

HET VERLOOP VAN DE VERTERING VAN KEUTELS VAN HET WILDE
KONIJN *Oryctolagus cuniculus* L. (1758) IN HET CRM-RESER-
VAAT "BARONIE CRANENDONCK".

AANPASSING VAN DE METHODE VAN TAYLOR TER BEPALING VAN DE
KONIJNENDICHTHEID.

H. J. Immink ~~050-250-115-022-25 2467~~

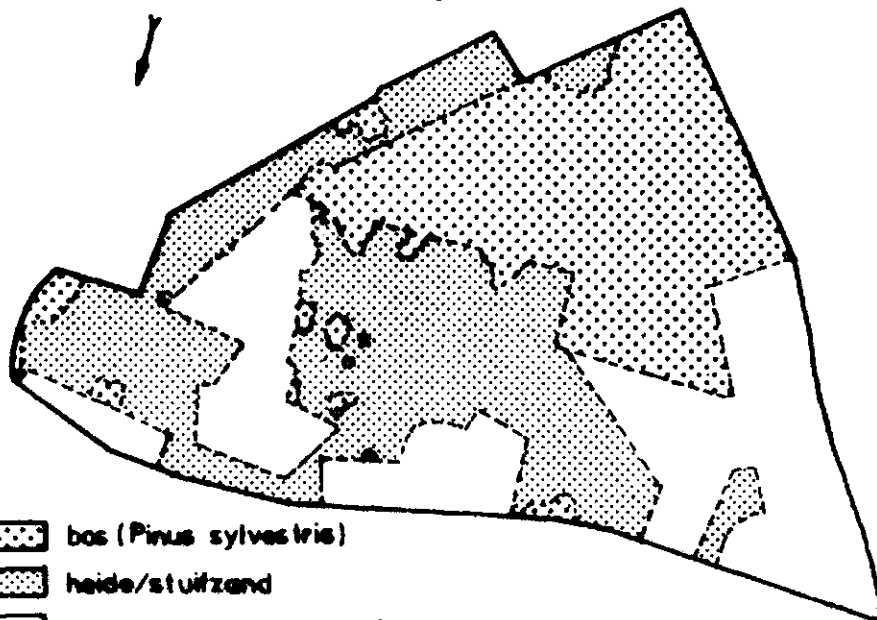
Rijksinstituut voor Natuurbeheer




Leersum

november 1977

Overneming van gegevens is alleen toegestaan na overleg
met de auteur.

CRANENDONCK



-  bos (*Pinus sylvestris*)
-  heide/stuifzand
-  verlaten landbouwgronden



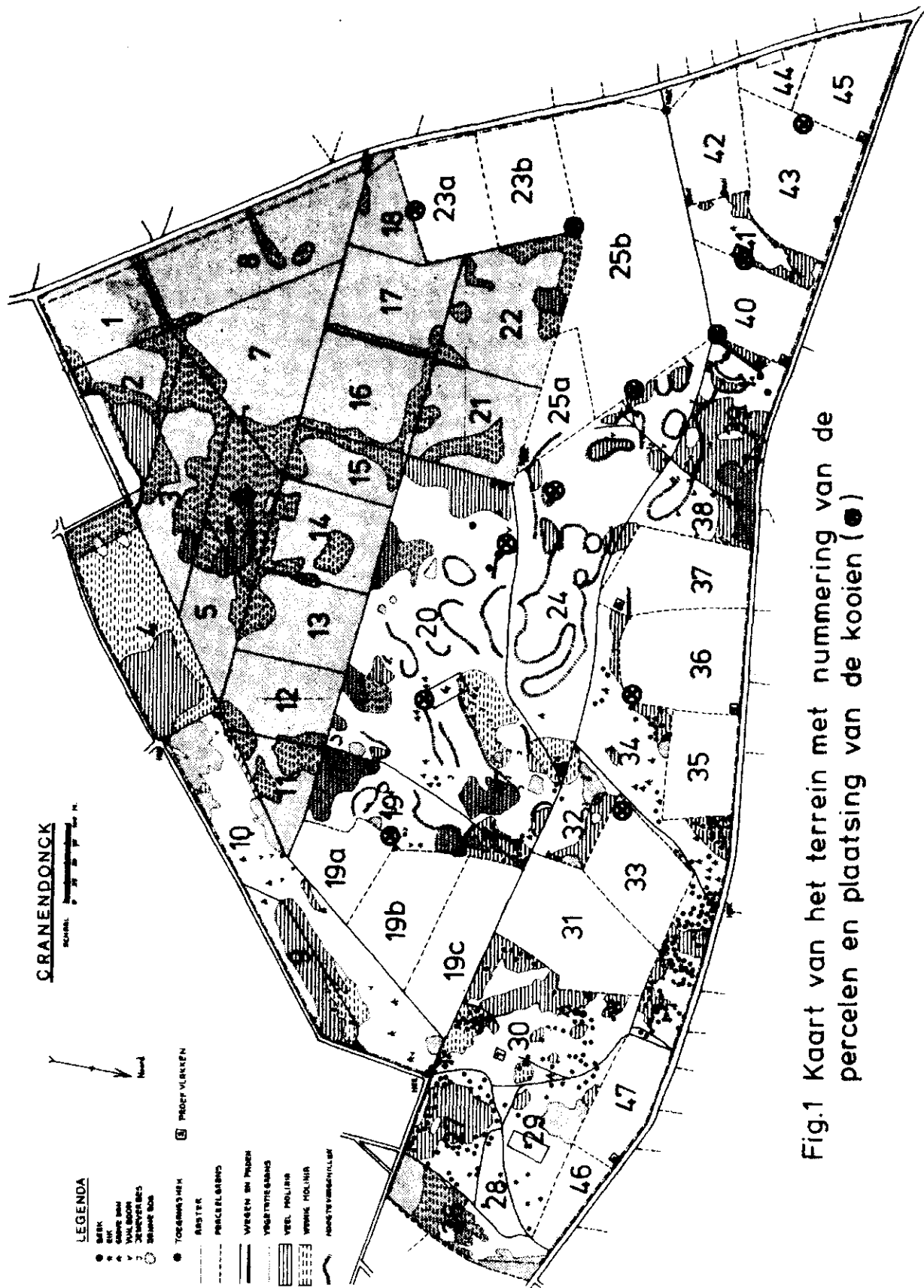


Fig.1 Kaart van het terrein met nummering van de percelen en plaatsing van de kooien (●)

Inleiding en doel van het onderzoek

Vanaf januari 1975 wordt in het Noord-Brabantse CRM-reservaat "Baronie Cranendonck", waar experimentele begrazing door IJslandse pony's plaatsvindt met als doel voormalige landbouwgronden in het natuurgebied te herintegreren, de graasdruk van de konijnen op deze landbouwgronden bepaald aan de hand van pelletdroppings op vaste monsterpunten volgens de methode van Taylor (Taylor 1956, Immink 1977).

Volgens Taylor is het aantal keutels op de monsterpunten afhankelijk van:

- het aantal aanwezige konijnen.
- de gemiddelde keutelproduktie per konijn per dag.
- de snelheid waarmee een keutel verteert.

Stel $r(s)$ = aantal konijnen per hectare op het tijdstip s .

m = aantal keutels per hectare op het tijdstip s .

$g(s)$ = gemiddelde keutelproduktie per konijn per dag op het tijdstip s .

$c(t, \tau)$ = mate van vertering van een keutel van τ dagen oud op het tijdstip t .

k_1 = aantal keutels op voor konijnen op tijdstip t_1 afgesloten plek op t_1 .

k_2 = aantal keutels op voor konijnen op tijdstip t_2 afgesloten plek op t_2 .

Neem aan dat de keutels verteren volgens de volgende wet (law of exponential decay):

$$\frac{dm}{dt} = -mc(t, t-s) \quad (1)$$

dan

$$k_1 = \int_{-\infty}^{t_1} r(s)g(s) \exp\left\{-\int_s^{t_1} c(t, t-s)dt\right\} ds \quad (2)$$

$$k_2 = \int_{-\infty}^{t_2} r(s)g(s) \exp\left\{-\int_s^{t_2} c(t, t-s)dt\right\} ds \quad (3)$$

neem aan dat in het interval (t_1, t_2) $c(t, \tau)$ onafhankelijk is van τ en beschreven wordt door $c(t)$, en m_1 is het aantal keutels per hectare op tijdstip t_1 en m_2 is het aantal keutels per hectare op tijdstip t_2 , dan:

$$k_2 = k_1 \exp\left\{-\int_{t_1}^{t_2} c(t)dt\right\}$$

en

$$m_2 - m_1 \quad k_2/k_1 = \int_{t_1}^{t_2} r(s)g(s) \exp\left\{-\int_s^{t_2} c(t)dt\right\} ds \quad (4)$$

Stel nu dat $r(s) = \text{constant} = r$
 $g(s) = \text{constant} = g$
 $c(t) = \text{constant} = c$ } in het interval (t_1, t_2) , dan:

$$k_2/k_1 = \exp\{- (t_2 - t_1)c\} \quad (5)$$

$$m_2 - m_1 \cdot k_2/k_1 = gr (1 - k_2/k_1)/c$$

$$r g = \frac{m_2 k_1 - m_1 k_2}{k_1 - k_2} \cdot \frac{\ln(k_1/k_2)}{t_2 - t_1} \quad (6)$$

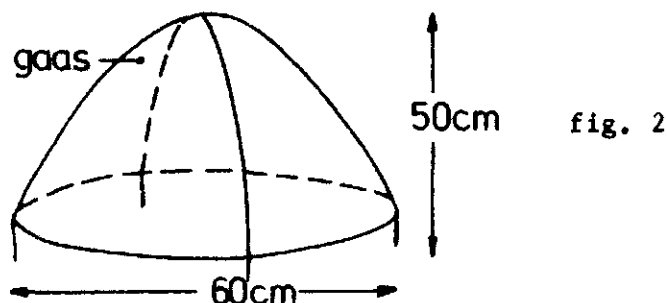
als g bekend is, kan r bepaald worden.

Tijdens het onderzoek bleek dat de vertering van een konijnekeutel onder omstandigheden zoals deze zich voordoen in Brabant, niet exponentieel verloopt. De bovenstaande formule dient dus aangepast te worden.

Om de juiste wijze van vertering te weten te komen werd in 1976 een hierop gericht onderzoek begonnen.

Methode

In het terrein werden op verschillende plaatsen (fig. 1) kooien van een speciale constructie (om te vermijden dat konijnen erin konden defaeceren) geplaatst (fig. 2). Hieronder werden 100 min of meer verse konijnekeutels gelegd. Twee keer per maand werd het aantal overgebleven keutels geteld.



Resultaten

Van de 27 reeksen gedane metingen (tabel 1) waren er 6 direct bruikbaar (reeksnr. 5, 7, 8, 10, 17, 18; fig. 3 t/m 8) en van 4 (reeksnr. 2, 9, 11, 13; fig. 9 t/m 12) is het verloop van de verdwijning gedeeltelijk geschat m.b.v. de 6 bruikbare reeksen metingen. De overige 17 reeksen metingen waren niet bruikbaar door te snelle verdwijning in mestkevergaten en door verstoring door inwaai van keutels van buiten de kooi bij harde wind en verstoring door bezoekers van het terrein. De verdwijning van de 100 keutels

werd voor iedere reeks bruikbare waarnemingen omgerekend naar een standaardverteringstijd van 100 dagen, en in grafiek gebracht (fig.13 voor de geheel gemeten en fig.14 voor de gedeeltelijk geschatte reeksen; fig.15 voor een combinatie van beide).

Tabel 1. Keuteltellingen onder kooien ter bepaling verteersnelheid konijnkeutels op "Cranendonck" in 1976 en 1977.

Reeksnr.	1	2	3	4	5	6	24
	perceel	40 perceel	36 perceel	20 perceel	19b perceel	23b perceel	
Datum + aantal	23 jan 100	23 jan 100	23 jan 100	18 mrt 100	18 mrt 100	18 mrt 100	100
	9 feb 100	9 feb 100	9 feb 100	2 apr 100	2 apr 100	2 apr 97	17
	20 feb 99	20 feb 100	20 feb 100	20 apr 100	20 apr 100	20 apr 97	17
	5 mrt 96	5 mrt 98	5 mrt 98	3 mei 97	3 mei 84	3 mei 84	17
	18 mrt 86	18 mrt 97	18 mrt 94	21 mei	21 mei 84	21 mei 84	16
	2 apr 76	2 apr 89	2 apr	verstoord	4 jun 83	4 jun 83	16
	20 apr verstoord	20 apr 88	verstoord		21 jun 83	21 jun 83	10
		3 mei 74			2 jul 83	2 jul 83	8
		21 mei 73			16 jul 82	16 jul 82	7
		4 jun 72			30 jul 78	30 jul 78	6
		21 jun 70			30 aug 75	20 aug 75	6
		2 jul 66			3 sep 63	3 sep 63	6
		16 jul 64			19 sep 62	19 sep 62	6
		30 jul 64			4 okt 53	4 okt 53	6
		20 aug 58			21 okt 11	21 okt 11	6
		3 sep 55			4 nov 3	4 nov 3	5
		19 sep 49			22 nov 3	22 nov 3	4
		4 okt 47			6 dec 3	6 dec 3	0
		21 okt 27			20 dec 3		
		4 nov 26			4 jan 2		
		22 nov 21			17 jan 2		
		6 dec 15			31 jan 0		
		20 dec 13					
		4 jan 9					
		17 jan 9					
		31 jan verstoord					

vervolg tabel 1

7		8		9		10		11		12	
perceel	20a	perceel	40	perceel	33	perceel	25b	perceel	41	perceel	19b
2 apr	100	20 apr	100	21 mei	100	21 mei	100	21 mei	100	4 jun	100
20 apr	100	3 mei	98	4 jun	93	4 jun	72	4 jun	99	21 jun	91
3 mei	100	21 mei	71	21 jun	89	21 jun	54	21 jun	98	2 jul	89
21 mei	65	4 jun	42	2 jul	88	2 jul	48	2 jul	92	16 jul	87
4 jun	61	21 jun	40	16 jul	83	16 jul	45	16 jul	91	30 jul	87
21 jun	59	2 jul	40	30 jul	81	30 jul	45	30 jul	91	20 aug	verstoord
2 jul	57	16 jul	34	20 aug	79	20 aug	42	20 aug	80		
16 jul	54	30 jul	33	3 sep	73	3 sep	21	3 sep	38		
30 jul	54	20 aug	30	19 sep	69	19 sep	10	19 sep	36		
20 aug	13	3 sep	7	4 okt	69	4 okt	1	4 okt	33		
3 sep	10	19 sep	1	21 okt	61	21 okt	0	21 okt	33		
19 sep	6	4 okt	1	4 nov	29			4 nov	33		
4 okt	4	21 okt	0	22 nov	28			22 nov	33		
21 okt	4			6 dec	25			6 dec	33		
4 nov	3			20 dec	25			20 dec	33		
22 nov	3			4 jan	21			4 jan	33		
6 dec	3			17 jan	21			17 jan	31		
20 dec	3			31 jan	14			31 jan	30		
4 jan	0			21 feb	13			21 feb	30		
				7 mrt				7 mrt			
				verstoord				verstoord			

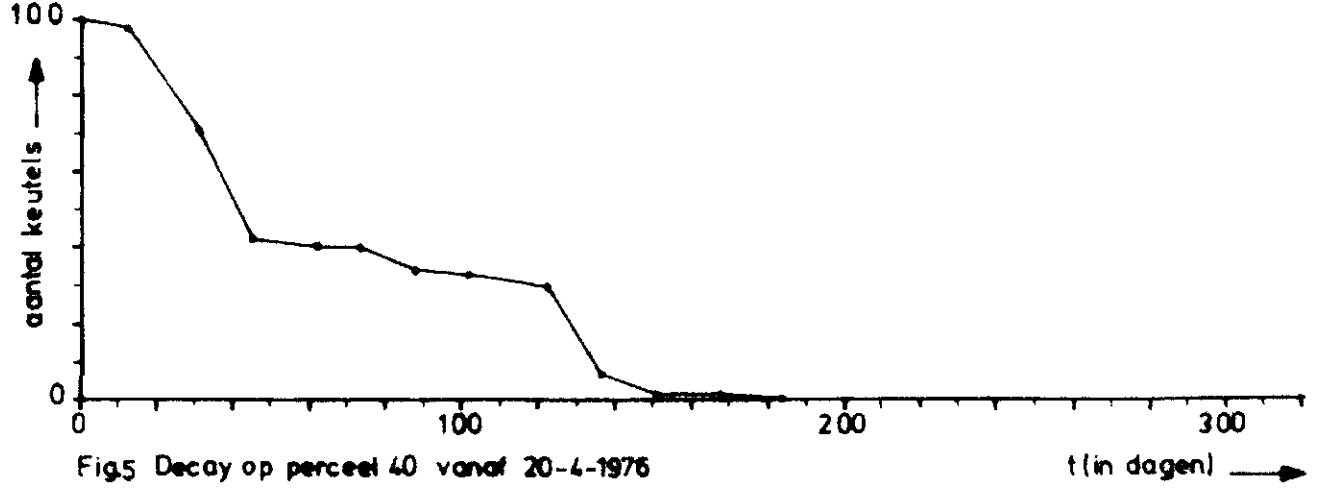
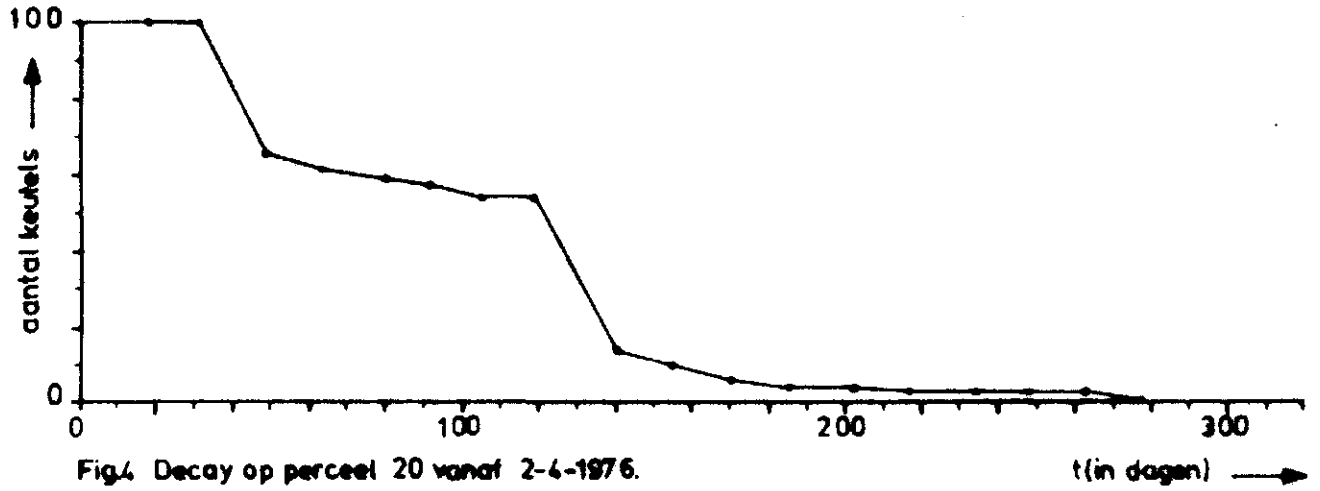
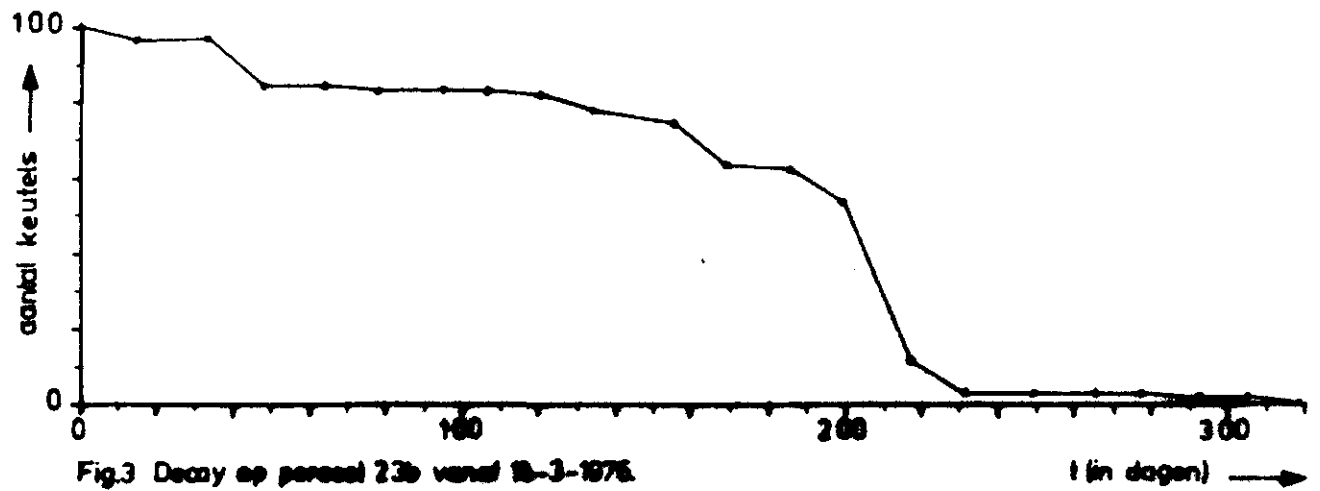
13		14	
perceel	20	perceel	23a
20 aug	100	20 aug	100
3 sep	98	3 sep	87
19 sep	98	19 sep	61
4 okt	95	4 okt	30
21 okt	95	21 okt	1
4 nov	94	4 nov	0
22 nov	93		
6 dec	89		
20 dec	85		
4 jan	84		
17 jan	83		
31 jan	17		
21 feb	14		
7 mrt			
verstoord			

vervolg tabel 1

15 perceel 43	16 perceel 25b	17 perceel 40	18 perceel 43	19 perceel 23a	20 perceel 24
20 aug 100	22 nov 100	22 nov 100	22 nov 100	22 nov 100	20 dec 100
3 sep 92	6 dec 1	6 dec 53	6 dec 76	6 dec 72	4 jan 65
19 sep 34	20 dec 1	20 dec 52	20 dec 51	20 dec 20	17 jan 2
4 okt 9	4 jan 0	4 jan 49	4 jan 39	4 jan 3	31 jan 2
21 okt 1		17 jan 46	17 jan 38	17 jan 1	21 feb 1
4 nov 0		31 jan 32	31 jan 34	31 jan 0	7 mrt 0
		21 feb 22	21 feb 5		
		7 mrt 16	7 mrt 3		
		21 mrt 8	21 mrt 3		
		4 apr 1	4 apr 0		
		18 apr 0			

21 perceel 20a	22 perceel 20a	23 perceel 24	24 perceel 25b	25 perceel 40
17 jan 100	4 apr 100	4 apr 100	17 jan 100	18 apr 100
31 jan 1	18 apr 48	18 apr 86	31 jan 1	2 mei 94
21 feb 1	2 mei 2	2 mei 72	21 feb 1	17 mei 61
7 mrt 0	17 mei 2	17 mei 72	7 mrt 0	verstoord
	verstoord	verstoord		

26 perceel 43	27 perceel 23b
4 apr 100	21 feb 100
18 apr 96	7 mrt 88
2 mei 87	21 mrt 15
17 mei 78	4 apr 13
verstoord	18 apr 13
	2 mei 13
	17 mei 12



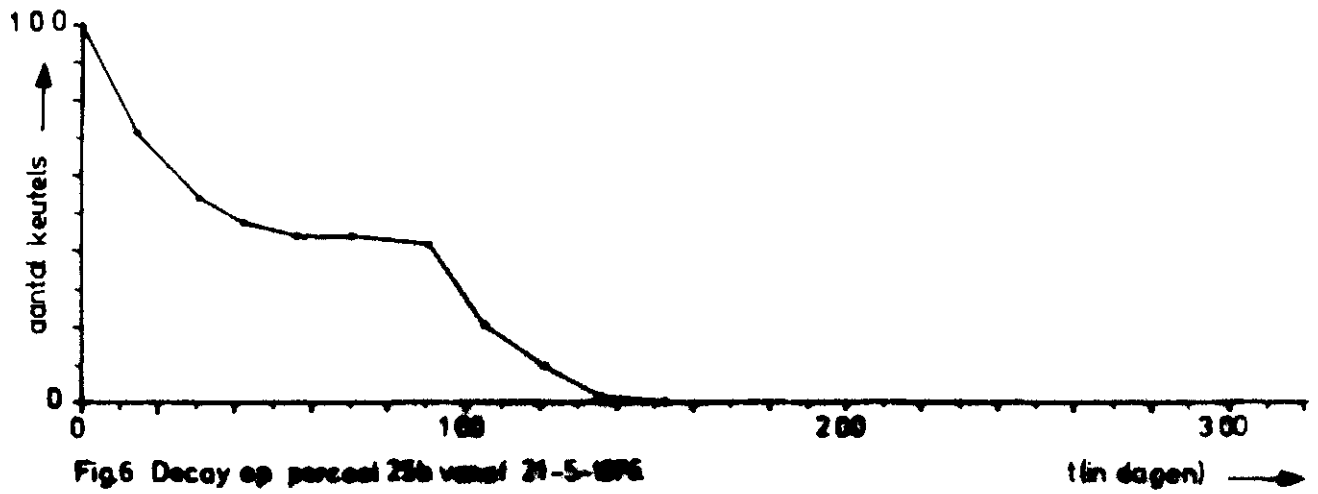


Fig.6 Decay op perceel 25b vanaf 21-5-1976

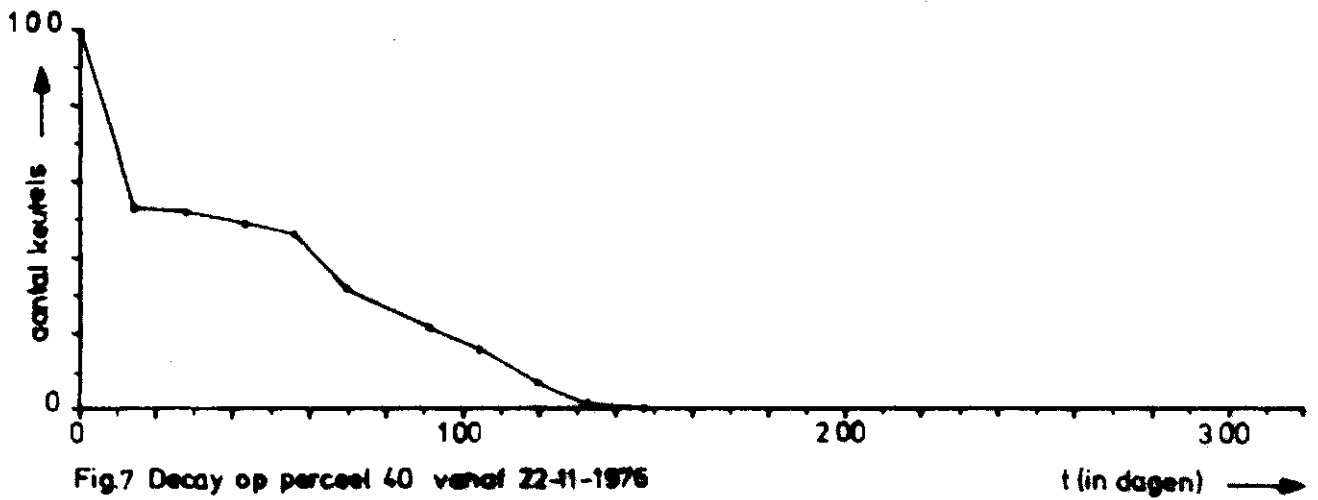


Fig.7 Decay op perceel 40 vanaf 22-11-1976

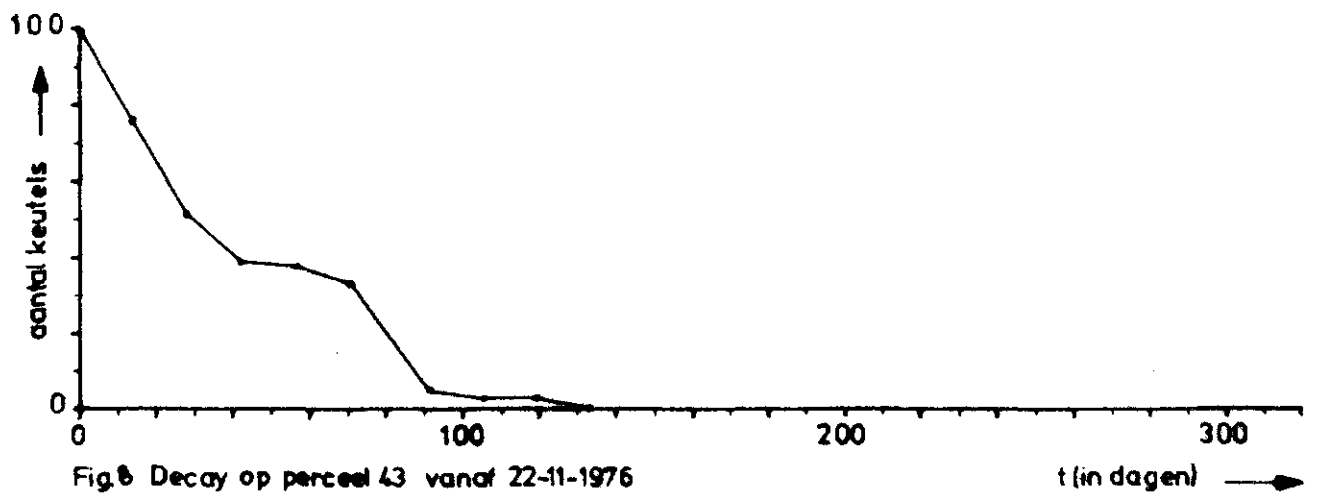


Fig.8 Decay op perceel 43 vanaf 22-11-1976

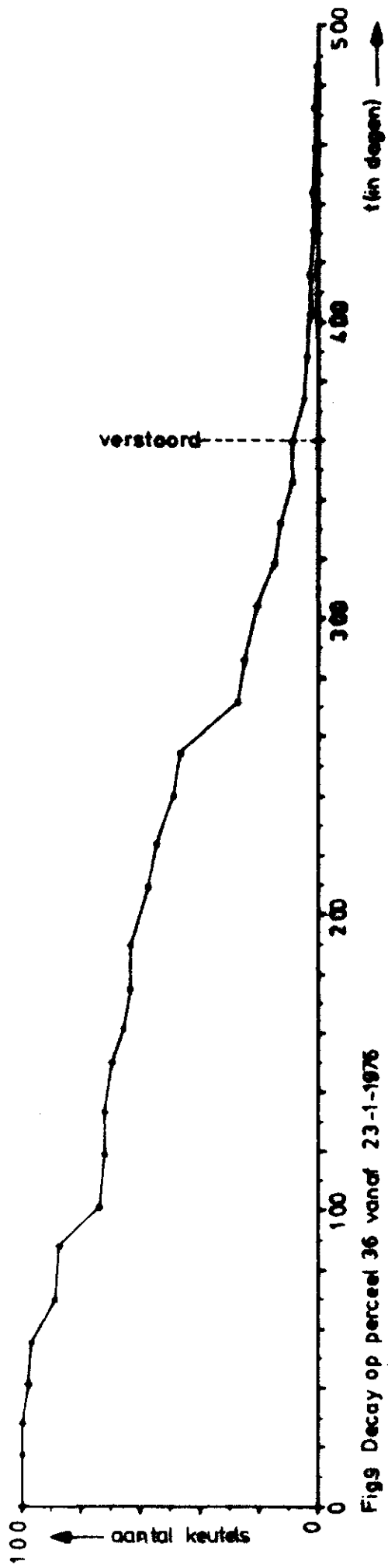


Fig9 Decay op perceel 36 vanaf 23-1-1976

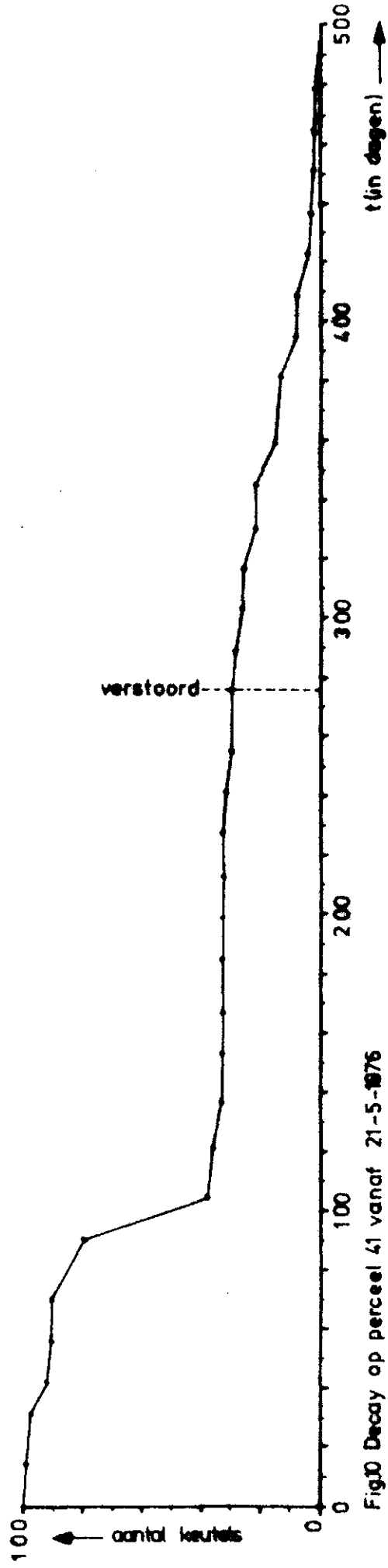
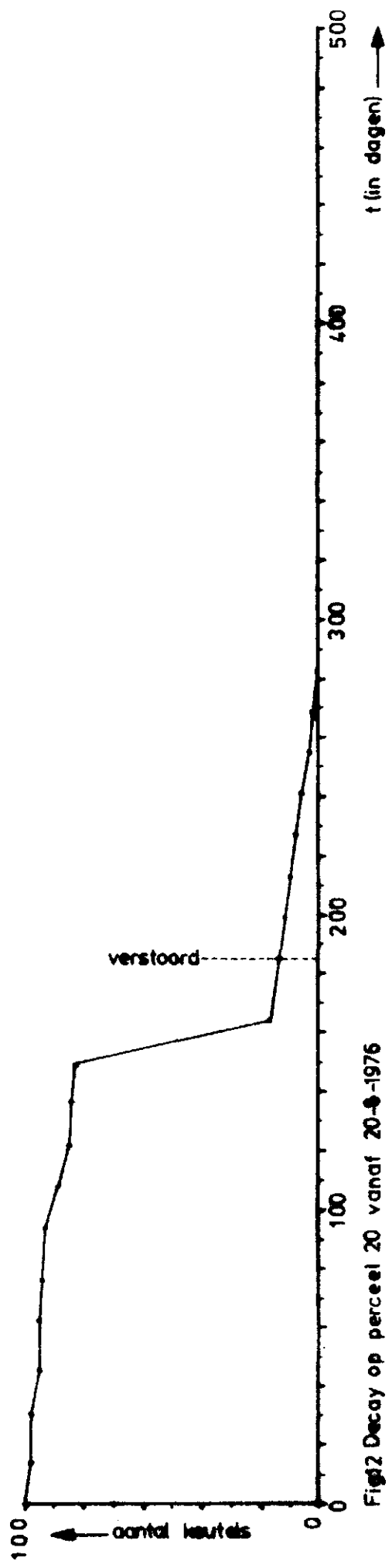
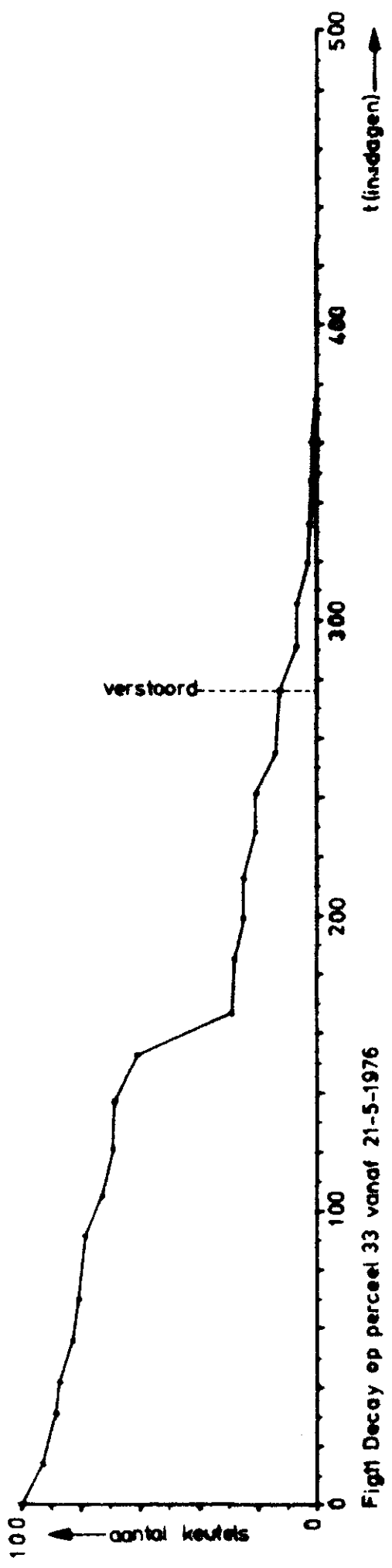
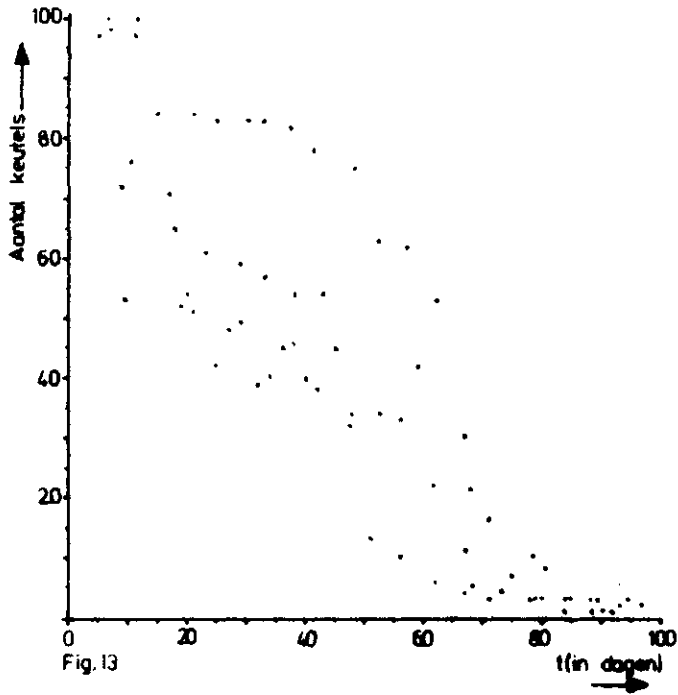
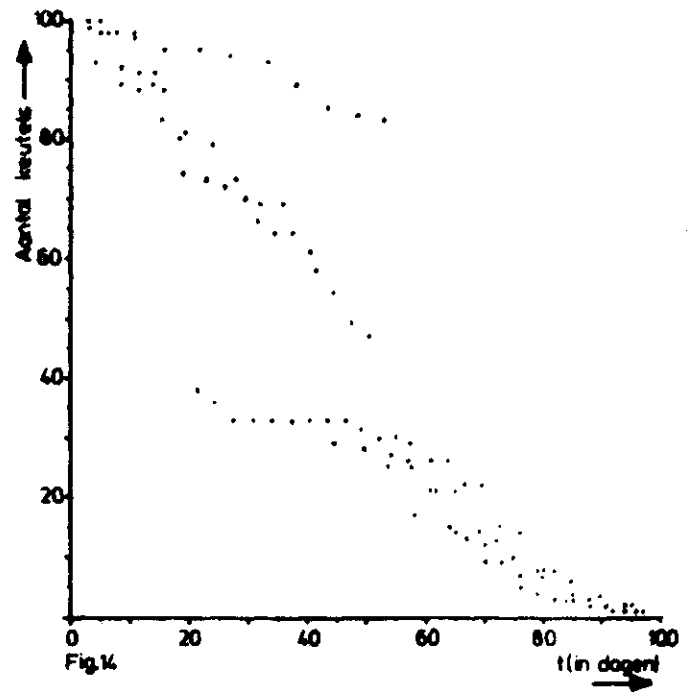


Fig10 Decay op perceel 41 vanaf 21-5-1976

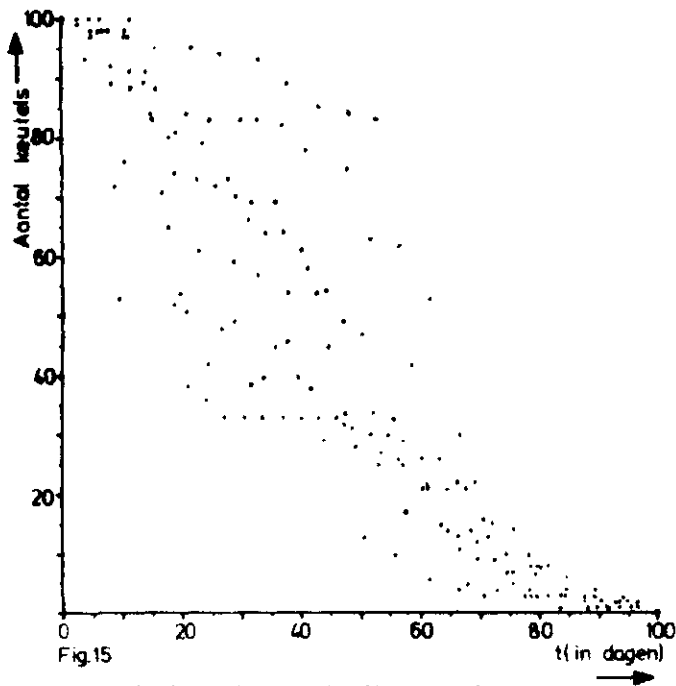




Grafiek van de gegevens van de 6 direct bruikbare reeksen waarnemingen omgerekend naar standaardverteringstijd van 100 dagen



Grafiek van de gegevens van de 4 gedeeltelijk geschatte reeksen waarnemingen omgerekend naar standaardverteringstijd van 100 dagen.



Combinatie van de figuren 13 en 14.

Uit de figuren 13, 14 en 15 valt af te leiden dat voor Cranendonck een logistisch verteringsverloop beter met de werkelijkheid overeenkomt dan een exponentieel;

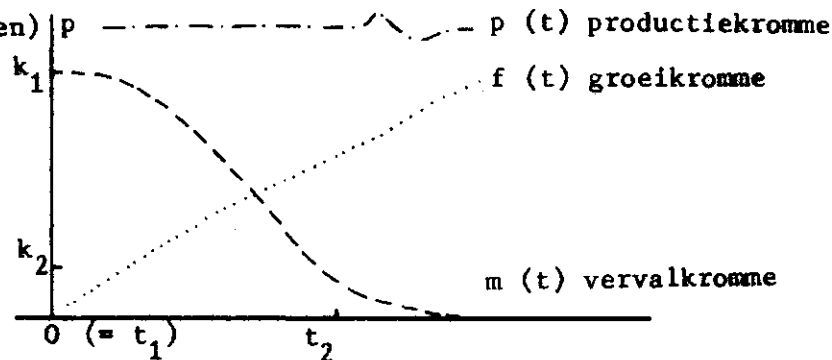
$$\frac{dm}{dt} = - \frac{(K-m)m}{K} c(t)$$

Als aangenomen wordt dat de door Taylor gebruikte formule

$m_2 - m_1 \frac{k_2}{k_1} = gr (1 - \frac{k_2}{k_1}) / c$ juist is, wordt de formule ter bepaling van het aantal konijnen:

$$r g = \frac{m_2 k_1 - m_1 k_2}{k_1 - k_2} \cdot \ln \left(\frac{2k_1 - k_2}{k_2} \right) / \frac{t_2 - t_1}{k_2}$$

Voor de op Cranendonck gebruikte methode waarbij de keutels op de monsterpunten worden weggeraapt is de volgende afleiding beter (opgesteld door C.J. Nelissen)



Het experiment loopt in tijd t : $0 (= t_1) < t < t_2$ (t_2 is b.v. 30 dagen).

Gedurende die tijd wordt de productie van keutels $r(t) g(t) = p(t)$ constant ($p(t) = p$) verondersteld.

1. In een voor konijnen afgesloten gebiedje worden op $t_1 = 0$ k_1 keutels gelegd, na t_2 dagen worden de overgebleven keutels geteld (k_2).
 2. Tegelijkertijd wordt het aantal keutels m_2 geteld in een gebiedje dat op $t_1 (= 0)$ schoongeraapt was ($m_1 = 0$).
- a. Het verval (decay) van keutels wordt verondersteld logistisch te verlopen:

$$m(t) = \frac{K \exp(-ct)}{1 + \exp(-ct)} \quad (1)$$

K en c te bepalen met k_1 , k_2 en t_2 ; c wordt verondersteld constant te zijn en onafhankelijk van de leeftijd der keutels.

a.1 Voor $t = t_1 = 0$ geldt $m(0) = k_1 \Rightarrow$

$$k_1 = \frac{K \exp(0)}{1 + \exp(0)} = \frac{K}{2} \Rightarrow K = 2 k_1 \quad (2)$$

a.2 Voor $t = t_2$: $m(t_2) = \frac{K \exp(-ct_2)}{1 + \exp(-ct_2)} = k_2$;

substitutie van (2) levert:

$$k_2 = \frac{2k_1 \exp(-ct_2)}{1 + \exp(-ct_2)} \Rightarrow c = \frac{1}{t_2} \ln \left(\frac{2k_1 - k_2}{k_2} \right) \quad (3)$$

b. Bepaling van $f(t)$: het aantal keutels in het schoongeraapt gebiedje.

$f(t)$ wordt bepaald door:

1. de keutelproductie $r(t) g(t) = p = \text{constant}$.
2. het verval (decay) $m(t)$

$f(t)$ volgt een bepaald verloop dat, bij $p = \text{constant}$, voor $t \rightarrow \infty$, een evenwicht bereikt waarvoor geldt:
 produktie per dag = verval per dag.

De wiskundige formule voor $f(t)$ is de convolutie-integraal:

$$f(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} p(\theta) m(t - \theta) d\theta \quad (4)$$

waarin θ een hulpvariabele is.

$$p(\theta) = 0 \text{ voor } \theta < 0 ; p \text{ voor } 0 < \theta < t_2 \quad (5)$$

$$m(t - \theta) = \frac{\exp\{-c(t - \theta)\}}{1 + \exp\{-c(t - \theta)\}} \quad (6)$$

de integratiegrenzen worden bepaald door:

1. voor de bovengrens: $t - \theta > 0 \Rightarrow \theta < t$
2. voor de ondergrens: $p(\theta) = 0$ voor $\theta < 0$; dus voor $\theta < 0$ hoeft niet geïntegreerd te worden.

Substitutie van (5), (6) en de grenzen in (4) levert

$$\begin{aligned} f(t) &= \int_0^t p \frac{\exp\{-c(t - \theta)\}}{1 + \exp\{-c(t - \theta)\}} d\theta \quad (7) \\ &= p \int_0^t \frac{e^{-ct} e^{c\theta}}{1 + e^{-ct} e^{c\theta}} d\theta \\ &= \frac{p}{c} \int_0^t \frac{d(e^{-ct} e^{c\theta})}{1 + e^{-ct} e^{c\theta}} \\ &= \frac{p}{c} \ln \left(1 + e^{-c(t - \theta)} \right) \Big|_0^t \\ &= \frac{p}{c} \ln \frac{2}{1 + e^{-ct}} \quad (8) \end{aligned}$$

c. Bepaling van $p = rg$ uit de formules (3) en (8) waarin $t = t_2$.

$$c = \frac{1}{t_2} \ln \left(\frac{2k_1 - k_2}{k_2} \right) \quad (3)$$

$$m_2 = f(t_2) = \frac{p}{e} \ln \left| \frac{2}{1 + e^{-ct_2}} \right| \quad (8)$$

c is te elimineren en p te bepalen.

Substitueer in (8) de formules (2) en (3), dan:

$$p = rg = \frac{m_2}{t_2} \cdot \frac{\ln \left(\frac{2k_1 - k_2}{k_2} \right)}{\ln \left(\frac{2k_1 - k_2}{k_1} \right)}$$

Discussie

Het blijkt dat de vertering sterk afhankelijk is van jaargetijde, klimatologische omstandigheden en plaats in het terrein in verband met bodemfauna en bodemstructuur. Activiteit van mestkevers bijvoorbeeld, kan tot gevolg hebben dat de keutels in de periode tussen twee metingen geheel verdwijnen. Daar de vegetatie binnen de kooien niet begraaasd wordt, zal de vertering onder de kooien anders verlopen dan erbuiten (Taylor 1956). In het extreem droge jaar 1976 was er echter zeer weinig primaire productie en de vegetatie binnen de kooien was niet veel hoger dan erbuiten.

Verder bleek dat bij harde wind keutels in de kooien konden waaien. Over het algemeen bleek de vertering echter een min of meer logistisch verloop te vertonen en kan de gevonden formule ter bepaling van de graasdruk door de konijnen op de akkers toegepast worden. De formule is niet te gebruiken in het heide-stuifzand- en bosgebied, omdat daar de keutels niet stochastisch verspreid over het terrein liggen (Immink 1977).

Het verdient aanbeveling om bij iedere toepassing van de telmethode volgens Taylor een globaal onderzoek te doen naar het verteringsverloop van de keutels en de formule, indien nodig, aan te passen.

Dankwoord

Een woord van dank aan J.A.J. v.d.Laar en P.A.Slim voor hulp bij het veldwerk en aan C.J.Nelissen en J.Mulder voor hun medewerking bij het mathematisch gedeelte.

Literatuur

- Inmink, H.J., 1977 Voedselkeuze- en graasdrukbeplating van het wilde konijn *Oryctolagus cuniculus* L. (1758) in het CRM-reservaat "Baronie Cranendonck".
Leersum, Rijksinstituut voor Natuurbeheer.
- Ruiter, K.J. de, 1975 Begrazing door IJslandse pony's in de Baronie Cranendonck.
Leersum, Rijksinstituut voor Natuurbeheer.
- Taylor, R.H. en Williams, R.M., 1956
The use of pellet counts for estimating the density of populations of the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.).
New Zealand Journal of Science and Technology,
Sect.B, vol. 38, no.3, page 236-256.