opgeslagen worden. Deze database wordt gedeeltelijk gevuld vanuit de centrale LAE-base (met name scenario's, reeksen en beleidspakketten). Een aantal invoerschermen verzorgen de decentrale input (antwoorden op kracht vragen). De rekenmodule bevat het dynamische rekenmodel. De modelresultaten (emissiereeksen) kunnen in de database opgeslagen worden. De aansturing van de rekenmodule en het opslaan van model resultaten verloopt via een apart scherm. De visualisatie van resultaten kan verzorgd worden in aparte MEI schermen en/of in de rekenmodule. Ook is behoefte aan een aparte rapportage functie waarin emissies uit de MEI-database kunnen worden geaggregeerd (bv. per combinatie van scenario, beleidspakket en stof). Dit niveau vormt de basis voor data levering aan de Emissie-Explorer.



Figuur 6 Algemene technische structuur voor MEI 2.0

3.2 Alternatieven voor ontwikkeltools

Voor de verschillende geschetste onderdelen van de technische infrastructuur kunnen verschillende ontwikkel-tools (software) worden ingezet (zie Tabel 1). Om een keuze te maken voor de optimale combinatie van tools is het nodig om voor en nadelen van de verschillende tools voor gegevens beheer, data invoer en validatie, data input/output van en naar de database, de reken module, en visualisatie (grafieken en rapporten) te benoemen en wegen. De volgende criteria kunnen hierbij worden meegenomen:

Algemeen

- Pakket status en kosten
- Ondersteuning door leverancier
- Beschikbaarheid en gebruik binnen RIVM
- Kennis bij doelgroep/RIS/CIM
- Leercurve en ondersteuning door RIS/CIM (competence centers)

Database

- Multi-user mogelijkheden (voorlopig niet nodig)
- Beveiliging gemeenschappelijke database
- Schaalbaarheid (groei in data hoeveelheid)
- Robuustheid
- Data-uitwisseling tussen MEI-database en centrale LAE-base
- Versiebeheer gegevens

Applicatie en schermen

- Toegankelijkheid van 'business logic' (rekenregels)
- Visualisatie van model output (standaard of custom)
- Ontwerp methode voor applicatie en schermen (forward engineering)
- Documenteren van applicatie (via reverse engineering)
- Versiebeheer en onderhoudbaarheid applicatie

Rekenmodule

- Flexibele model formulering (implementatie verschillende schema's)
- Data transport tussen applicatie en rekenmodule (input en output)
- Aansturen rekenmodule (interactief)
- Beschikbaarheid van standaard functionaliteit voor dynamische modellen beperkt onderhoud van additioneel programmeerwerk (analyse van model formulering; gebruik differentiaal vergelijkingen; afhandeling tijds factoren en toestands variabelen; afhandelen van data errors).

Er is geen uitputtende analyse voor alle criteria gemaakt, maar slechts een indicatieve (zie hieronder).

Tabel 1 Beschikbare tools voor verschillende onderdelen van MEI 2.0

Onderdeel	Pakket
Database	Access, Ingres, SQL Server, Excel
Invoerschermen en validatie	Access, Visual Basic, OpenRoad, Excel
Data communicatie met database	ODBC, VB ADO object
Rekenmodule	VB(A), M, Matlab, C, Excel, Stella
Visualisatie	VB Chart object, Excel objects, M-shell, Crystal Reports

Bevindingen:

Het prototype van MEI is in Excel opgezet. Excel is niet geschikt als database, omdat elk beschouwd proces dan als aparte file opgeslagen moet worden (beperkt databeheer). Voor gestructureerde dataopslag inclusief versiebeheer valt Excel daarom af.

Als database kan in eerste instantie volstaan worden met Access. De verwachting is dat dit voldoende is voor de hoeveelheid data.

Als de hoeveelheid informatie toch beperkend wordt voor de performance (met name bij queries over veel tabellen) of als er behoefte is aan geavanceerde multi-user mogelijkheden kan overgeschakeld worden naar een meer professioneel database pakket zoals Ingres.

Tabelstructuren kunnen bij migratie overgezet via reverse- en forward-engineering.

Hiervoor is het van belang alleen database (RDBMS) pakketten te gebruiken die in het data-modelleringspakket ERwin worden ondersteund (Access, Ingres en SQL Server worden allen ondersteund).

Om de mogelijkheid voor omschakelen tussen databases open te houden, is het nodig dat er geen gebruik gemaakt wordt van database specifieke schermen (forms). Beter is het om schermen op te zetten in bv. Visual Basic, en deze via een database koppeling data te laten lezen en/of schrijven. Zo kan een database vanuit Visual Basic benaderd via ODBC en het ADO object. Switchen van database-pakket kan dan met een minimum aan wijzigingen, als tenminste de tabelstructuur intact blijft. De locatie van queries is een speciaal punt van aandacht hierbij. Deze moeten niet in de database zelf opgeslagen worden maar in de applicatiecode. In Visual Basic is daarvoor een voorziening, de Data Environment. Ook kan een eigen library aangemaakt met queries.

Het gebruik van Excel voor het rekenwerk is in een prototype-fase handig, omdat Excel flexibel is en de modeleigenaar veel controle kan uitoefenen. Het versiebeheer van rekenregels is echter niet eenvoudig, vooral als deze in cellen zijn ingevoerd of als cel adressen gebruikt worden. Het opnemen van rekenregels in VB(A) subroutines kan veel structureren omdat deze in SourceSafe kunnen worden gezet.

Een nadeel van algemeen toepasbare ontwikkeltools als Excel en Visual Basic is dat de afhandeling van de (dynamische) differentiaalvergelijkingen geheel uitgeprogrammeerd moet worden. Dat komt neer op de afhandeling van de factor tijd, het opnemen van een integratie-module voor de toestands variabelen, een keuze uit integratie-methoden, synchronisatie van tijdstappen met gewenste output momenten, output visualisatie, etcetera. Dit genereert weer extra onderhoud. Er zijn modelleerpakketten beschikbaar die aan een database-applicatie gehangen kunnen worden en die over een library beschikken

met modelleerfuncties. Hierbij is het nodig dat de data vanuit de database overgezet worden naar de modelleeromgeving (al of niet via flat files). Het voordeel van implementatie in VB(A) is dat er slechts 1 ontwikkelomgeving nodig is, en dat de data niet onnodig gerepliceerd worden tijdens berekeningen. Hieronder meer over het inzetten van (specifieke) modelleertools.

Een model kan rechtstreeks in C geschreven worden. Voordeel is dat het een goede performance heeft, en aan een Visual Basic applicatie gekoppeld kan worden. Het verschil in performance met VB zal waarschijnlijk in de orde van een aantal procenten liggen. Ook hier zijn libraries nodig met standaardroutines voor dynamische differentiaalvergelijkingen en visualisatie. Dit genereert weer extra bouwwerk en onderhoud. Verder is de onderhoudbaarheid van de rekenregels in C code niet eenvoudig voor de modeleigenaar. Hiervoor zijn misschien standaard libraries te koop (Active-X componenten). Bij deze optie is het logischer om het modelleerpakket M in te zetten, dat met C-libraries werkt, en C gecompileerde executables levert die door een database applicatie (bv in VB) aangeroepen kunnen worden.

Het modelleer pakket STELLA biedt de conceptueel modelleur een handige grafische interface, waarmee code voor rekenregels automatisch gegenereerd wordt. Het biedt veel ingebouwde standaard functionaliteit voor dynamische differentiaalberekeningen. Stella biedt geen mogelijkheid om data handig te lezen uit en schrijven naar een database (slechts DDE beschikbaar). Het is vooral geschikt als hulpmiddel voor snelle prototyping en het uittesten van conceptuele verbeteringen. De rekenregels die in STELLA gegenereerd worden zijn overzichtelijk en kunnen eenvoudig worden gekopieerd en overgezet naar andere modelleerpakketten.

Het dynamische model kan ook in M of Matlab geïmplementeerd worden, waarbij veel standaard functionaliteit beschikbaar is voor het omgaan met dynamische differentiaalvergelijkingen. De M omgeving levert modellen als executables die een goede performance hebben. Verder is het eenvoudig om een custom interactieve interface (M-shell) rondom de executables te maken. Verdere voordelen van M zijn de mogelijkheid om arrays te formuleren (bv. voor de verschillende bedrijfsgrootten), en het standaard omgaan met “scenario’s” (varianten in termen van MEI). Ook is er een mogelijkheid om geautomatiseerd betrouwbaarheids- en onzekerheids-analyses uit te voeren, met het UNCSAM pakket (Janssen *et al.* 1992). Er is veel kennis over M binnen RIVM (opgenomen in RITS; competence centre in wording), maar slechts bij enkele personen. De input en output van een M model verlopen niet rechtstreeks vanuit de database maar via flat files, omdat er geen database-koppeling voorhanden is. Additioneel programmeerwerk zit in de data-communicatie. Een belangrijk nadeel van M is de onduidelijke status van het pakket (en het competente centre) binnen het RIVM, en daarmee de continuïteit en ondersteuning op langere termijn⁴.

Net als M beschikt Matlab over standaard functionaliteit voor differentiaal en matrix berekeningen, heeft het een link met Excel en kent het koppelingen met databases via ODBC. Matlab is te besturen vanuit een Visual Basic interface via de Matlab Windows API. Hierbij wordt de data overgezet naar Matlab arrays en matrices. Ook hier zit het additioneel programmeerwerk in de afhandeling van data-communicatie. Om een Matlab model te kunnen draaien moet Matlab geïnstalleerd zijn. Matlab routines kunnen ook worden omgezet naar C, waardoor het rekendeel zelfstandig gedraaid kan

⁴ Momenteel werkt M nog niet met de C-compiler van Visual Studio 6.

worden. Hierbij zijn wel Matlab libraries nodig, waarvoor een beperkte user-licentie nodig is. Er is bij het RIVM veel kennis over Matlab aanwezig (opgenomen in RITS; competence centre in wording). Internationaal groeit de gebruikers groep van Matlab, met name voor wetenschappelijke toepassingen. Het marktaandeel (en de ondersteuning) is beduidend groter dan bij M.

Op grond van bovenstaande lijkt de volgende keuze gerechtvaardigd:

- Access database op gemeenschappelijke schijf; update door 1 persoon, lezen door meerdere personen.
- Visual Basic voor de GUI (Grafische User Interface): invoer schermen, data manipulatie en aansturen rekenmodule (waarbij zoveel mogelijk database onafhankelijk wordt geprogrammeerd)
- Visualisatie in VB(A) objecten

De beslissing voor de meest geschikte modelleer omgeving is de meest lastige

- Model in M of Matlab. Eventueel kan een pilot uitgevoerd met gerichte vragen over data-uitwisseling (flat files en database link). Zo kan een inschatting gemaakt over benodigd additioneel programmeer werk voor data-communicatie. Dit moet afgezet tegen programmeer werk en onderhoud van model functionaliteit als VB wordt ingezet. Dit is vooral van belang als het MEI-concept in meerdere versies uitgewerkt gaat worden (MEI-emissies, MEI-energie, Mei-Consumenten etc.), omdat hier het onderhoud geminimaliseerd moet worden. Het risico om nu aan een generieke oplossing te werken is dat dit te veel tijd gaat kosten.
- Model in VB of VB(A) heeft als nadeel dat er extra programmeerwerk (en onderhoud) verricht moet worden voor standaard modelfunctionaliteit. Zonder gedetailleerde functieomschrijvingen is het niet eenvoudig in te schatten of dit opweegt tegen extra programmeerwerk voor data-communicatie.

De VB(A) weg zal in eerste instantie gevolgd worden, omdat het model redelijk eenvoudig van aard is en daardoor de extra functionaliteit van gespecialiseerde pakketten niet direct nodig is. Eventueel kunnen er VB-libraries aangeschaft die de modelleerfuncties omvatten. De inzet van slechts 1 ontwikkelomgeving en de opbouw van expertise op slechts 1 vlak worden in deze optie als belangrijkste argumenten gezien.

4. Model gebruik en functies

4.1 Algemeen

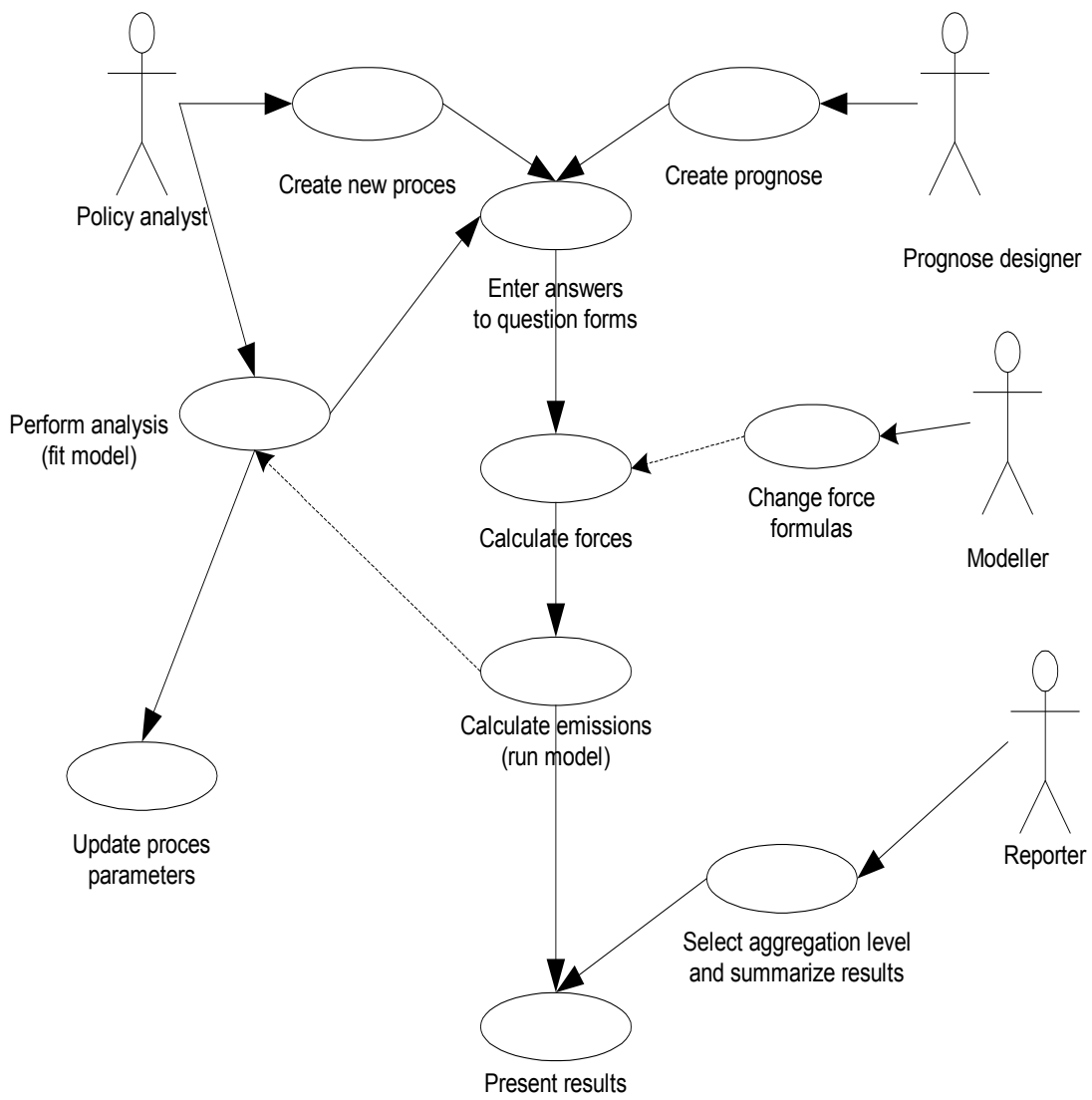
Dit hoofdstuk beschrijft in algemene termen het gebruik van het MEI model, waarmee de functies van de applicatie kunnen worden benoemd. Voor de modelgebruiker is dit de manier waarop de applicatie wordt gezien. Het afdelingshoofd Industrie is de formele modeleigenaar. De onderzoeksmedewerkers van de doelgroep Industrie zijn de belangrijkste modelgebruikers.

4.2 Functionaliteit van MEI 2.0 op hoofdlijnen

Het gebruik kan onderscheiden worden in meerdere fasen (zie Figuur 7), waarbij verschillende *rollen* c.q. *gebruikers* kunnen worden benoemd. Het is niet noodzakelijk dat alle genoemde gebruikstypen door verschillende mensen worden uitgevoerd. Het onderscheid is bedoeld om de functionaliteit van MEI en de geschikte interface vast te leggen. Verder kan het dienen om vast te stellen welke gegevens tussen verschillende gebruiksfasen moeten worden uitgewisseld. Tevens kan de afhankelijkheid tussen verschillende taken worden afgeleid.

1. Het feitelijke modelgebruik begint met het inrichten van een industriële proces-stof combinatie (een specifieke activiteit bij een homogene groep bedrijven die een specifieke milieudruk veroorzaakt) door de *beleidsanalist*.
2. Voor elke proces-stof combinatie wordt het historisch beleid gefit op bekende historische emissies (diagnose-variant). Dit komt neer op het uitvoeren van een beleidsanalyse. Hiervoor worden de vragen per kracht beantwoord, het model wordt gedraaid, en er worden parameters geschat die vastgelegd worden.
3. De *prognose ontwerper* verzorgt de invoer van varianten, waarin verwachtingen omtrent beleidsimplementatie zijn beschreven. Deze gaan uit van de historische analyse die in de vorige stap is uitgevoerd. Er zijn meerdere prognoses mogelijk bij elk ingevoerd proces (prognose-varianten).
4. Bij alle varianten worden emissies berekend. Hierbij worden per variant vragen beantwoord, het model wordt gedraaid, de output gevisualiseerd en opgeslagen.
5. Voor rapportage naar MPB producten wordt een *aggregatie* uitgevoerd van uitgevoerde diagnose en prognose varianten door een *rapporteur*.
6. De conceptueel *modelleur* zorgt voor onderhoud van rekenregels waarmee krachten worden ingeschat.

De gebruiksvormen 1 tot en met 5 kennen een tijdsvolgorde. Gebruik 6 is meer van algemeen karakter. Of bij veranderingen in rekenregels alle eerder ingevoerde processen opnieuw gefit moeten worden is niet duidelijk (versiebeheer rekenregels en MPB-producten).



Figuur 7 Gebruik van MEI 2.0 op hoog niveau weergegeven volgens UML use-cases (Booch et al 1999)

4.3 Opzetten van een industriële proces-stof combinatie

Het aanmaken van een proces-stof combinatie begint bij het selecteren of definiëren van een industrieel proces dat zich uitstrekt over een (homogene) groep bedrijven. Hiervoor moet de beleidsanalist eventueel een nieuwe procesbeschrijving invoeren (of wijzigen). Per proces wordt aangegeven op welke trend het proces betrekking heeft. Daarna wordt de bijbehorende stof geselecteerd uit een standaardlijst, en moeten andere algemene gegevens ingevoerd (zie ook 5.2). Onder andere moet ingevoerd worden hoe hoog de historische emissies zijn geweest ('realisatie'). Hierbij worden gegevens uit de Trendtapper diagnose (TT-D) gebruikt. In de TT-D worden emissies geselecteerd op grond van de indeling in MV-sectoren, de TNO-bedrijfsgroepen of de ER Emissie Oorzaken. Deze reeksen kunnen vanuit Excel geïmporteerd in MEI.

Niet altijd wordt een proces gebaseerd op een in de TT-D beschikbare emissiereeks. Het kan voorkomen dat een beleidsanalist zelf een emissiereeks heeft samengesteld. Hierbij zal in een tekstveld of factsheet vastgelegd moeten worden wat de herkomst van de emissiereeks is.

Een van de inhoudelijke verbeterpunten omhelst het aanbieden van twee verschillende toestandschema's (of netwerken), die vastleggen hoe toestanden in elkaar kunnen overgaan. De gebruiker kiest voor één van de alternatieven per proces (A of B).

4.4 Invoeren van maatregel- of toestands-kenmerken

Bij elke proces-stof combinatie moet de beleidsanalist de verschillende toestanden invoeren waarin bedrijven kunnen verkeren. De verschillende toestanden worden gekenmerkt door een ander pakket aan technische maatregelen.

De verschillende emissiefactoren moeten worden ingevoerd (per bedrijfsgrootte), de te verwachten technologische verbeteringen hierin en de mogelijke effecten van 'versloffing'. Met deze informatie worden tijdreeksen over emissiefactoren berekend. Deze kunnen eventueel getoond worden om te beoordelen of de ingevoerde technische informatie het juiste beeld te zien geeft.

4.5 Invoer van diagnose-variant

Nadat een proces-stof combinatie is aangemaakt en de mogelijke toestanden en beleidsdoelen zijn ingevoerd, moet de beleidsanalist een diagnose-variant invoeren. Dit omhelst het invoeren van historische informatie omtrent het gevoerde beleid waarmee bedrijven zijn gestimuleerd om milieumaatregelen te treffen. Het uitgangspunt is dat er een historische emissiereeks voorhanden is die het effect van het historisch beleid laat zien. De benodigde invoer voor de diagnose-variant bestaat uit antwoorden op een uitgebreide vragenlijst. Hiermee worden krachtwaarden afgeleid. Handig hierbij is het gebruik van een default set aan antwoorden, die een minimale krachtwaarde geven.

Bij een diagnose-variant zijn meerdere veranderjaren te onderkennen waarin de krachten zich gewijzigd hebben, en waarvoor alle vragen weer moeten worden beantwoord. Hierbij is een kopieerfunctie van het voorafgaande veranderjaar nodig, om invoer te vereenvoudigen en consistentie van antwoorden te bevorderen. Het moet ook mogelijk zijn om direct kracht waarden in te voeren ('overrule'). De variant wordt opgeslagen (veranderjaren inclusief antwoorden) en kan later opgeroepen en gewijzigd worden.

4.6 Uitvoeren interactieve beleidsanalyse

Voor elke proces-stof combinatie wordt het historische beleid, vervat in de diagnose-variant, gefit op de historische emissiereeks. Emissiegegevens worden hierbij vergeleken met de door het model berekende emissies, gebaseerd op de implementatie van technieken onder invloed van krachten en de historische groei van de bedrijfsgroep (historische trend). Om de juiste fit te verkrijgen moeten de invoer gegevens van de diagnose-variant gewijzigd kunnen worden.

Als eerste in het fit-proces worden de antwoorden op de vragenlijst herzien waardoor ook de krachtwaarden wijzigen. Ook kunnen krachtwaarden rechtstreeks worden ingevoerd. Als dit een bevredigend verloop van de emissies te zien geeft (de juiste trend), worden als laatste de emissiefactoren aangepast om precies op de historische emissie uit te komen (eventueel kan hiervoor nog een correctie-factor nodig zijn).

De aldus gefitte gegevens van de diagnose-variant en de toestanden worden in de MEI database opgenomen (save/update). Tijdens het fitten moet de gebruiker een goed beeld krijgen van het effect van ingevoerde veranderingen op de maatregel implementatie en de emissies. Dit betekent dat de schermen voor gegevensinvoer en visualisatie van output overzichtelijk, tegelijkertijd en synchroon gepresenteerd moeten worden.

Hierbij moet bedacht worden dat het aantal variabelen zo groot is dat er meerdere oplossingen zijn om tot een goede fit te komen. Het is aan de expert om de juiste variabelen te wijzigen, binnen bepaalde constraints.

4.7 Invoeren prognose-varianten

Uitgaande van een diagnose-variant moeten meerdere prognoses opgesteld kunnen worden over de te verwachten invloeden op maatregel-implementatie. Een prognose-variant is breder dan een policy alternative (beleidsvariant), omdat het ook invloeden buiten de overheid betreft.

Allereerst moet bij elke variant aangegeven worden op welk economisch scenario het is gebaseerd, en welke trendlijn of combinatie van trendlijnen gevolgd zal worden. Binnen elk scenario moet gekozen tussen alternatieve beleidspakketten c.q. instrumenten, die qua strekking bij het scenario passen. Dit zijn algemene en vaste zaken voor de prognose-variant. In een factsheet kan de vertaling van economisch scenario en een algemeen beleidspakket naar de variant toegelicht worden.

Elke variant kent meerdere veranderjaren waarin de sterkte van drijvende krachten wijzigen, en waarvoor de vragenlijst apart moeten worden ingevuld. Hierbij dient steeds de ingevulde vragenlijst voor de diagnose-variant of het vorige veranderjaar het uitgangspunt. Voor het startjaar van een prognose jaar dient het eindjaar van de diagnose-variant als "default".

Dit gebruik lijkt sterk op het invoeren van de diagnose-variant. Dezelfde schermen moeten hiervoor gebruikt kunnen worden, waarbij duidelijk moet zijn of het een prognose dan wel diagnose betreft.

4.8 Uitvoeren emissie-prognose berekeningen

De varianten worden nu doorgerekend naar de fracties bedrijven in de verschillende toestanden. De resulterende maatregel implementatie wordt gecombineerd met de gekozen trendlijn (tijdreeks met verwachte groei van de bedrijfsgroep) en de emissiefactoren. Dit levert de emissiereeks. Hierbij wordt het model apart gedraaid voor elke prognose-variant die bij een proces hoort. Visualisatie van de resultaten geeft 1 emissie lijn voor de diagnose-variant (historie) en meerdere emissie reeksen (1 voor elke prognose-variant). De

(afleidbare) emissiereeksen worden bij de varianten opgeslagen in de MEI-database, om later overzichten te kunnen genereren.

4.9 Presentatie resultaten

Om de output van het model goed te kunnen beoordelen zijn meerdere rapporten en grafieken nodig. Deze kunnen in de applicatie ingebouwd worden, of door de gebruiker gegenereerd worden in Excel-templates, waarbij er een output-functie naar Excel nodig is om de gewenste tussenresultaten van de berekening aan te leveren. De volgende gegevens komen hiervoor in aanmerking:

Algemeen (als een boom in Explorer stijl):

- ingevoerde processen
- aantal processen per stof
- varianten per proces (inclusief scenario en beleidspakket)

Per proces:

- overzicht ingevoerde waarden per vraag (rapport per variant en veranderjaarr)
- tijdreeksen van emissiefactoren (rapport per toestand en bedrijfsgrootte)
- fracties bedrijven in de verschillende toestanden (grafiek per toestand)
- emissie per variant (grafiek per variant)

4.10 Aggregatie van modelresultaten

Om ten behoeve van MPB-producten overzichten te kunnen maken over industriële emissies, is een aggregatiefunctie nodig waarbij modelresultaten van verschillende processtof combinaties gesommeerd worden. Hierbij worden de gewenste emissiegegevens in de MEI-database opgezocht. Hiervoor is het nodig dat de database open staat voor bekijken door meerdere gebruikers. Van de geaggregeerde gegevens moet duidelijk zijn op welke versie van emissiereeksen, trendlijnen en rekenregels deze is gebaseerd. De gegevens kunnen vervolgens in de Emissie Explorer/Trendtapper Prognose opgenomen worden. Nog niet duidelijk is op welke manier aggregaties kunnen worden samengesteld. Gedacht kan worden aan aggregaties per combinatie van economisch scenario, beleidspakket en stof (PRIMA CASE), eventueel aangevuld met een sector indeling van de industrie.

Als laatste functionaliteit kan het handmatig toevoegen van bijschattingen genoemd worden.

Of het ook nodig is om algemene industrie dekkende processen te kunnen desaggregeren naar de aparte samenstellende sectoren is nog onduidelijk.

4.11 Wijzigen rekenregels

De *modelleur* stelt de rekenregels ("business logic") op, waarmee antwoorden worden omgerekend tot kracht waarden (zie ook Hfst 6). De modelleur moet de rekenregels op begrijpelijke en eenvoudige wijze kunnen veranderen. De manier waarop rekenregels worden opgeslagen (in database, applicatie of modelomgeving) moet dit mogelijk maken. Handig daarbij is dat de modelleur overzicht krijgt van de beschikbare variabelen en hun namen. Het kunnen onderhouden van de rekenregels, betekent dat versiebeheer van de rekenregels nodig is. Voor het experimenteren met rekenregels kan de modelleur beter gebruik maken van een conceptueel modelleer pakket (bv. STELLA). Eenmaal geteste rekenregels kunnen in een nieuwe versie van de applicatie opgenomen, waarbij dan nog besloten moet worden of oude resultaten herberekend moeten worden. Het wijzigen van de rekenregels moet tot een minimum beperkt worden, om validatie van rekenregels mogelijk

te maken. De verwachting is dat de differentiaalvergelijkingen niet zullen wijzigen. Er worden geen speciale mogelijkheden hiervoor in de applicatie opgenomen.

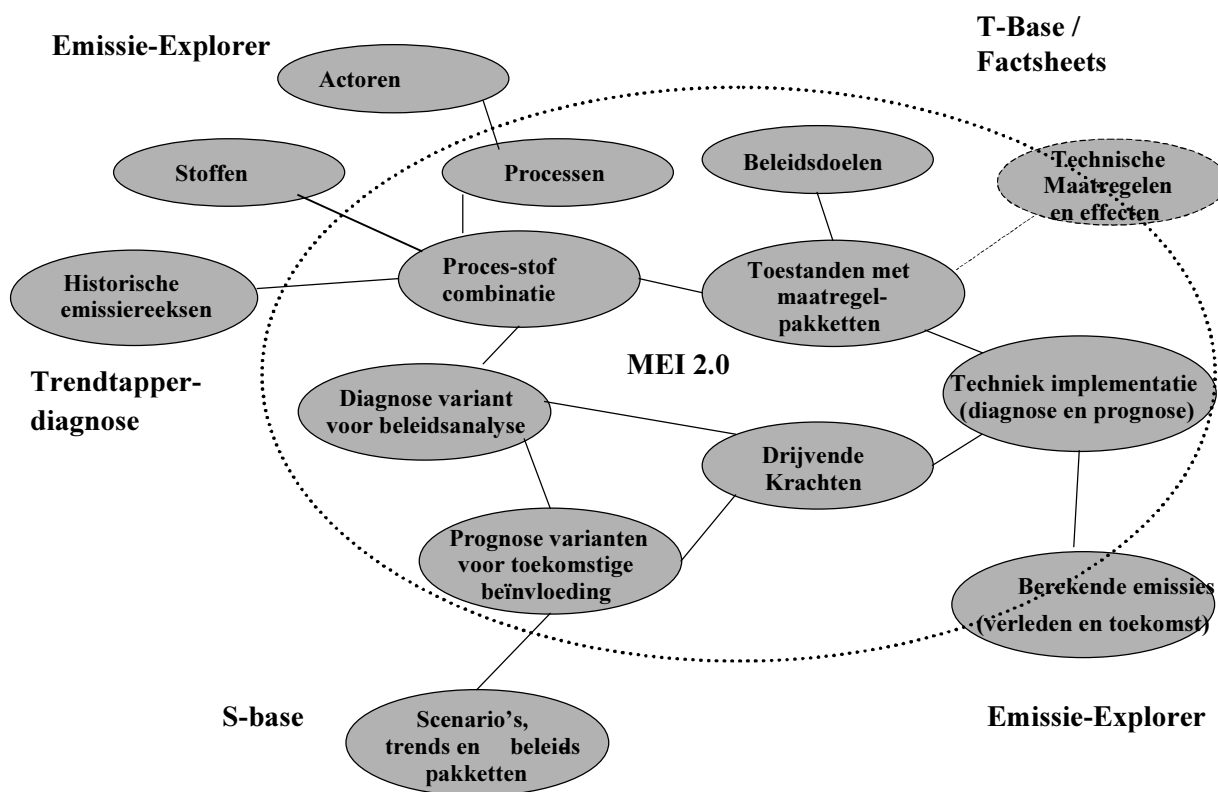
5. Gegevensstructuur

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de benodigde gegevens, hun definities en onderlinge relaties beschreven. Op een algemeen niveau worden relaties tussen gegevens in een object model gepresenteerd, en meer gedetailleerd in een logisch data model⁵.

Op grond van dit hoofdstuk kan ingeschat worden hoeveel gegevens nodig zijn, en kan er een data acquisitie plan opgesteld worden. Zo kan beoordeeld worden of de omvang van de data verzameling reëel is.

5.2 Object model plus definities



Figuur 8 Object model van MEI 2.0 met relaties naar andere informatie systemen (objecten binnen de gestippelde cirkel behoren tot het werkingsgebied van MEI)

⁵ Het gegevens object model moet niet verward worden met een weergave van de functionele eenheden van een applicatie zoals die in UML gebruikt wordt.

Dit model geeft op hoofdlijnen de objecten aan die betrokken zijn bij MEI 2.0, en waarover informatie zal worden opgeslagen. Hier wordt nog niet aangegeven welke informatie precies wordt vastgelegd.

Een lijn van een object uit MEI naar een object in een ander systeem betekent dat MEI informatie opslaat over de relatie tussen beiden. Dit is bedoeld om nergens informatie dubbel op te slaan en data inconsistentie te voorkomen. Zo is er een relatie tussen een prognose-variant uit MEI en de scenario's in S-base. Hiermee wordt aangegeven dat de groei van een bedrijvengroep in een prognose gebaseerd wordt op een trendlijn uit een centraal beschikbaar scenario. Omdat S-Base, Trendtapper en Emissie Explorer nog in ontwikkeling zijn zal het vooralsnog nodig zijn dat data gekopieerd wordt. Redundantie in gegevens opslag zal daardoor onvermijdelijk zijn.

De objecten kunnen als volgt gedefinieerd worden:

Naam		Processen
Definitie	Een proces is een industriële activiteit die hoort bij een homogene groep van bedrijven.	
Omschrijving	Een proces geeft een groep bedrijven aan waarvan de activiteit bekend is in termen van productie of een index. Elk proces is hiervoor gerelateerd aan een trend. Een proces wordt aan een actor gerelateerd, waardoor de model-output later aan het juiste aggregatie-niveau kan worden toegekend.	
Voorbeeld	De grafische industrie. De basismetaal. Ook de sector industrie als geheel.	
Opmerkingen	Er is geen unieke proceslijst aanwezig met complementaire processen die de gehele industrie bestrijken. Elke bekende bron van milieudruk wordt apart omschreven. Of het geheel aan processen terreindekkendheid is valt onder de verantwoordelijkheid van inhoudelijke experts, en wordt niet in de MEI database afgedwongen.	

Naam		Actoren
Definitie	Degenen waarop het beleid en beleidsinstrumenten gericht is/zijn ⁶ .	
Omschrijving	De beleidsmatige doelgroepen waarop beleid aangrijpt, of die bij het beleid betrokken zijn. Voor MEI betreft het hier bedrijvengroepen die in de industrie te onderscheiden zijn.	
Voorbeeld	MV-sector/bedrijvengroepen/SBI code etc.	
Opmerkingen	De actorenlijst uit de centrale LAE database is een strikt hiërarchische lijst waarmee aggregaties naar hogere beschouwingsniveau's uit te voeren zijn. Door processen aan actoren te relateren, kan de MEI modeloutput over emissies verwerkt in LAE brede overzichten (Emissie Explorer) ten behoeve van MPB-rapportages.	

⁶ Afkomstig uit de Informatieanalyse Instrumentendatabase (van der Maas et al 1999).

Naam	Proces-stof combinatie
Definitie	Een proces-stof combinatie vormt het centrale object van beschouwing binnen het MEI model.
Omschrijving	Een proces-stof combinatie bestaat uit een industriële activiteit die plaats vindt bij een homogene groep bedrijven (niet perse een industrie <u>sector</u>), en die milieudruk veroorzaakt op een bepaald aspect (1 stof of stofgroep uit de LAE stoffenlijst). Er zijn gegevens voorhanden over de historische emissie. Voor elke proces-stof combinatie zijn alternatieve technische milieumaatregelen bekend, die verschillen wat betreft hun effecten op de emissie.
Voorbeeld	Het ontstaan van VOS emissies uit de grafische industrie. Fijn stof emissies in de basismetaleen. Koelingsinstallaties binnen de industrie.
Opmerkingen	Door proces-stof als centrale object te nemen kan een eenmaal gedefinieerd proces voor meerdere stoffen uitgewerkt worden. Zo wordt dezelfde trend voor beide proces-stof combinaties gebruikt en wordt de emissie steeds aan dezelfde actor toegekend (data consistentie).

Naam	Scenario (onderdeel S-base)
Definitie	Een scenario is een set vastgestelde trends.
Omschrijving	Een scenario bevat tijdreeksen met kwantitatieve informatie over toekomstige ontwikkelingen. Het kunnen economische, demografische, technische, maatschappelijke en ruimtelijke ontwikkelingen zijn. Tot een scenario behoren ook de onderliggende uitgangspunten, die de 'kleur' van een scenario bepalen. Een scenario kan kwalitatief omschreven worden in een verhaallijn, een 'narrative'. Bij elk scenario zijn meerdere beleidspakketten beschikbaar die in algemene termen aangeven in welke richting het beleid zich ontwikkelt.
Voorbeeld	Scenario's zoals Global Competition, Divided Europe, en European Coordination; aangevuld met beleidspakketten.
Opmerkingen	Voor het overzicht zijn beleidspakketten hier onderdeel van scenario. In het datamodel worden economische scenario's en beleidspakketten wel onderscheiden.

Naam	Trend (onderdeel S-base)
Definitie	Een tijdreeks met een verwachte ontwikkeling van een technische of sociaal-economische activiteit, gerelateerd aan een scenario.
Omschrijving	Een trend wordt gebruikt om de ontwikkeling van de activiteiten in het proces te beschrijven. Het kunnen zowel fysieke als geïndexeerde reeksen zijn.
Voorbeeld	Behalve sector groei zijn voor MEI ook ontwikkelingen op maatschappelijk en technologisch gebied van belang. Hiermee worden respectievelijk de kracht maatschappelijke druk en de

Opmerkingen	autonome verbetering van emissiefactoren ingeschat. Voor het berekenen van historische emissies is het ook nodig dat er historische ontwikkelingen over bedrijfsgroepen beschikbaar zijn in S-Base.
-------------	--

Naam	Toestand
Definitie	Een toestand geeft aan welke technische maatregel(en) bij een industrieel proces genomen worden, en samenhangend daarmee welke emissiefactoren geldig zijn.
Omschrijving	Bij een proces kunnen meerdere toestanden onderscheiden worden waarin bedrijven verkeren m.b.t. het nemen van milieutechnieken (inclusief maatregelen). Bedrijven kunnen van toestand veranderen, waarbij steeds verdergaande maatregelen worden getroffen. De toestanden hebben hun eigen emissiefactor, en een eigen (technologische) ontwikkeling daarin.
Voorbeeld	Er is een beperkt aantal mogelijke toestanden die in elkaar over kunnen gaan. Elke toestand krijgt een nummer (T1, T2 etc.). T1 is de toestand waarin bedrijven verkeren zonder dat ze maatregelen hebben genomen. Voor de overige toestanden kunnen verschillende maatregelen gedefinieerd worden. Zoals end-of-pipe, vervangende technieken en dergelijke. Er zijn 2 schema's (A of B) die een geheel aan toestanden beschrijven, en waarmee alle voorkomende processen beschreven kunnen worden.

Naam	Maatregelpakket
Definitie	Een combinatie van (technische) maatregelen op een geaggregeerd niveau, die een toestand kenmerken.
Omschrijving	Een samenhangende geheel aan maatregelen die bij een toestand horen. Het geheel heeft een effect, dat niet gelijk hoeft te zijn aan de som van afzonderlijke maatregel effecten.
Voorbeeld	Galvano-industrie: ONO-installatie met nageschakelde filters en/of ionenwisselaar om zware metalen uit afvalwater te verwijderen.
Opmerkingen	Het maatregelpakket leeft binnen MEI niet als concreet pakket van losse maatregelen uit (bijvoorbeeld) een Technologie database. Het is veel meer een technische omschrijving van een toestand.

Naam	Beleidsdoelen
Definitie	Beoogd effect van het beleid voor een specifieke periode met betrekking tot een bepaalde vorm van milieudruk.
Omschrijving	Het milieubeleid heeft doelstellingen waar, in een bepaalde periode, met beleidsinstrumenten naar toe gewerkt wordt. Er kunnen verschillende doelen zijn per industrieel proces, die verschillen in de mate waarin de milieudruk gereduceerd wordt

	<p>en de periode waarin dit doel gehaald dient te worden. De verschillende doelen kunnen op verschillende manieren bereikt worden, wat in MEI 2.0 samenhangt met verschillende toestanden (toepassing van specifieke technieken). Bij elke toestand kan worden aangegeven worden welk doel hiermee wordt bereikt</p> <p>Als een beleidsdoel wordt vervangen door een strengere eis is het onwaarschijnlijk dat de (verouderde) techniek nog geïmplementeerd wordt. Als een doelstelling pas in de (verre) toekomst wordt verwacht is het daarentegen onwaarschijnlijk dat er bedrijven zijn die (duurdere) techniek uit de bijbehorende toestand al zullen implementeren.</p>
Voorbeeld	De reductie van zware metalen in de galvano-industrie. Doel A: emissierichtlijnen Unie van Waterschappen (1974); Doel B: aanscherping emissierichtlijnen CUWVO (1987); Doel C: verdergaand doel voor de toekomst.
Opmerking	De doelen worden niet gebaseerd op GOALBASE.

Naam	Variant
Definitie	Een variant is een geheel aan invloeden op techniek en maatregel implementatie.
Omschrijving	Een variant is een mogelijke manier waarop bedrijven beïnvloed kunnen worden om milieumaatregelen te nemen. Dit betreft niet alleen overheidsbeleid, maar ook andere vormen van invloed (kosten, publieke opinie). Het kan gaan om historische of toekomstige invloeden (diagnose of prognose-varianten). Het is de concrete uitwerking van een algemeen beleidspakket dat bij een scenario hoort, en daardoor verwant aan het begrip 'case'. Via een scenario is een variant gerelateerd aan een of meerdere trends. Een variant wordt gekwantificeerd door een aantal krachten ⁷ .
Voorbeeld	Subsidieregeling VAMIL. Veel publiciteit rond verzuring, waardoor de maatschappelijke druk sterk is toegenomen.
Opmerking	Een variant is breder dan een 'policy alternative' ('beleids alternatief'), want het bevat ook invloeden buiten het overheidsbeleid.

Naam	Kracht
Definitie	Een kracht is een vorm van beïnvloeding op de implementatie van milieu technieken.
Omschrijving	Een kracht heeft invloed op de beslissing om binnen een bedrijf een maatregelpakket te treffen. Er zijn 8 krachten in MEI 2.0 onderscheiden. Op grond van een enquête met vragen kunnen krachten gekwantificeerd worden. Daartoe zijn

⁷ Een variant kan bij meerdere processen voorkomen, maar dan met andere krachtwaarden. Een kopieerfunctie kan hierin voorzien, zodat toch de krachtwaarden kunnen worden opgeslagen bij een variant.

Voorbeeld	<p>rekenregels opgesteld die kwalitatieve informatie omzetten in een krachtwaarde. Een variant wordt gekwantificeerd door de waarden van de 8 krachten.</p> <p>Kosten, beleidsimpuls, juridische druk, maatschappelijke druk, technische complexiteit, marktvraag, attitude van de doelgroep, uitvoeringsintensiteit.</p>
-----------	---

Naam	Emissie prognose
Definitie	De hoeveelheid milieudruk behorende bij een industrieel proces, onder een bepaald scenario, beleidspakket en variant.
Omschrijving	Bij industriële processen worden stoffen uitgestoten, wordt afval geproduceerd en/of energie gebruikt. Om deze milieudruk te kunnen berekenen wordt de implementatie van technieken berekend, onder invloed van drijvende krachten. In een variant worden de drijvende krachten ingeschat, passend bij het meer algemene beleidspakket. De berekende techniek implementatie wordt gecombineerd met emissiefactoren, en de omvang en groei van de betreffende bedrijfspgroep om de uiteindelijke milieudruk te berekenen.
Voorbeeld	De SO ₂ emissie bij de basismetalaal industrie in 2020 overeenkomstig beleidspakket X in het GC scenario.

5.3 Benodigde gegevens

In deze paragraaf wordt gedetailleerder ingegaan op de informatie behoeften van het model. Om met het model te kunnen werken zijn er (input) gegevens nodig op verschillende detail niveaus:

1. Proces onafhankelijk. Gegevens die voor het model als geheel gelden, en daarmee voor de doelgroep Industrie. Dit is feitelijk geabstraheerde kennis over het krachten-spel (wetenschappelijk inzicht of expert-judgement). Het betreft de matrix met weegfactoren waarmee de krachten omgerekend worden tot de 3 TO-parameters. In MEI 1.0 zijn er verschillende matrices voor verschillende wettelijke kaders. Met het opnemen van de vergunningverlening in de krachten berekening is dit vervallen. Wat verder voor het hele model vastligt zijn de ranges waarbinnen de TO-parameters liggen (minimum en maximum waarden). De ranges zijn gelijk voor alle TO' s maar verschillen per bedrijfsgrootte.
2. Proces afhankelijk. Het betreft hier zaken als de trend die gebruikt wordt om de proces-activiteit te kwantificeren, en de actor waaraan de emissie wordt toegekend in integrale (MPB-)rapportages (MV-sector/bedrijfsgroep/SB-I code). Hiermee wordt aansluiting verkregen naar gegevens buiten het MEI-model (trends uit S-base, historische emissies uit Trendtapper-D en koppeling van model-output naar Emissie Explorer).
3. Proces-stof afhankelijk: Hier vallen gegevens onder die per combinatie van stof (uit de stoffenlijst) en proces (uit de door de doelgrope industrie gedefinieerde processenlijst) gelden. Dit zijn de historische emissies voor de proces-stof combinatie en een keuze uit de alternatieve toestandenschema's. Verder worden de beleidsperioden waarvoor verschillende doelen zijn gesteld per proces-stof combinatie vastgelegd.
4. Scenario afhankelijk. Onder een economisch scenario vallen een aantal reeksen over sector groei, evv's, verwachtingen over techniek verbetering en maatschappelijke druk.

Bij elk economisch scenario zijn meerdere bijpassende beleidspakketten mogelijk. Bij elke variant moet 1 scenario, bijbehorend beleidspakket en MPB-product gekozen worden (tezamen vormen deze drie een “case” binnen een MPB-berekening, zoals vastgelegd in de MPB-Explorer).

5. Variant afhankelijk. Bij elke proces-stof combinatie hoort 1 diagnose-variant en meerdere prognose-varianten. Bij elke variant horen een omschrijving, een start- en eindjaar en meerdere veranderjaren (waaronder het startjaar) waarin de drijvende krachten wijzigen. De ‘diagnose-variant’ bestrijkt de periode waarover historische emissies bekend zijn. Varianten voor prognoses kunnen alleen beginnen aan het einde van de historische emissiereeks. Van elke variant wordt vastgelegd op welke case deze betrekking heeft (combinatie van scenario, beleidspakket en MPB product). De verdeling van bedrijfsklassen in het start- en eindjaar van de variant worden ook bij een variant ingevoerd. Het idee is hierbij dat de verdeling over bedrijfsgrootte klassen wordt beïnvloed door het gekozen scenario en beleidspakket.
Per variant en veranderjaar worden antwoord gegeven op een groot aantal vragen, waaruit de drijvende krachten worden berekend. Daarbij wordt voor sommige vragen nog onderscheid gemaakt naar beleidsdoelen en toestanden. De basiswaarden voor de parameters worden uit algemene procesgegevens en de gegeven antwoorden berekend. Omdat de rekenregels gegevens combineren van verschillende toestanden, hebben kracht- en basis-waarden betrekking op Toestand Overgangen. De kracht- en basis-waarden zijn dus verschillend per veranderjaar en TO.
6. Toestands afhankelijk. Per toestand moet een maatregelpakket gegeven worden en moeten de bijbehorende emissiefactoren ingevoerd. Veranderingen in emissiefactoren (door technologische verbeteringen en/of good-housekeeping) worden als percentage per toestand opgegeven, en gelden vanaf het jaar van beschikbaarheid van een techniek. De afschrijvingstermijn van technieken wordt relatief tussen Toestanden opgegeven. Middels deze invloeden kan er een tijdreeks voor emissiefactoren per toestand berekend worden.
7. Bedrijfsgrootte afhankelijk. De toestandsovergangen worden apart berekend voor de verschillende bedrijfsgroottes. Daardoor verloopt ook de techniek-implementatie verschillend. Om het model voor elke grootte-klasse apart te kunnen draaien moet de verdeling van bedrijven over klassen in de tijd bekend zijn. De initiële verdeling van bedrijven over de toestanden is identiek (100% in T1).

5.4 Data model

Met de beschreven object-relaties en gegevensstructuur is een data model voor MEI 2.0 opgezet (zie Figuur 9). Hierbij is voor een aantal entiteiten de structuur van LAE-base als leidraad genomen, om gegevens uitwisseling en koppeling in de toekomst te verzekeren. Het datamodel zet de entiteit “proces-stof” centraal. Vanuit deze entiteit worden relaties gelegd naar entiteiten in LAE brede informatie systemen zoals S-Base, Trendtapper-D en de Emissie-Explorer. De linkerkant van het diagram geeft de input relaties weer. De entiteiten die eigen zijn aan MEI 2.0 worden aan de rechterkant van het diagram weergegeven. Emissies worden niet op variant niveau doorgestuurd naar de Emissie-Explorer, maar op een meer geaggregeerd niveau (ahv entiteiten actor en case). Dit moet gebeuren in een aparte output module, waarvoor later een apart data model wordt opgesteld.

Verder zijn een aantal algemene en vaststaande entiteiten opgenomen: parameter (4 verschillende), toestand (4 verschillende), bedrijfsgrootte (4 klassen) en krachten (8). In het datamodel zijn definities van de entiteiten opgenomen, en voorbeelden.

6. Rekenregels

Vanaf input naar output gegevens kunnen achtereenvolgens de volgende rekenslagen worden onderscheiden (zie ook Figuur 10).

1. Berekening van drijvende krachten uit de gegeven antwoorden. Hierdoor worden van vraagwaarden de krachtwaarden per TO afgeleid. Tijdreeksen spelen mee in de berekening van sommige krachten.
2. Berekening van 'range-waarden'. Hierbij worden de krachtwaarden gewogen met een weegfactoren matrix en geschaald met de ranges (minimum en maximum waarden). Er zijn 4 rangewaarden (voor de parameters T_v , dF/dt , F_{min} en een parameter voor algemeen gebruik).
3. Berekening van 'parameter-waarden' voor de TO's volgens basisformules. Naast de rangewaarden uit stap 2 komen hierin afschrijvingstermijn, toepasbaarheid, en tijdreeksen voor evv en economische groei voor. Per parameter wordt een tijdreeks gemaakt (de algemene parameter is enkel input voor deze rekenstap).
4. Berekening van techniek implementatie. De berekende parameters worden hiervoor in de differentiaal vergelijkingen ingevoerd, en elke overgang wordt berekend. Dit wordt apart doorgerekend per bedrijfsgroote klasse.
5. Vanuit de techniek implementatie, emissiefactoren en sector groei (evv-tijdreeks) kan de emissie berekend worden per bedrijfsgroote klasse. Autonome verbetering van technieken en good-housekeeping (c.q. versloffing) worden meegenomen als correcties op de emissiefactoren.
6. Aggregatie van resultaten naar een algemeen niveau (1 emissiereeks per variant; de bedrijfsgroottes en toestanden zij niet meer te onderscheiden). In de loop van de tijd vinden er verschuivingen plaats tussen bedrijfsklassen (schaalvergroting, ingevoerd per prognose-variant).

Stap 1.

Voor het berekenen van kracht waarden zijn een groot aantal rekenregels opgesteld door de conceptueel modelleur. Deze worden uitgebreid beschreven (MEI 1.0 in Booij *et al* 1999; MEI 2.0 in Booij *et al* 2000).

De antwoorden op de vragenlijst dient als belangrijkste input voor deze berekening. De default antwoorden zijn zodanig gekozen dat de krachten minimaal zijn. Bij een default krachtwaarde van 0 is er geen enkele TO mogelijk, en blijven alle bedrijven in hun initiële toestand. Een waarde nul zal niet altijd mogelijk zijn, met name als er tijdreeksen in de krachtberekening voorkomen.

Stap 2.

De weging van krachtwaarden tot rangewaarden kan als volgt weergegeven worden. Naast de weging wordt de rangewaarde ook geschaald binnen de range van de parameter.

$$R_i = R_{min\ i} + (R_{max\ i} - R_{min\ i}) \times \sum_j (K_j \times W_{i,j}) / \sum_j (W_{i,j} \times 10)$$

R_i	range waarde voor parameter i (i van 1 tot 4)
$R_{min\ i}$	minimum waarde voor parameter i
$R_{max\ i}$	maximum waarde voor parameter i
K_j	waarde voor kracht j (j loopt van 1 tot 8)
$W_{i,j}$	weegfactoren voor parameter i en kracht j (matrix met $i \times j$ elementen)

Stap 3.

Het berekenen van parameterwaarden volgens basisformules is nieuw in MEI 2.0. Deze rekenregels gaan uit van de in stap 2 berekende rangewaarden en combineren deze met enkele specifieke antwoorden, tijdreeksen voor evv en economische groei, afschrijvings-termijnen en toepasbaarheid van technieken. Omdat ook trends meespelen in de berekening worden er tijdreeksen voor elke parameterwaarden aangemaakt. De basis-formules staan beschreven in Booij *et al.* (2000).

Stap 4.

De differentiaal-vergelijkingen zijn al eerder weergegeven (zie 2.3), maar worden hier herhaald.

```
dFkl/dt= ( if t > (startjaar+tv)
              and t > beschikbaar_techneik
              and beleid_start < t < beleids_eind
              and Fk > cum(Fk) * FMIN
              then STO
              ) else 0
```

t	de variabele tijd (in jaren)
startjaar	het jaar waarin beleid voor een proces is begonnen
beschikbaar_techneik	het jaar waarin een techniek op de markt komt
beleid_start	het jaar waarin een bepaald beleidsdoel nagestreefd gaat worden
beleid_eind	het jaar waarin een beleidsdoel niet meer wordt nagestreefd
F _{min}	de fractie bedrijven die achterblijft in F _k
init(F _k)	de initiële fractie bedrijven in F _k
cum(F _k)	de cumulatieve hoeveelheid bedrijven in F _k (tijdsom van alle instroom)

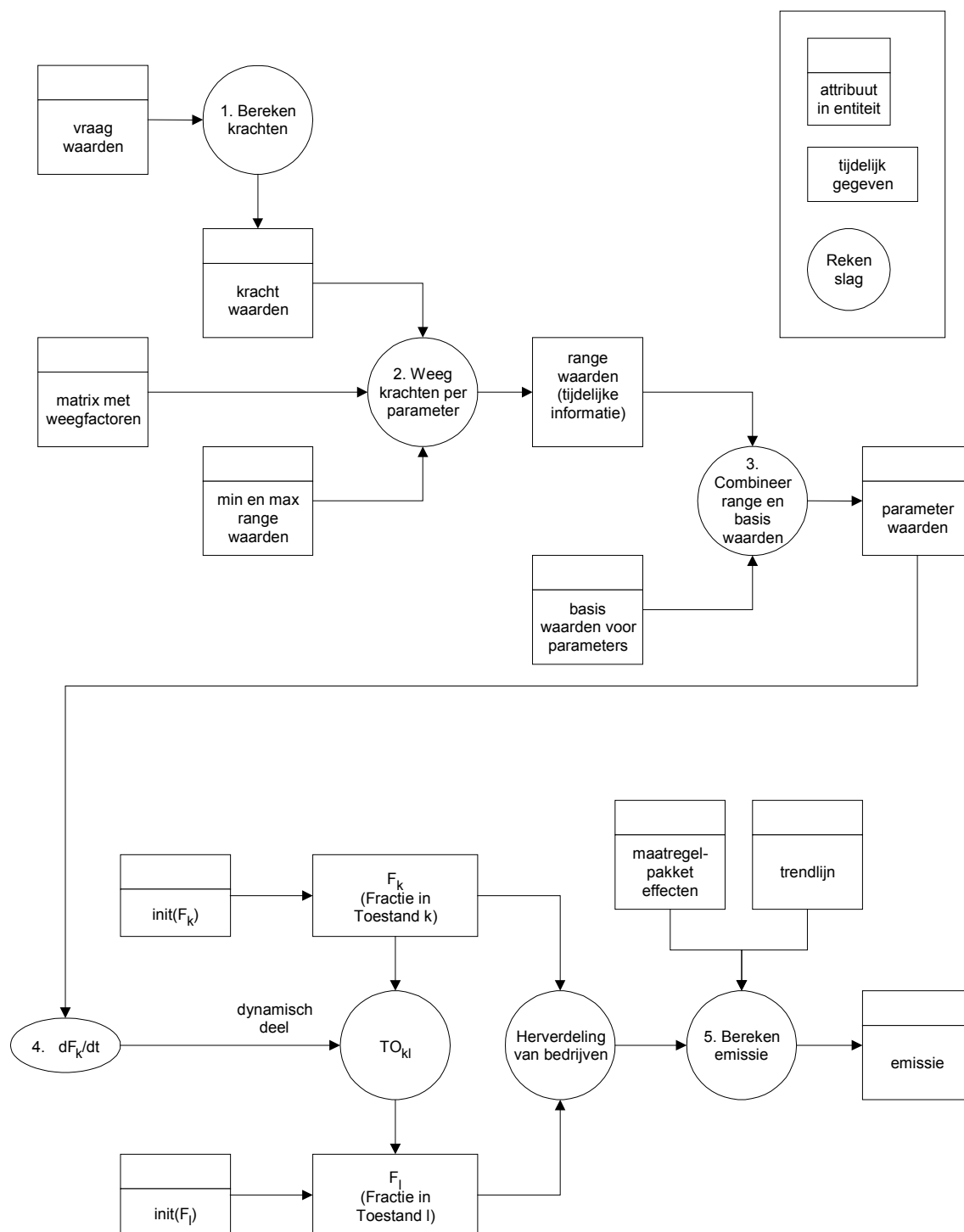
Per tijdstap wordt zo berekend hoeveel bedrijven van toestand K naar een volgende toestand L verschuiven. De nieuwe toestands-waarden (per bedrijfsgrootte klasse) zijn weer het uitgangspunt voor de berekening van de volgende tijdstap.

De IF ... THEN condities controleren telkens een aantal randvoorwaarden, voordat de overgang daadwerkelijk wordt berekend. Het gaat hierbij om zaken als het verlopen van de benodigde voorbereidingstijd, het moment van introductie van een techniek op de markt (is de techniek al beschikbaar), de relevante beleidsperiode (is het gestelde beleidsdoel waar de techniek aan voldoet al ingegaan), en het controleren van de minimale fractie bedrijven die nooit overgaat.

Bij de laatste conditie wordt gebruik gemaakt van een cumulatieve fractie (initiële vulling van een toestand plus de tijdsom van alle instroom). Dit is gedaan omdat alle toestanden (behalve T1) aan het begin van de modelrun op nul staan, en een minimale fractie die achter moet blijven dan ook nul is. Door nu gebruik te maken van de cumulatieve instroom wordt de minimale fractie relatief gemaakt (is nog laag als er weinig bedrijven ingestroomd zijn en wordt langzaam groter; zie ook 2.2).

Door het opnemen van een IF ... THEN conditie wordt een discontinu verloop gesimuleerd. Dit kan numerieke problemen geven als bijvoorbeeld de waarde F_k in de buurt van cum(F_k) * F_{min} komt. De berekende overgang kan dan groter zijn dan het verschil tussen F_k en cum(F_k) * F_{min}, waardoor er minder bedrijven achterblijven

dan de gewenste fractie. Een vergelijkbaar effect kan optreden als er meerdere toestands-overgangen zijn (zoals van T1 naar T2 en T3) met elk een verschillende waarde voor F_{min} . Een oplossing hiervoor is het verkleinen van de tijdstap (met als trade-off een langere rekentijd). Door de tijdstap variabel te maken kan hier een optimum verkregen.



Figuur 10 Samenhang van gegevens in datamodel en de rekenregels van het model. Het onderste deel betreft het dynamische model.

Stap 5.**Emissie berekening**

De emissie berekening komt neer op het bepalen van de bijdrage van iedere bedrijfsgrootte klasse aan de emissie van een toestand en het vervolgens sommeren van de bedrijfsgroot.

Dit komt neer op het bepalen van de som van de emissies per onderscheiden toestand, oftewel de som van het aantal bedrijven c.q. activiteiten per toestand vermenigvuldigd met de emissiefactoren behorende bij die toestanden en bedrijfsgrootte.

De emissie verklarende variabele en de emissiefactoren ontwikkelen zich in de tijd volgens trendlijnen, dus de berekening moet voor elk jaar herhaald worden.

$$E_T = \sum h (E_h) = \sum h (E_{VV} \times F_h \times EMF_h)$$

E_T	Totale emissie van T verschillende toestanden (T van 1 tot 4)
E_{VV}	Emissie verklarende variabele: totale omvang van bedrijfsgroep c.q. activiteit zoals die uit de trendlijn volgt.
F_h	Fractie bedrijven met grootteklasse h (h van 1 tot 4) in toestand T
EMF_h	Emissiefactor behorende bij grootteklasse h en toestand T

De verdeling van bedrijfsgroottes is niet constant maar verloopt in de tijd door schaalvergroting. Na elke tijdstap vindt daarom een herverdeling plaats van bedrijven naar andere klassen. De overgangen van bedrijven tussen toestanden wordt echter per bedrijfsgrootte apart berekend, en de modelruns kunnen dan ook separaat verlopen (geen onderlinge beïnvloeding). Pas bij berekening van de emissie worden de klassen bij elkaar opgeteld.

Een complicerende factor is dus dat elke klasse een eigen verdeling over de toestanden heeft, die los staat van andere klassen. Een **impliciete aanname** bij herverdeling is daarom dat bij verschuiving van bedrijven naar grotere klassen deze de verdeling over toestanden aannemen van de nieuwe bedrijfsgrootte. Dit heeft 2 gevolgen:

Gevolg 1: In het algemeen is het zo dat kleinere bedrijven achterlopen op het gebied van techniek implementatie. Door schaalvergroting wordt de klasse kleinere bedrijven kleiner, ten gunste van grotere bedrijven. Het gevolg van de aanname is dat bij herverdeling de implementatie kunstmatig wordt versneld (grotere bedrijven kunnen al verder zijn).

Gevolg 2: Een ander gevolg is dat de emissie kunstmatig veranderd wordt, want elke bedrijfsgrootte klasse heeft eigen emissiefactoren. Door verschuiving naar andere klassen wordt daarmee niet alleen de penetratie van een nieuwe techniek versneld maar ook de het effect van die techniek op de emissie.

7. Schermen

Vanuit de benoemde functies voor de gebruiker kunnen schermen ontworpen worden. Via een prototype sessie met de gebruiker moeten deze vorm krijgen. Per scherm volgt hier een korte omschrijving van het doel. De functies dienen per scherm nader uitgewerkt te worden in functiepunten, die weer de ingang vormen naar het technisch ontwerp.

7.1 Algemene functionaliteit

Het openingsscherm moet overzicht verschaffen over al in de database aanwezige ingevoerde processen en varianten.

Hier kan dan een nieuw proces met kenmerken worden ingevoerd (keuze uit stoflijst), en er kunnen processen en varianten opgehaald uit de database.

7.2 Import functies

In plaats van geautomatiseerde koppelingen wordt eerst voorzien in kopieerfuncties uit centraal beschikbare systemen zoals de Trendtapper-D en S-Base. Ook kan de database beheerder zelf reeksen invoeren. Hier wordt geen apart scherm voor gemaakt, omdat de Scenario Explorer hierin gaat voorzien.

7.3 Invul schermen

Voor varianten moeten een aantal vaste gegevens ingevoerd worden, en vervolgens moeten per veranderjaar en kracht een groot aantal vragen beantwoord. Sommige vragen zullen weer apart per toestand ingevoerd moeten worden of per beleidsdoel (en betreft dan meerdere toestanden). Ook kunnen er vragen gesteld worden bij een kracht die ook voor andere krachten van belang zijn.

Er dient zoveel mogelijk van uniforme antwoordlijsten uitgegaan te worden, waarmee keuzelijstjes per vraag worden gevuld. De lijstjes kunnen in de MEI database worden bijgehouden.

Voor diagnose en prognose-varianten moeten dezelfde schermen kunnen worden gebruikt.

7.4 Analyse functies

Dit komt neer op het uit kunnen voeren van een fit van een diagnose-variant op historische emissies. Hier moet de gebruiker antwoorden kunnen wijzigen (zie 4.6), emissiefactoren optimaal kunnen afstemmen op emissies, en eventueel een correctiefactor toe kunnen passen om precies op het eind van de emissie-reeks uit te komen. Behulpzaam bij deze functie is een statistische variabele die aangeeft hoe goed de berekeningen fitten op de historische emissies (Janssen en Heuberger 1995). Hierbij moet niet vergeten worden dat het mogelijk is om dezelfde fit-waarde te verkrijgen met geheel andere antwoorden (Spear 1997), zeker bij een model als MEI waarbij veel gegevens gebruikt worden. De inschatting van de expert is hierbij leidend, en kan gedocumenteerd in een factsheet.

7.5 Berekeningen en prognose functies

Voor het uitvoeren van prognose-berekeningen geldt hetzelfde als in de vorige paragraaf, met uitzondering van de mogelijkheden om de berekeningen te fitten op emissies.

7.6 Rapportage functies

Rapportage moet zoveel mogelijk plaats vinden in grafieken en rapporten die de gebruiker in Word en Excel verder kan gebruiken en editen (OLE objecten). Ook exporteren naar ASCII files of Excel sheets kan hier nuttig zijn.

7.7 Aggregatie

Aggregatie van emissie berekeningen over meerdere processen tot getallen per combinatie van scenario/pakket/stof voor de gehele industrie sector kan verlopen via Excel sheets met pivot-tables. Een dergelijke aggregatie is ook voorhanden voor de doelgroep verkeer. Bij een aggregatie moet het mogelijk zijn om emissiegegevens te vergelijken met historische reeksen uit de Trendtapper-D. Dit als controle voor het terreindekkend zijn van processen voor de totale industrie of sector emissie. Deze functies vallen buiten het MEI project, en dient afzonderlijk verder uitgewerkt te worden.

8. Overige

8.1 Conversie van huidige data

De gegevens die nu in afzonderlijke MEI-spreadsheets (per onderzocht proces) zijn ingevoerd dienen opnieuw ingevuld te worden in aan te maken proces-stof combinaties. De algemene reeksen kunnen eenmalig overgezet worden naar de scenario tabellen in de MEI database. Reeksen per industrie proces dienen afzonderlijk toegevoegd te worden. Middels factsheets dient vastgelegd te worden waar de ingevoerde gegevens van afkomstig zijn. Deze kunnen het best per proces-stof combinatie opgesteld te worden.

8.2 Koppelingen met andere applicaties

S-base

De in MEI gebruikte scenario's en bijbehorend trendlijnen behoren uit een scenario database (S-Base) te komen, eventueel specifiek voor de doelgroep industrie. Deze is nog in ontwikkeling, dus zullen trends vooralsnog in de MEI-database opgenomen worden. Om de juiste trendlijnen te kunnen selecteren moet eerst het juiste scenario bij een variant gekozen te worden. Voor elk proces moet aangegeven aan welke trend deze is gekoppeld (actor). Hiermee is de volume groei voor analyse en prognose berekeningen vastgelegd. Als een variant een trendlijn gebruikt die niet beschikbaar is zullen deze t.z.t. aan de industrie S-base toegevoegd moeten worden, om op centraal niveau het overzicht compleet te houden.

Instrumenten database (I-base)

In de Instrumenten database wordt een overzicht van (overheids)instrumenten gegeven, met hun bijbehorende maatregelen en effecten (van der Maas *et al* 1999). Dit systeem is nog in ontwikkeling, en wordt niet gebruikt voor data input naar MEI.

Varianten worden dus niet gevuld vanuit de Instrumenten database. Dit raakt ook aan een wezenlijk verschil tussen de opzet van de instrumenten database (van der Maas *et al*. 1999), waar beleidsinstrumenten de focus hebben, en de oriëntatie van MEI, die gericht is op een homogene bedrijfspgroep waar een aantal technische maatregelen getroffen worden voor een concreet bedrijfsproces. De MEI maatregelen kunnen onder verschillende beleidsinstrumenten vallen, en andersom is het zo dat een beleidsinstrument een aantal maatregelen omvat met een breder toepassingsgebied dan alleen een specifiek MEI proces.

Technologie database (T-base)

Binnen de doelgroep industrie is veel kennis aanwezig over gebruikte milieutechnieken. Om meer overzicht te verschaffen over beschikbare kennis en om consistentie te bereiken wordt gewerkt aan een Technologie database. Hierin staan dus concrete technische maatregelen die bedrijven kunnen treffen. In MEI 2.0 hoort bij elke toestand een combinatie of pakket aan technische maatregelen met een gezamenlijk effect op de emissies. Dit is niet rechtstreeks een optelsom van individuele en meer gedetailleerde maatregelen zoals die in de T-base staan. Over de koppeling van detail info aan meer geaggregeerde maatregelen in MEI is nog geen duidelijkheid.

Trendtapper diagnose

Voor aansluiting met de Trendtapper-D moet duidelijk zijn op welke emissiereeks een proces in MEI betrekking heeft. Hiervoor moet voor een voorkomend proces dus aangegeven op welke emissie oorzaak uit de ER-C deze betrekking heeft, de betreffende

bedrijfsgroep of slechts MV-sector (actor). Ook kan het voorkomen dat een emissiereeks specifiek samengesteld wordt voor een MEI proces-stof combinatie. Ook hier wordt dus niet voorzien in een rechtstreekse koppeling, maar in een invulscherf met een kopieer functie voor Excel gegevens.

De emissiereeks wordt gebruikt om de juistheid van een diagnose-variant berekening te kunnen beoordelen.

Emissie Explorer

De prognose reeksen die behoren bij de verschillende varianten per proces worden uitgevoerd naar de Emissie Explorer (EE). Hiervoor moet aangegeven op welke MV-sector een proces betrekking heeft, omdat de EE op een hoger aggregatie niveau werkt.

Voor gebruik binnen een breder kader (PRIMA) is het van belang dat de EE informatie bevat over het doorgerkende beleidspakket. Wellicht moet hiervoor een koppeling naar het PRIMA concept 'case' worden gemaakt (combinatie van pakket, scenario, product en versie).

Processen zijn onderling niet complementair en betreffen slechts 1 stof. Of het geheel aan processen en stoffen daarmee terreindekkend is voor de gehele industrie sector is dan niet eenvoudig na te gaan. Dit is dan de verantwoordelijkheid en discipline van de inhoudelijke expert die de procesinvoer en rapportage verzorgt.

Het is dan zaak om overzicht te hebben over de ingevoerde processen en varianten, om bij levering aan een MPB product zeker te zijn van de compleetheid (= alle aan een 'case' bijdragende processen zijn ook daadwerkelijk gevuld). Deze controle en de benodigde discipline bij de procesinvoer zijn de keerzijde van de gewenste vrijheid bij het definiëren van de processen.

Factsheets

Naar veel van de bovengenoemde systemen kunnen koppelingen aangebracht worden die de gegevens consistentie en borging ten goede komen. Echter deze koppelingen worden nog niet uitgevoerd omdat de meeste systemen nog in ontwikkeling zijn. Om toch de consistentie te kunnen nagaan is het daarom zaak de gebruikte gegevens en hun herkomst vast te leggen in factsheets. Deze kunnen dan in het MEI-model per proces-stof combinatie toegankelijk worden gemaakt.

8.3 Vergelijking met MEI-energie

Voor het berekenen van de energievraag van industriële activiteiten wordt gewerkt aan het opstellen van een concept ("MEI-energie") dat sterk lijkt op het in dit rapport beschreven model voor proces emissies ("MEI versie 2.0").

Er zijn geen toestanden meer die gekenmerkt worden door een totaal pakket aan maatregelen met een totaal effect, maar het model bevat meerdere specifieke maatregelen met eigen effecten. Het gaat hierbij hoofdzakelijk om toegevoegde technieken (retro-fit maatregelen) op een uitgang technologie, maar het kan ook zo zijn dat technieken compleet worden vervangen door andere maatregelen. In plaats van een vast schema zoals in MEI 2.0 kan dus een netwerk voorgesteld worden van allerlei maatregelen die in elkaar over kunnen gaan (Maatregel Overgangs-matrix). Het aantal maatregelen is per proces verschillend, en het model dient hierin flexibel te zijn.

De implementatie van maatregelen wordt in het energiemodel individueel berekend. Reden hiervoor is dat er gedetailleerde kennis aanwezig is over maatregelen (middels de ICARUS 4.0 database), en dat de omvang van emissies op het gebied van energie gebruik een dergelijke aanpak rechtvaardigt. Verder hangt de implementatie van afzonderlijke

maatregelen sterk samen met het terugverdienen van de investering door energiebesparingen.

De hoofdlijnen voor een energiemodel worden verder beschreven in Elzenga *et al* (2000)

Literatuur

- Booch G., J. Rumbaugh en I. Jacobsen (1999) The unified modeling language user guide. Addison-Wesley Longman, Amsterdam.
- Booij H., J.P.M. Ros, M.W. van Schijndel en J. Slootweg (1999) Beschrijving Model Effectiviteit Instrumenten versie 1.0 (MEI 1.0). RIVM-rapport 778011 001, Bilthoven.
- Booij H., J.P.M. Ros en M.M.P. van Oorschot (2000) Beschrijving Model Effectiviteit Instrumenten versie 2.0 (MEI 2.0). RIVM-rapport 773401 001, Bilthoven.
- Elzenga H.E., R.F.J.M. Engelen, J.J. van Wijk en J.P.M. Ros (2000) Energiebesparing Industrie. Naar een energiebesparingsmodel. RIVM-rapport 778011 003, Bilthoven.
- Janssen P., P. Heuberger en R. Sanders (1992). UNCSAM 1.1 Manual. RIVM-rapport 959101 004, Bilthoven.
- Janssen P., en P. Heuberger (1995) Calibration of process-oriented models. *Ecological Modelling* 83: 55-66.
- Spear R.C., Large simulation models: calibration, uniqueness and goodness-of-fit (1997) *Environmental Modelling & Software* 12: 219-228.
- Van der Maas C.W.M, G.L. Duvoort, M.W. van Schijndel, D. Hoek, E. Drissen, C.H.A. Quarles van Ufford en S.A. van Esch (1999) Informatieanalyse Instrumentendatabase. RIVM-rapport 408137 003, Bilthoven.
- Van Oorschot M.M.P., I. Brandsen en C.W.M. van der Maas (in voorbereiding) Style Guide voor Visual basic applicaties RIVM-rapport, Bilthoven.

Bijlage 1 Verzendlijst

1. Directeur DGM Klimaatverandering en Industrie (KVI) – Den Haag
2. Dr. ir. B.C.J. Zoeteman - plv. Directeur-Generaal Milieubeheer

3. Directie RIVM
4. Prof. ir N.D. van Egmond - directeur Milieu
5. Ir. F. Langeweg - sectordirecteur Milieuonderzoek
6. Dr J.A. Hoekstra – hoofd LAE

7. Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie

8. Dr. H. Mannearts. CPB
9. Dr. M. Mulder CPB

10. Drs. W. de Lange - CIM
11. Drs. H. van den Heiligenberg - CIM
12. Drs. A. Bakema - CIM
13. Drs. K. Buurman - CIM
14. Mr. G.L. Duvoort - LAE
15. Dr. H.E. Elzenga - LAE
16. Ing. C.J. Peek - LAE
17. Drs. M. W. van Schijndel- LAE
18. Dr. R. Thomas- LAE
19. Dr. ir. L.G. Wesselink- LAE
20. Ir. E. Schols - LAE
21. Ing. C. van der Maas - LAE
22. Ing. J. Slootweg - LAE
23. Ing. C. Schilderman - LAE
24. Drs. G. Speek - LAE
25. Drs. I. Brandsen - LAE
26. Ing. Geert Verspay - LAE
27. Ing. M. Dirkx - LAE
28. Ing. G. Stolwijk - LAE
29. Ing. R. van Dijk - LAE
30. Ing. B. Leekstra - LAE

- 31-33 Auteurs
- 34 SBD/Voorlichting & Public Relations
- 35 Bureau Rapportenregistratie
- 36 Bibliotheek RIVM
- 37-48 Bureau Rapportenbeheer