

SUMMARY

Experiences with waste water coefficients in the dairy industry

Estimating the pollution load of industries by means of waste water coefficients was developed by Wagner (Germany) in 1950 and introduced in Holland in 1953. For Dutch dairies these coefficients bring about an unfavourable image which has financial consequences. For that reason the Government Agricultural Waste Water Institute (RAAD) introduced new coefficients in 1963. The author compares the calculated pollution load to figures obtained by sampling. Both, Wagner- and RAAD-coefficients don't cover all sampled values, but the RAAD-coefficients give by far the best results. Finally new coefficients are derived from production figures of one factory. There is a linear relationship between production and BOD-load, but correlation is very low. Based on the RAAD-coefficients the pollution load of the total Dutch dairy industry amounts to 0.9 million inhabitant-equivalents. (1 i.e. = 54 gr. BOD)

Ervaringen met afvalwatercoëfficiënten in de zuivelindustrie

Inleiding

De bestrijding van de waterverontreiniging roept problemen op van velerlei aard. Omdat het bedrijfsleven investeringen op dit terrein beschouwt als „non economics” liggen de grootste problemen veelal in het financiële vlak.

Een van de uitgangspunten bij het nemen van maatregelen tegen de waterverontreiniging is dat de vervuilers de kosten dienen te dragen in verhouding tot hun aandeel in de aanslag die wordt gepleegd op het zelfreinigend vermogen van de oppervlaktewateren. Hoe groot dat aandeel precies is, kan alleen door bemonstering worden vastgesteld. Omdat aan een voortdurende bemonstering praktische bezwaren verbonden zijn, hebben enkele instanties, die belast zijn met de zorg voor een goede kwaliteit van het oppervlaktewater, een coëfficiëntenstelsel ingevoerd waarmee aan de hand van produktiegegevens de hoeveelheid afvalwater kan worden geschat.

De Wagner-coëfficiënten

Door een commissie bestaande uit vertegenwoordigers van Duitse Waterschappen onder voorzitterschap van H. Wagner is in 1950 een coëfficiëntenstelsel opgesteld. Volgens deze commissie wordt de omvang van een industriële afvalwaterlozing bepaald door

1. de aard van het bedrijf,
2. de bedrijfsgrootte en
3. maatregelen die door het bedrijf zijn genomen ter beperking van de hoeveelheid afvalwater.

De aard van het bedrijf wordt weer bepaald door „Schmutzbeiwerte”, uitgedrukt als een aantal vervuilingseenheden per ton product of per werknemer. De bedrijfsgrootte wordt bepaald door de hoeveelheid bewerkt of gefabriceerd product of door het aantal werknemers. De maatregelen die een bedrijf neemt ter beperking van de hoeveelheid afval-

water (sanering, zuivering) worden uitgedrukt in 5 „Leistungsstufen”. Deze Leistungsstufen moeten van geval tot geval worden vastgesteld.

Het voordeel van de Wagner-coëfficiënten, waarvan de grootte voor de zuivelindustrie in tabel I is gegeven, is dat langs administratieve weg de aan zuiveringsmaatregelen verbonden kosten over de vervuilers verdeeld kunnen worden. Het nadeel is dat de verdeling vaak verre van billijk is. In het verleden kon deze onbillijkheid worden geaccepteerd omdat de kosten per inwoner-ekwivalent niet hoog waren. Nu echter in de nabije toekomst jaarlijks met bedragen tot f 15,— per inwoner-ekwivalent gerekend moet worden, is het van belang dat een heffingsregeling zo nauwkeurig mogelijk bij de werkelijkheid aansluit. Door het toekennen van een correctiefactor per bedrijf kan deze onbillijkheid worden weggenomen. Daarmee verdwijnt echter een groot gedeelte van de aantrekkelijkheid van het coëfficiëntenstelsel omdat elke correctiefactor alleen door bemonstering vastgesteld kan worden.

Een ander nadeel van het coëfficiëntenstelsel is dat het nemen van interne saneringsmaatregelen, waardoor de hoeveelheid afvalwater kwalitatief en kwantitatief vaak aanzienlijk gereduceerd kan worden, niet spontaan wordt gehonoreerd en dus ook niet wordt gestimuleerd. Evenmin bestaat er een prikkel om een eenmaal doorgevoerde sanering te handhaven wanneer niet regelmatig door bemonstering de toegekende correctiefactor wordt gecontroleerd.

De RAAD-coëfficiënten

De Rijks Agrarische Afvalwaterdienst (RAAD) heeft in de loop der jaren de beschikking gekregen over een groot aantal bemonsteringsresultaten van zuivelbedrijven. Omdat tijdens de bemonsteringen ook productiegegevens zijn ver-

zameld, kan een vergelijking worden gemaakt tussen berekende en bemonsterde inwoner-ekwivalentiegetallen. Onder een inwoner-ekwivalent wordt in dit verband steeds verstaan 35 g BOD₅ in bezonken afvalwater. Dat is tegenwoordig niet meer gebruikelijk. Omdat zuivelafvalwater praktisch geen bezinkbare bestanddelen bevat, is het redelijk om een inwoner-ekwivalent in zuivelafvalwater te definiëren als 54 g BOD inclusief bezinkbare stoffen. Aan het einde van dit artikel wordt hierop nog teruggekomen. Het bleek dat de Wagner-coëfficiënten zelfs voor de meeste ongesaneerde bedrijven een beeld gaven dat ongunstiger was dan de werkelijkheid. Daarom heeft de RAAD in samenwerking met het waterschap „De Regge” nieuwe coëfficiënten vastgesteld. Deze coëfficiënten, die hoofdzakelijk zijn gebaseerd op bemonsteringen bij gesaneerde bedrijven in het Regge-gebied, zijn eveneens vermeld in tabel I.

Opvallend is dat bijna alle RAAD-coëfficiënten belangrijk verschillen van de Wagner-coëfficiënten. Het sterkst spreekt dit bij de kaasbereiding. Het verschil bij de boterbereiding is eveneens groot maar het effect daarvan is geringer omdat de boterproductie lager is dan de kaasproductie.

In de oorspronkelijke Wagner-tabel ontbrak een coëfficiënt voor gebottelde producten. Een consumptiemelkbedrijf werd op dezelfde wijze beoordeeld als een melkontvangststation dat de melk „in bulk” doorlevert. Later is in Nederland een coëfficiënt ter waarde van 21 i.e. per ton gebotteld product aan de Wagner-tabel toegevoegd. Op grond van uitgebreide ervaring is gebleken dat deze coëfficiënt, die een veel bredere basis behoort te hebben dan de hoeveelheid in flessen gebrachte melk, veel te laag is. Daarom brengt de RAAD-coëfficiënt 60 i.e. per ton gebotteld product meer in rekening.

Het merkwaardige feit doet zich nu voor dat gesaneerde consumptiemelkbedrijven volgens de RAAD-tabel ongunstiger worden beoordeeld dan volgens de door-gaans te ongunstige Wagner-tabel. De coëfficiënt voor melkontvangst versluiert dit verschil enigszins, maar in feite blijft de onjuistheid bestaan.

Vergelijking tussen de coëfficiënten van RAAD en Wagner

Teneinde een onderlinge vergelijking mogelijk te maken zijn de RAAD- en Wagner-coëfficiënten toegepast op productiegegevens die in 1964 bij 118 bemonsteringen van 50 bedrijven zijn verzameld. De bemonsterde bedrijven zijn in verschillende mate gesaneerd, enkele zijn ongesaneerd.

In afb. 1 is een en ander in beeld gebracht. Op de horizontale as is de grootheid

$$\frac{\text{berekend i.e. getal}}{\text{bemonsterd i.e. getal}} \times 100 \% \text{ uitgezet}$$

met intervallen van 20%. Op de verticale as is aangegeven welk gedeelte van het totaal aantal waarnemingen in elk interval thuis hoort. Een zelfde bewerking is uitgevoerd met de gegevens van 259 bemonsteringen bij de zelfde bedrijven in 1964 en 1965. Omdat de figuren vrijwel niet verschillen is de laatste figuur hier niet weergegeven. Wel zijn enkele gemiddelde waarden in tabel II vermeld.

Steeds is uitgegaan van de veronderstelling dat de op bemonstering gebaseerde gegevens volledig betrouwbaar zijn. Deze veronderstelling is aanvechtbaar, maar in dit verband zeker acceptabel.

Het is verleidelijk om uit tabel II de conclusie te trekken dat de RAAD-coëfficiënten een goede benadering van de werkelijkheid mogelijk maken.

Wanneer in een groot gebied de bijdrage aan de waterverontreiniging door de zuivelindustrie geschat moet worden, is deze conclusie gerechtvaardigd. Een blik op afb. 1 maant echter weer tot voorzichtigheid als de situatie per bedrijf beoordeeld moet worden. De brede basis van de afbeelding geeft aan dat ook met de RAAD-tabel grote misrekeningen gemaakt kunnen worden. Duidelijk is echter dat de Wagner-coëfficiënten een veel grotere spreiding en een zeer grote afwijking van de bemonsteringsresultaten veroorzaken.

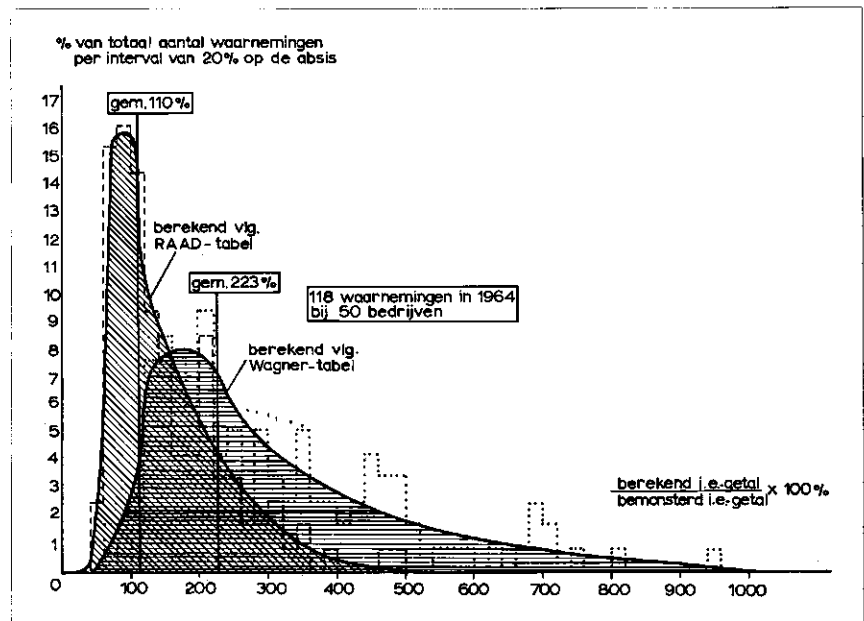
Het is niet mogelijk om de mate waarin de bedrijven een afvalwatertechnische sanering hebben doorgevoerd, tot uitdrukking te brengen. Er bestaan op dit gebied wel richtlijnen, maar niet elk bedrijf houdt zich daaraan. Bovendien speelt de houding van het personeel en de kracht waarmee de bedrijfsleiding een eenmaal doorgevoerde sanering handhaaft, een grote rol. Een globale indicatie wordt wellicht verkregen uit afb. 2 waarin het geloosde volume afvalwater t.o.v. de hoeveelheid verwerkte melk is gegeven. Van de bedrijven die

TABEL I - Afvalwatercoëfficiënten per ton product per dag.

Productie-onderdeel	Wagner-coëfficiënt	RAAD-coëfficiënt
Melkontvangst	30 i.e.	15 i.e.
Boterbereiding	1000	500
Kaasbereiding	1000	400
Bereiding melk- en weipoeder	300	400
Bereiding ingedikte producten	100	100
Bereiding gebottelde producten	21	81

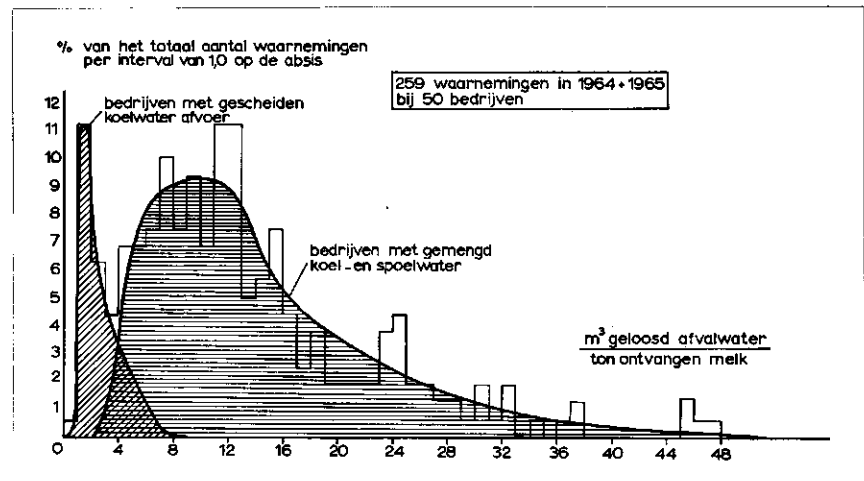
TABEL II - Gemiddelde waarden van bemonsteringen bij 50 bedrijven.

	1964	1964 + 1965
Aantal bemonsteringen	118	259
Bemonsterd i.e.-getal	3271 i.e. = 100 %	3323 i.e. = 100 %
Berekend met RAAD-tabel	3619 i.e. = 110 %	3795 i.e. = 114 %
Berekend met Wagner tabel	7298 i.e. = 223 %	7718 i.e. = 232 %



Afb. 1 - Vergelijking van berekende inwoner-ekwivalentiegetallen volgens de RAAD- en de Wagner-tabel t.o.v. bemonsterde inwoner-ekwivalentiegetallen. (118 etmaalbemonsteringen bij 50 bedrijven.)

Afb. 2 - Het volume afvalwater vergeleken met de hoeveelheid verwerkte melk bij 50 bedrijven. De linker curve wordt gevormd door bedrijven met afzonderlijke afvoer van koel- en spoelwater. In die groep komen de meeste gesaneerde bedrijven voor.



de curve met de smalle top vormen, kan worden aangenomen dat het koelwater afzonderlijk wordt geloosd. In deze groep moeten ook de best gesaneerde bedrijven gezocht worden. De meeste ongesaneerde bedrijven vallen onder de curve met de brede top.

Berekening van nieuwe coëfficiënten voor 50 bedrijven

Uit de over 1964 ter beschikking staande gegevens is getracht met behulp van een computer nieuwe coëfficiënten te berekenen. Bij het kiezen van het rekenmodel is uitgegaan van de gedachte dat er een lineair verband bestaat tussen de hoeveelheid bewerkt of verwerkt product en de hoeveelheid afvalwater uitgedrukt als inwoner-ekwivalenten. In formule luidt het rekenmodel dus:

$$y = A \cdot x_A + K \cdot x_K + B \cdot x_B + C \cdot x_C + P \cdot x_P$$

waarin:

- y = bemonsterd i.e.-getal à 35 g. BOD₅
- A = aangevoerde melk in tonnen p. dag
- K = bereide kaas in tonnen per dag
- B = bereide boter in tonnen per dag
- C = condens en ingedikte producten in tonnen per dag
- P = bereide poeder in tonnen per dag
- x = te berekenen coëfficiënt

De berekening is uitgevoerd voor alle 118 bemonsteringen gezamenlijk en per groep bedrijven met een zelfde productieschema. De resultaten zijn in tabel III vermeld. De coëfficiënten geven wiskundig een juiste verklaring van de bemonsterde inwoner-ekwivalentiegetallen, maar het is onmogelijk dat bepaalde productieonderdelen een negatieve invloed op de vervuiling hebben. De coëfficiënten zijn in de praktijk niet bruikbaar.

Berekening van nieuwe coëfficiënten voor één gesaneerd bedrijf

Tegen het voorgaande kan als bezwaar worden aangevoerd dat de bedrijven in verschillende mate gesaneerd waren en dat de keuze van het rekenmodel zodanig is geweest dat negatieve coëfficiënten niet waren uitgesloten. Daarom zijn in 1967 gedurende enkele maanden nieuwe bemonsteringen uitgevoerd bij een en het zelfde bedrijf W. Dit bedrijf mag als goed gesaneerd worden beschouwd. De gemiddelde productie tijdens de bemonsteringen is vermeld in tabel IV.

Met de verkregen gegevens van bedrijf W is een nieuwe poging gedaan om met behulp van een computer coëfficiënten te vinden. Hiertoe zijn de gegevens geselecteerd om de invloed van verklaarbare afwijkingen uit te sluiten. De volgende arbitrair gekozen criteria zijn daarbij gehanteerd:

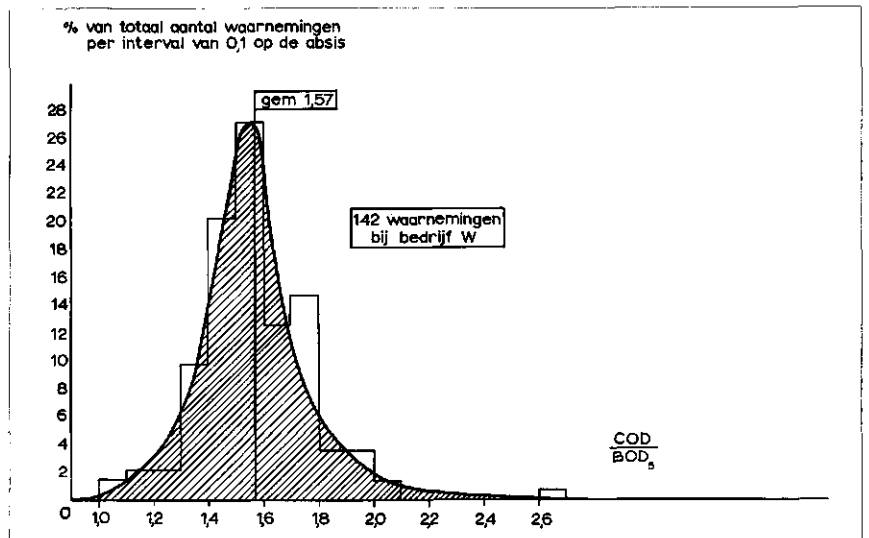
- het zuurstofverbruik bij de BOD-bepaling volgens de verdunningsmethode en het restzuurstofgehalte moest minstens 2 mg/l bedragen

TABEL III - Berekende coëfficiënten uit 118 bemonsteringen.

Productieschema	Aantal bemonsteringen	x _A	x _K	x _B	x _C	x _P
AK	19	- 1,7	617			
AKB	56	- 20	522	910		
AKBP	9	- 220	4270	- 7500		- 51
AKBPC	6	1100	- 1615	- 7700	5900	- 91000
AKC	5	- 140	817		27	
AKBC	22	13	247	1800	- 6,2	
AKP	1					
Totaal	118	- 38	921	220	15	570

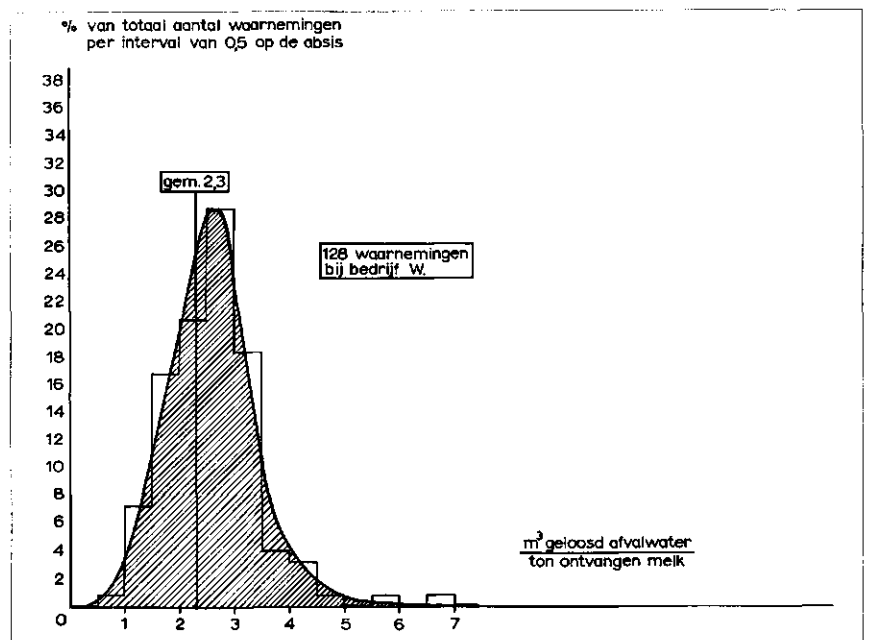
TABEL IV - Gemiddelde productie van bedrijf W tijdens 117 bemonsteringen.

Melkaanvoer	148,9 ton per dag
Kaasbereiding	12,9 ton per dag
Boterbereiding	2,1 ton per dag
Gebottelde producten	10,2 ton per dag
Inwoner-ekwivalenten	7555 à 35 g. BOD ₅



Afb. 3 - De verhouding COD/BOD₅ in zuivelafvalwater afkomstig van één gesaneerd bedrijf.

Afb. 4 - Het volume afvalwater vergeleken met de hoeveelheid verwerkte melk bij één gesaneerd bedrijf.



— de verhouding COD/BOD₅ moest liggen tussen de grenzen 1,1 en 2,0. De keuze van deze grenzen geschiedde aan de hand van afb. 3

— het waterverbruik (exclusief koelwater) moest liggen tussen de grenzen 1,0 en 4,5 m³ per ton verwerkte melk. De keuze van deze grenzen geschiedde aan de hand van afb. 4.

Na selectie bleven er van de oorspronkelijke 117 gegevens nog 91 over. Voor het berekenen van de nieuwe coëfficiënten zijn verschillende rekenmodellen beproefd. De beste resultaten werden verkregen met een lineair regressiemodel met constante of in formule:

$$y = \text{Constante} + A \cdot x_A + K \cdot x_K + B \cdot x_B + F \cdot x_F$$

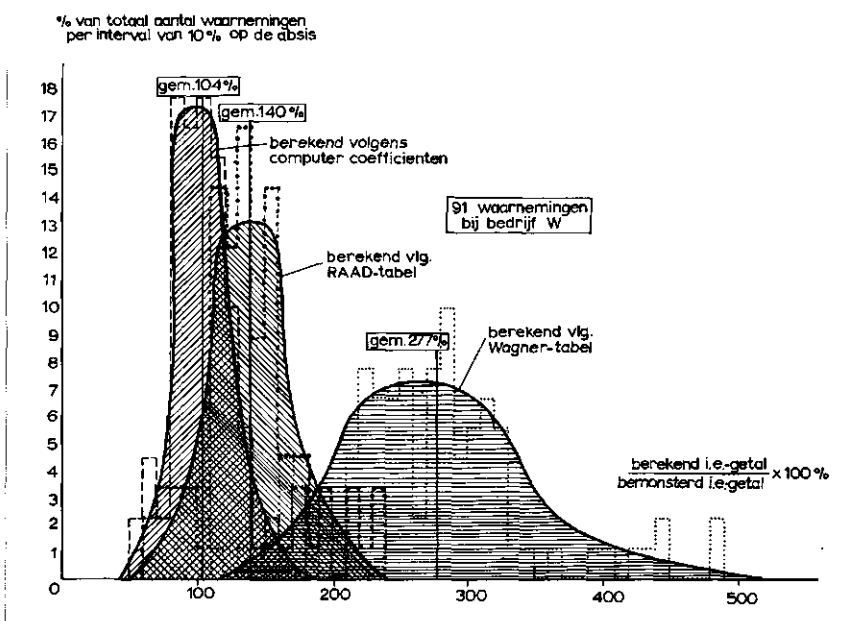
De symbolen hebben dezelfde betekenis als in de eerder gebruikte formule. De factor F geeft aan de hoeveelheid gebottelde producten in tonnen per dag. Als voorwaarde bij de berekening is gesteld dat de coëfficiënten positief moeten zijn. In tabel V zijn de resultaten vermeld.

In afb. 5 zijn op dezelfde wijze als in afb. 1 de bemonsterde inwoner-ekwivalentiegetallen vergeleken met de berekende volgens de Wagner-tabel, de RAAD-tabel en de computer-coëfficiënten. Uiteraard ontstaat uit de bewerking met de computer-coëfficiënten de meest ideale curve met een hoge top en een smalle basis. De volgens de RAAD-tabel berekende curve vertoont daarmee verrassend veel gelijkenis, al is de spreiding groter en vertoont het gemiddelde een aanzienlijke afwijking. Hieruit kan worden geconcludeerd dat zelfs de RAAD-tabel voor goed gesaneerde bedrijven aanleiding geeft tot te hoge uitkomsten. Dit is in overeenstemming met afb. 1 en tabel II waar de RAAD-tabel voor minder goed gesaneerde bedrijven veel kleinere afwijkingen oplevert.

De volgens de Wagner-tabel berekende curve is ook in afb. 5 weer laag en zeer breed. Dit ondanks het feit dat het gegevens van slechts één bedrijf betreft die bovendien vrij streng zijn geselecteerd om misleidende invloeden te elimineren. In tabel VI zijn de gemiddelde waarden van afb. 5 nog een keer vermeld.

Slotopmerkingen en conclusie

De computercoëfficiënten geven voor bedrijf W een goede verklaring van de bemonsterde inwoner-ekwivalentiegetallen. Het gemiddelde blijft zelfs aan de voor controlerende instanties veilige kant. Toepassing bij minder goed gesaneerde bedrijven leidt echter tot te lage schattingen. Bovendien zijn de in tabel V mede vermelde schattingsfouten dermate hoog dat de gevonden coëfficiënten bezaarlijk als algemeen geldig beschouwd kunnen worden. De RAAD-coëfficiënten leiden bij de



Afb. 5 - Vergelijking van berekende inwoner-ekwivalentiegetallen volgens de RAAD- en de Wagner-tabel en volgens de coëfficiënten van tabel V t.o.v. bemonsterde inwoner-ekwivalentiegetallen (91 etmaalbemonsteringen bij één gesaneerd bedrijf).

TABEL V - Met computer berekende coëfficiënten uit de productiegegevens van bedrijf W.

Productieonderdeel	Coëfficiënt	Schattingsfout
Melkontvangst	9	5
Boterbereiding	234	220
Kaasbereiding	228	58
Gebottelde producten	86	44
Bedrijfsconstante	1784	

TABEL VI - Gemiddelde waarden van 91 bemonsteringen bij bedrijf W.

	i.e. getal	%
Bemonsterd	7555	100
Berekend met computer-coëfficiënten	7857	104
Berekend met RAAD-tabel	10577	140
Berekend met Wagner-tabel	20927	277

gekozen voorbeelden steeds tot schattingen die veel nauwkeuriger zijn dan de schattingen volgens de Wagner-tabel. Dat correctie-factoren toegekend moeten worden is niet te vermijden. Bij toepassing van de Wagner-tabel zijn echter veel meer en veel grotere correcties nodig dan bij toepassing van de RAAD-tabel. Wordt een afwijking van 20 % van de bemonsteringsresultaten acceptabel geacht, dan leidt volgens afb. 1 de RAAD-tabel in 30 % van de gevallen tot goede uitkomsten, de Wagner-tabel in slechts 2 %. Wordt een afwijking van 40 % acceptabel geacht dan bedraagt het aantal goede uitkomsten 55 % voor de RAAD-tabel en slechts 11 % voor de Wagner-tabel.

In wezen zijn de uitkomsten van de Wagner-tabel nog ongunstiger dan is weergegeven. Er is steeds gerekend met inwoner-ekwivalenten van 35 g BOD₅. Wagner heeft als eenheid echter gekozen

de hoeveelheid afvalwater per persoon per dag, inclusief bezinkbare stoffen, dus 54 gr BOD₅ per inwoner-ekwivalent. Dit impliceert dat het gemiddelde volgens Wagner in afb. 1 eigenlijk 345 % bedraagt van het bemonsterde gemiddelde. Wanneer dan een afwijking van het bemonsteringsresultaat van 40 % acceptabel wordt geacht, is nog geen 2 % van de resultaten juist, m.a.w. in meer dan 98 % van de gevallen moet een correctiefactor worden toegekend.

Wanneer de gegevens van tabel II representatief zijn voor de gehele Nederlandse zuivelindustrie, dan kan de bijdrage in de waterverontreiniging worden berekend zoals is vermeld in tabel VII. Daarbij is rekening worden gehouden met een correctiefactor van 100/110 = 0,9 voor de RAAD-coëfficiënten en 300 productiedagen per jaar.

• vervolg op pag. 222 links onderaan

TABEL VII - *Bijdrage door de Nederlandse Zuivelindustrie in de waterverontreiniging ('67)*

Product	Productie in 1967 (x 1000 ton)	Coëfficiënt	Vervuilingseenheden x 1000
Aangevoerde melk	6945	15/300	347,25
Boter	98	500/300	163,33
Kaas	263	400/300	350,67
Condens	458	400/300	152,67
Melkpoeder	124	400/300	165,33
Weipoeder	40	100/300	53,33
Gebotteld	ca. 1300	81/300	351,00
			1582,58
Aantal inwoner-ekwivalenten à 35 g BOD : $0,9 \times 1582580 = 1,4$ miljoen.			
Aantal inwoner-ekwivalenten à 54 g BOD : $\frac{35}{54} \times 1,4$ milj. = 0,9 miljoen.			

Verantwoording

De bewerking van alle gegevens heeft veel tijd en moeite gekost en is voor het grootste gedeelte uitgevoerd door practi- canten van de Landbouw Hogeschool te Wageningen en de Hogere Agrarische Technologische Scholen te 's-Hertogen- bosch. De gebruikte gegevens zijn af-

komstig van de laboratoria van de Rijks Agrarische Afvalwaterdienst en de Bond van Coöperatieve Zuivelfabrieken in Friesland. De berekeningen met de com- puter werden uitgevoerd met medewer- king van het Centrum voor Landbouw- wiskunde te Wageningen.

Literatuur

Wagner H., *Die Bewertung von Abwassereinleitungen*. Gesundheitsingenieur 71, 1950, 73-78.