

Literatuurstudie naar voorraden en verblijftijden van elementen in
bosecosystemen

Literatuurstudie naar voorraden en verblijftijden van elementen in
bosecosystemen

W. de Vries
A. Hol
S. Tjalma
J.C.H. Voogd

Rapport 94

STARING CENTRUM, Wageningen, 1990

REFERAAT

W. de Vries, A. Hol, S. Tjalma en J.C. Voogd, 1990.
Literatuurstudie naar voorraden en verblijftijden van elementen in
bosecosystemen. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 94.
205 blz., 16 aanhangsels, 6 figuren, 36 tabellen, 235 ref.

Om inzicht te hebben in de netto opname van nutriënten in bos-
opstanden zijn literatuurgegevens verzameld over de voorraad
(biomassa en gehalten) aan N, P, K, Ca, Mg en S in stammen en
takken van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas,
fijnspar, lariks, eik en beuk afhankelijk van de leeftijd van de
opstand. Tevens is voor deze boomsoorten informatie verzameld over
de biomassa, elementgehalten en turnover-snelheid (verblijftijd)
van naalden, fijne wortels en strooisel. Op basis hiervan zijn
elementfluxen als gevolg van naald(blad)val, wortelsterfte en
strooiselafbraak afgeleid. De gegevens zijn gebruikt om het
bodemverzuringmodel RESAM op regionale schaal toe te passen.

Trefwoorden: biomassa, elementgehalte, turnover-snelheid, afbraak,
stammen, takken, naalden, wortels, strooisel

ISSN 0924-3070

©1990

STARING CENTRUM Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor
Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor
Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd.
Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en
Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor
Bodemkartering (STIBOKA).

Het Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele
schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit
onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke
andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming
van het Staring Centrum.

Project 7113

INHOUD	Blz.
WOORD VOORAF	11
SAMENVATTING	13
1 INLEIDING	17
1.1 Doel van het onderzoek	17
1.2 Aanleiding tot het onderzoek	18
1.3 Beperkingen van het onderzoek	20
1.4 Inhoud van het rapport	22
2 ELEMENTVOORRADEN IN BIOMASSA	23
2.1 Stammen	23
2.1.1 Biomassa	23
2.1.2 Elementgehalten	29
2.2 Takken	35
2.2.1 Biomassa	35
2.2.2 Elementgehalten	38
2.3 Naalden	41
2.3.1 Biomassa	41
2.3.2 Elementgehalten	45
2.4 Wortels	49
2.4.1 Biomassa	49
2.4.1.1 Inleiding	49
2.4.1.2 Totale wortelmasa	50
2.4.1.3 Fijne wortelmasa	54
2.4.2 Elementgehalten	57
2.5 Strooisel	62
2.5.1 Inleiding	62
2.5.2 Biomassa	65
2.5.2.1 Naald- en bladresten	65
2.5.2.2 Totaal strooisel	68
2.5.3 Elementgehalten	71
2.5.3.1 Naald- en bladresten	71
2.5.3.2 Totaal strooisel	73
2.5.3.3 Kegels, twijgen, takken en wortels	78
3 VERBLIJFTIJDEN VAN ELEMENTEN IN BIOMASSA	81
3.1 Naalden	81
3.2 Wortels	83
3.3 Strooisel	85
3.3.1 Strooiselafbraakproces	85
3.3.2 Beschrijving van strooiselafbraak	86
3.3.3 Bepaling van de strooiselafbraaksnelheid	88
3.3.3.1 Strooiselzakmethode	88
3.3.3.2 Bladval/strooiselvoorraad verhoudingsmethode	89
3.3.3.3 Deling tussen toegevoegde hoeveelheid strooisel en overblijvende hoeveelheid strooisel	89
3.3.4 Afbraakconstanten	90
3.3.4.1 Naald- en bladresten	91
3.3.4.2 Totaal strooisel	95

	Blz.	
3.3.4.3	Kegels, takken en wortels	97
3.3.5	Vertaalfuncties tussen afbraakconstanten, klimaat en strooiselkwaliteit	97
3.3.5.1	Klimaat	98
3.3.5.2	Strooiselkwaliteit	100
4	CONCLUSIES	103
LITERATUUR		107
AANHANGSELS		
1	Productie en dunning van stammen van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk voor drie boniteiten	129
2	Elementgehalten in de stam van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd en bodem	135
3	Biomassa van tak-stamverhoudingen van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd en bodem	139
4	Elementgehalten in de takken van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd en bodem	145
5	Biomassa van de naalden van grove den, Corsicaanse/- Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd, bodem en naaldjaargang	149
6	Elementgehalten in de naalden van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd, bodem en naaldjaargang	157
7	Biomassa van de wortels van grove den, Corsicaanse/- Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd en bodem	163
8	Elementgehalten in de wortels van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd en bodem	169
9	Biomassa van vers naald/bladstrooisel van grove den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd van de opstand en bodem (humuslaag)	173
10	Biomassa van het totale boomstrooisel van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd van de opstand, bodem en strooisellaag	177

11	Elementgehalten in vers naald/bladstrooisel van grove den, douglas, fijnspar, lariks en beuk afhankelijk van klimaat (land), leeftijd van de opstand, en bodem (humuslaag)	183
12	Elementgehalten in het totale boomstrooisel van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd van de opstand, bodem en strooisellaag	187
13	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in het totale boomstrooisel van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van klimaat en strooisellaag	193
14	Elementgehalten van twijgen, appels, kegels, takken en wortels van grove den en douglas afhankelijk van het klimaat (land)	197
15	Afbraakconstanten van verschillende strooiselcomponenten van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd van de opstand, bodem (humuslaag) en methode	199
16	Afbraakconstanten van grove dennenaaldenstrooisel bij verschillende incubatietijden afhankelijk van het land, leeftijd van de opstand en humuslaag (bodem)	205

FIGUREN

1	Stamvolume van naald- en loofbomen als functie van de leeftijd van de boom voor drie boniteiten	27
2	Tak-stamverhoudingen van naald- en loofbomen als functie van de biomassa van de stam	37
3	Biomassa van naalden en bladeren als functie van de leeftijd van de boom	44
4	Biomassa van wortels als functie van de leeftijd van de boom	53
5	Biomassa van verse naald- en bladresten als functie van de leeftijd van de opstand	66
6	Biomassa van strooisel als functie van de leeftijd van de opstand	69

TABELLEN

1	Onderscheiden bodemeenheden voor de toepassing van het bodemverzuringmodel RESAM	21
2	Geschiktheidsklassen voor acht boomsoorten op veertien bodemeenheden in Nederland	24
3	Gemiddelde boniteit per boomsoort afhankelijk van de geschiktheidsklasse	25
4	Maximale biomassa, groeiconstante en halfwaardetijd van verschillende boomsoorten afhankelijk van de geschiktheidsklasse	28

	Blz.
5	Gemiddelde dichtheid van hout afhankelijk van de boomsoort 29
6	Elementgehalten in de stam van de Corsicaanse den voor drie verschillende boniteitsklassen 30
7	Elementgehalten in de stam van de zomereik in drie verschillende jaren 31
8	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in stammen, afhankelijk van boomsoort en klimaat 32
9	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van de tak/stam-verhouding vanaf 50 ton stammasa, afhankelijk van boomsoort en klimaat 36
10	Elementgehalten in de takken van de Corsicaanse den voor drie verschillende boniteitsklassen 38
11	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in takken, afhankelijk van boomsoort en klimaat 39
12	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van de biomassa van naalden vanaf 50 jaar, afhankelijk van boomsoort en klimaat 42
13	Elementgehalten in de naalden van Corsicaanse den voor drie verschillende boniteitsklassen 45
14	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in naalden, afhankelijk van boomsoort en klimaat 47
15	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden voor de totale biomassa van wortels vanaf 20 jaar, afhankelijk van boomsoort en klimaat 51
16	Literatuurgegevens over de biomassa van fijne, middelgrove en grove wortels in verschillende bosopstanden 55
17	Elementgehalten in de wortels van de Corsicaanse den voor drie verschillende boniteitsklassen 57
18	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in wortels, afhankelijk van boomsoort en klimaat 59
19	Gemiddelde elementgehalten in de fijne wortels van grove den, fijnspar en beuk 61
20	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in de fijne wortels van acht douglasopstanden in Nederland 61
21	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van de biomassa van vers naald/bladstrooisel, afhankelijk van boomsoort en klimaat 67

22	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van de biomassa van totaal naald/bladstrooisel, afhankelijk van boomsoort en klimaat	70
23	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in vers naald/bladstrooisel afhankelijk van boomsoort en klimaat	72
24	Gemiddelde elementgehalten in het totale strooiselcompartiment (alle lagen) afhankelijk van boomsoort en klimaat	74
25	Gemiddelde elementgehalten in de L-laag afhankelijk van boomsoort en klimaat	76
26	Gemiddelde elementgehalten in het totale boomstrooisel in de F-, H- en F+H-laag, afhankelijk van boomsoort en klimaat	77
27	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten van kegels, twijgen, takken en wortels van grove den en douglas	78
28	Naaldbezetting van grove den, Corsicaanse/- Oostenrijkse den, douglas en fijnspar in de periode 1985 t/m 1987	82
29	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van naaldvalconstanten, afhankelijk van boomsoort	83
30	Literatuurgegevens over de massa, turnover-snelheid en sterftesnelheidsconstante van fijne wortels in verschillende bosopstanden	84
31	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van afbraakconstanten van naald/bladstrooisel, afhankelijk van boomsoort, methode, bodem (humuslaag) en klimaat	92
32	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van afbraakconstanten van naaldstrooisel van de grove den bij verschillende incubatietijden afhankelijk van de bodem (humuslaag)	94
33	Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van afbraakconstanten van het totale strooisel, afhankelijk van boomsoort, methode en klimaat	96
34	Gemiddelde afbraakconstanten van kegels, takken en wortels van grove den en douglas	97
35	Vertaalfuncties (regressiecoëfficiënten) tussen strooisel, afbraakconstante) en klimaatgegevens	99
36	Vertaalfuncties (regressiecoëfficiënten) tussen strooiselafbraakconstanten en strooiselkwaliteitsgegevens	101

WOORD VOORAF

In het kader van het Nationaal Programma Zure Regen is in opdracht van de Stuurgroep Verzuringsonderzoek een regionaal bodemverzuringmodel (RESAM) ontwikkeld bij de voormalige Stichting voor Bodemkartering, vanaf 1-1-1989 opgenomen in het Staring Centrum. Doel van RESAM is op nationale schaal de lange- termijneffecten te voorspellen van atmosferische depositie op de bodem. Het vormt daarbij een onderdeel van het zogenaamde DAS (Dutch Acidification Simulation) model, waarmee de gehele keten van verzurende emissies tot en met de effecten op het milieu en de schade wordt beschreven.

Aangezien het model RESAM beschrijvingen bevat van biochemische kringloopprocessen (bladval, wortelsterfte, strooiselafbraak, opname), zijn voor de regionale toepassing ervan gegevens nodig over de voorraad (de biomassa en het gehalte) en de verblijftijd (turnover-snelheid) van elementen in stammen, takken, naalden, wortels en strooisel.

In deze literatuurstudie zijn bovengenoemde gegevens verzameld voor de belangrijkste naald- en loofboomsoorten in Nederland. De studie is verricht in het kader van de stageperiode van mw. Ing. A. Hol van de HAS uit Dronten die gegevens verzamelde over de biomassa en het elementgehalte van stammen, takken, naalden en wortels, en mw. Ing. S. Tjalma van de HLS uit Leeuwarden die gegevens verzamelde over de biomassa, het elementgehalte en de afbraaksnelheid van strooisel. De grafische en statistische verwerking van gegevens werd verricht door J.C.H. Voogd. De evaluatie en eindrapportage werd verricht door Ir. W. de Vries.

SAMENVATTING

Bij het Staring Centrum (de voormalige Stichting voor Bodemkartering) is een bodemverzuringmodel (RESAM) ontwikkeld om bij een gegeven emissie-depositie scenario, op nationale schaal de te verwachten trends in bodem- en bodemvochtsamenstelling in de belangrijkste bos-bodem-combinaties te voorspellen. Dit model bevat beschrijvingen van de belangrijkste processen die de kringloop van elementen in een boscossysteem bepalen, bladval, wortelsterfte, strooiselafbraak (mineralisatie) en opname. Deze processen, te samen met atmosferische depositie, bepalen in sterke mate de concentraties van belangrijke voedingsstoffen (o.a. NH_4 , NO_3 , Ca, Mg, K) alsmede de produktie en consumptie van zuur in de wortelzone.

Om RESAM op regionale schaal toe te passen zijn literatuur gegevens verzameld over de biomassa van stammen, takken, naalden, wortels en strooisel, alsmede de gehalten van de elementen N, P, Ca, Mg, K en S hierin afhankelijk van de leeftijd van de opstand. Vermenigvuldiging van beide gegevens geeft een indruk van de elementvoorraad in de compartimenten van een boscossysteem. Daarnaast zijn gegevens verzameld over de turnover-snelheid van bladeren/naalden, (fijne) wortels en strooisel, die informatie geven over de verblijftijd van elementen in deze compartimenten. Bij alle parameters (biomassa, elementgehalten en turnover-snelheid) is aandacht besteed aan de invloed van omgevingsfactoren als klimaat en bodemeenheid op de gevonden waarden. De gegevens zijn verzameld voor de meest voorkomende boomsoorten in Nederland, grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk.

De belangrijkste conclusies van het onderzoek zijn:

- 1 De toename in stamvolume of stammasa met de leeftijd van de opstand kan goed worden beschreven met een logistische functie. De gemiddelde toename in stamvolume verschilt per boomsoort en hangt verder sterk af van de voorkomende bodemeenheid. Dit bepaalt in hoge mate de geschiktheid en daarmee de boniteit (groeiklasse) van een boomsoort. Waarden voor de gemiddelde toename in stammasa over de omlooptijd van een boom variëren van ca. $1,5 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$ voor een slecht groeiende opstand van grove den tot ca. $7,5 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$ voor een goed groeiende opstand van douglas of lariks. Voor een gegeven geschiktheidsklasse is de gemiddelde toename in stammasa het hoogst voor douglas, fijnspar en lariks en het laagst voor grove den. Corsicaanse/Oostenrijkse den, zomereik en beuk nemen een middenpositie in.
- 2 De verhouding tussen tak- en stammasa blijkt tot ca. 50 ton stammasa af te nemen om vervolgens redelijk constant te blijven. Voor de meeste boomsoorten in Nederland komt 50 ton stammasa overeen met een leeftijd van ca. 20 jaar. De gemiddelde tak-stamverhouding (in kg.kg^{-1}) vanaf 50 ton stammasa (20 jaar) is het hoogst voor Corsicaanse/Oostenrijkse den, zomereik en beuk (ca. 0,3), en het laagst voor douglas (ca. 0,1). Grove den, fijnspar en lariks nemen een midden positie in (ca. 0,15).
- 3 Vanaf een leeftijd van ca. 20 jaar is de biomassa van bladeren en naalden van de meeste boomsoorten redelijk constant (gesloten boomkroon). De naald/bladmasa kan sterk variëren maar is gemiddeld het hoogst voor douglas en fijnspar (ca. $10\text{-}15 \text{ ton.ha}^{-1}$), en het laagst voor lariks, zomereik en beuk (ca. $3\text{-}4 \text{ ton.ha}^{-1}$). Grove den en Corsicaanse/Oostenrijkse den nemen een midden positie in (ca. 7 ton ha^{-1}).

De naaldvalconstante, die omgekeerd evenredig is met de naaldbezetting, neemt juist toe van fijnspar naar beuk. Gemiddelde

waarden (in jr^{-1}) zijn 0,20 voor fijnspar, 0,28 voor douglas, 0,35 voor Corsicaanse/Oostenrijkse den en 0,55 voor grove den. Voor de loofbomen (zomereik en beuk) en lariks, wat een blad-verliezende naaldboom is, is de naaldvalconstante uiteraard 1,0. Vermenigvuldiging van de gemiddelde waarden voor naald/bladmassa en naald/bladvalconstante leidt tot een naald/bladvalflux van 2-2,5 $\text{ton.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$ voor Corsicaanse/Oostenrijkse den, 3-3,5 $\text{ton.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$ voor grove den, douglas, fijnspar, zomereik en beuk en ca. 4-4,5 $\text{ton.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$ voor lariks.

- 4 Evenals de blad/naaldmassa lijkt de totale wortelmasa voor de meeste boomsoorten vanaf een leeftijd van ca. 20 jaar redelijk constant te zijn. De waarden variëren sterk als gevolg van opstandsdichtheid en groeiplaats. De invloed van de boomsoort lijkt gering. De gemiddelde totale wortelmasa bedraagt 30-40 ton.ha^{-1} , onafhankelijk van de boomsoort. De fijne wortelmasa die in sterke mate de nutriëntenkringloop bepaalt middels afsterven en bijgroei, bedraagt gemiddeld 15% van de totale wortelmasa (gemiddeld 4,8 ton.ha^{-1}). De gemiddelde wortelsterfteconstante bedraagt ca. 1,5. Vermenigvuldiging hiervan met de gemiddelde fijne wortelmasa leidt tot een gemiddelde turnover-snelheid van fijne wortels van ca. 7 $\text{ton.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$, ca. tweemaal zo hoog als de naald/bladvalflux. Op een goede groeiplaats zijn zowel de massa als de omloopsnelheid van fijne wortels relatief laag en op een slechte groeiplaats relatief hoog.
- 5 De biomassa van de strooisellaag hangt af van de leeftijd van de opstand, het klimaat en de groeiplaats. Waarden uit de literatuur voor opstanden van douglas, fijnspar en lariks in Nederland met een leeftijd van ca. 45-60 jaar, variëren van ca. 50-100 ton.ha^{-1} . Uitgaande van een strooiseltoevoer van 5 ton.ha^{-1} middels bladval en wortelsterfte kan deze strooiselvoorraad worden opgebouwd bij strooiselafbraakconstante van ca. 0,05-0,10 jr^{-1} . Dergelijke waarden zijn ook gevonden middels

afbraakexperimenten. Waarden voor de afbraak van vers strooisel (jonger dan 1 jaar) variëren tussen ca. 0,2 en 0,6 jr^{-1} .

- 6 Elementgehalten nemen in het algemeen af van naalden naar fijne wortels naar takken naar stammen. Verder is voor vrijwel alle boomsoorten en in alle compartimenten het N-gehalte het hoogst, nemen de gehalten aan K en Ca een middenpositie in en zijn de P-, Mg- en S-gehalten het laagst. In de meeste compartimenten is het N-, K- en Ca-gehalte van loofbomen (met name de zomereik) hoger dan van naaldbomen, met uitzondering van de fijnspar. Gemiddelde waarden voor N variëren van 0,1% in stammen tot ca. 2,5% in de naalden (bladeren). Het hoge N gehalte in naalden is een specifiek Nederlandse situatie die samenhangt met de hoge N-belasting. In bladeren van loofbomen komen dergelijke gehalten ook voor in weinig belaste gebieden. Voor K en Ca variëren de gemiddelde waarden tussen ca. 0,05% in stammen tot ca. 1,1% in naalden (bladeren). De variatie in de gemiddelde P-, Mg- en S-gehalten is ca. 0,01% in stammen tot 0,2% in naalden en bladeren.

1 INLEIDING

1.1 Doel van het onderzoek

De bodemvochtsamenstelling van bosgronden wordt sterk beïnvloed door de nutriëntenkringloop in een boscysteem middels blad(naald)val, wortelsterfte, strooiselafbraak en opname. Inzicht in de grootte orde van deze nutriëntfluxen kan worden verkregen op basis van gegevens over voorraden en verblijftijden van nutriënten in stammen, takken, naalden, wortels en stroosel.

Het doel van deze literatuurstudie is dit inzicht te krijgen middels een overzicht van de (gemiddelde) voorraden en verblijftijden van elementen in deze compartimenten de voor belangrijkste naald- en loofboomsorten in Nederland, afhankelijk van de leeftijd en de boniteit. De boniteit of groeiklasse (Engels: yield class) van een boom is gerelateerd aan de gemiddelde bijgroei van een boom, op het tijdstip dat de gemiddelde en actuele bijgroei aan elkaar gelijk zijn. De boniteit wordt voornamelijk bepaald door klimaat en bodem.

Hoewel er meerdere literatuur compilaties zijn over de biomassa en nutriëntengehalten in de verschillende compartimenten van een boscysteem (o.a. Rodin and Bazilevich, 1967; Cannel, 1982; Kimmins et al., 1985) ontbreekt een systematisch overzicht naar de invloed van leeftijd, klimaat en bodem. Hierdoor zijn vele gegevens niet direct toepasbaar voor de Nederlandse situatie waar deze studie op gericht is. Verder ontbreekt een overzicht van de biomassa en turnoversnelheid van fijne wortels wat een belangrijk onderdeel vormt van de nutriëntenkringloop in een boscysteem.

De literatuurstudie naar de elementvoorraden is opgesplitst in onderzoek naar de biomassa van compartimenten en het elementgehalte in compartimenten, aangezien beide de elementvoorraad bepalen. Voor invloed van de tijd is gekeken of er sprake is van een trend (te

verwachten bij biomassa) of niet (te verwachten bij elementgehalten) en in het laatste geval zijn gemiddelden en standaardafwijkingen berekend. De literatuurstudie naar verblijftijden is sterk geconcentreerd op strooisel, omdat met name hierin een sterke accumulatie (van stikstof) kan optreden. Aangezien de strooiselafbraak gereguleerd wordt door omgevingsfactoren zoals temperatuur en strooiselkwaliteit, is hier tevens aandacht aan besteed.

1.2 Aanleiding tot het onderzoek

Aanleiding tot het literatuuronderzoek vormt de regionale (landelijke) toepassing van het bodemverzuringmodel RESAM (De Vries et al., 1988; De Vries en Kros, 1989) dat ontwikkeld is bij het Staring Centrum (de voormalige Stichting voor Bodemkartering) in het kader van het Nationaal Programma Zure Regen. Het doel van dit model is om op basis van de depositie van SO_2 , NO_x , NH_3 , basen (Ca, Mg, K, Na) en Cl de bodemvochtsamenstelling te voorspellen. De modelinvoer is daarbij beperkt tot stoffen die de bulksamenstelling van de bodemoplossing bepalen nl. H, Al, Ca, Mg, K, Na, NH_4 , NO_3 , SO_4 , Cl, HCO_3 en RCOO.

In RESAM zijn alle processen beschreven die bij een gegeven input een relevant effect hebben op concentratie van deze elementen:

- 1 Hydrologische processen : neerslag, interceptieverdamping en wateropname;
- 2 Kronendakinteracties : bladopname, bladuitloging;
- 3 Kringloopprocessen : blad(naald)val, wortelsterfte, strooiselafbraak en wortelopname (verschillende compartimenten);
- 4 Stikstoftransformaties : nitrificatie en denitrificatie;
- 5 Geochemische processen : verwerking van primaire mineralen en Al-hydroxiden, kationenomwisseling, dissociatie van CO_2 en protonering van RCOO.

De concentraties van de belangrijkste voedingsstoffen (NH_4 , NO_3 , SO_4 , Ca, Mg, K) worden behalve door de depositie voornamelijk bepaald door biochemische kringloopprocessen. Voor NH_4 en NO_3 spelen tevens stikstofomzettingsprocessen (nitrificatie en denitrificatie) een grote rol. Deze processen bepalen tevens samen met de depositie in sterke mate de netto-productie en -consumptie van zuur in de boven- en ondergrond. Het modelconcept is dan ook gebaseerd op de relatie tussen elementkringlopen en bodemverzuring (De Vries en Breeuwsma, 1984; 1987).

De elementfluxen vanuit de verschillende biocompartimenten (naalden of bladeren, wortels en strooisel) zijn in RESAM beschreven op basis van de elementvoorraad en de verblijftijd volgens:

$$\text{Elementflux} = \text{Elementvoorraad} / \text{verblijftijd} \quad (1)$$

Met flux uitgedrukt in $\text{mol}_c \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jr}^{-1}$, voorraad in $\text{mol}_c \cdot \text{m}^{-2}$ en verblijftijd in jr (mol_c is identiek aan het begrip equivalent wat volgens SI eenheden niet meer gebruikt mag worden).

De elementvoorraad wordt berekend op basis van de biomassa van - en het elementgehalte in een compartiment volgens:

$$\text{Elementvoorraad} = \text{Biomassa} \cdot \text{elementgehalte} \quad (2)$$

Met biomassa uitgedrukt in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ en elementgehalte in $\text{mol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$.

De netto-elementfluxen naar stammen en takken als gevolg van wortelopname en herverdeling, zijn in het model beschreven op basis van de verandering in elementvoorraad in de tijd. Deze netto-onttrekking heeft bij stammen betrekking op het totaal volume aan geproduceerd stamhout (inclusief dunningsvolume).

Gegevens over elementfluxen geeft tevens inzicht in de mogelijke accumulatie van stikstof en zwavel in de verschillende compartimenten van het boscysteem. Dit vertraagt de uitspoeling van SO_4 en

NO₃ en de verzuring daarmee gepaard gaat. Dat is vooral van belang voor de strooisellaag. Netto-accumulatie in het strooisel dit compartiment wordt bepaald door de aanvoer via takval, naald(blad)-val en wortelsterfte enerzijds en strooiselafbraak anderzijds. Vertraging in de strooiselafbraak (toename van de verblijftijd van elementen in strooisel) als gevolg van bv. pH-daling kan het effect van met name stikstofdepositie op de verzuring tijdelijk sterk nivelleren.

Uit het bovenstaande volgt dat biomassa, elementgehalte en verblijftijd essentiële invoergegevens voor het model RESAM zijn.

1.3 Beperkingen van het onderzoek

De beperkingen van het onderzoek hangen nauw samen met de aanleiding ervan, namelijk de landelijke toepassing van het model RESAM. De beperkingen betreffen met name de onderzochte elementen en boomsoorten en in mindere mate de toespitsing naar klimaat en bodemomstandigheden die karakteristiek zijn voor Nederland. Elementen zijn beperkt tot de macronutriënten stikstof, fosfor, kalium, calcium, magnesium en zwavel (N, P, K, Ca, Mg, S) omdat deze elementen (met uitzondering van fosfor) betrokken zijn bij de nutriëntenkringloop in RESAM. Boomsoorten zijn beperkt tot die welke het meest voorkomen in Nederland en derhalve bij de toepassing van RESAM zijn onderscheiden:

<u>Nederlands</u>	<u>Engels</u>	<u>Latijns</u>
Grove den	Scotch pine	Pinus Silvesteris
Corsicaanse den	Black pine	Pinus Nigra
Oostenrijkse den	Black pine	Pinus Nigra
Douglas	Douglas fir	Pseudotsuga Menziessi
Fijnspar	Norway spruce	Picea Abies
Lariks	Japanese larch	Larix Leptolepis
Zomereik	Oak	Quercus Robur
Beuk	Beech	Fagus Silvatica

Aangezien het bodemverzuringmodel RESAM wordt toegepast voor Nederland is de dataverzameling verder zoveel mogelijk toegespitst op gegevens van een gematigd zeeklimaat en kalkloze (zure) zandgronden. Bij de weergave van de data is derhalve onderscheid gemaakt in gematigd zeeklimaat ten opzichte van de overige klimaten en (voor zover mogelijk) in zandgronden en niet-zandgronden. Het onderscheid in bodem bleek echter een probleem, aangezien in veel gevallen de bijbehorende bodemeenheid niet was vermeld.

Bij de toepassing van RESAM zijn overigens binnen de zandgronden nog veertien bodemeenheden onderscheiden op basis van de bodemkaart 1 : 250 000 zoals aangegeven, in tabel 1.

Tabel 1 Onderscheiden bodemeenheden voor de toepassing van het bodemverzuringmodel RESAM.

Bodemeenheid (1 : 250 000)	Verklaring
Z5, Z6	Fijnzandige en grofzandige, zeer diep ontwaterde holtpodzolgronden
Z8, Z8g, Z8x	Fijnzandige matig ontwaterde veldpodzolgronden met resp. dekzand, grind en keileem in de ondergrond
Z12, Z13	Fijnzandige en grofzandige, zeer diep ontwaterde veldpodzol- en haarpodzolgronden
Z16	Fijnzandige, diep ontwaterde enkeerdgronden
Z18	Fijnzandige, matig diep ontwaterde loopodzolgronden
Z20	Fijnzandige, zeer ondiep ontwaterde beekeerdgronden
Z21	Fijnzandige, ondiep ontwaterde gooreerdgronden
Z23	Fijnzandige, ondiep ontwaterde vlakvaaggronden
Z27, Z28	Fijnzandige en grofzandige, zeer diep ontwaterde duinvaaggronden

Deze onderscheiding is gebruikt bij de schatting van de biomassa toename van stammen met de tijd aangezien hierover in Nederland vrij gedetailleerde cijfers bestaan.

1.4 Inhoud van het rapport

In hoofdstuk twee worden de resultaten van de literatuurstudie weergegeven met betrekking tot de elementvoorraden in de verschillende compartimenten te weten stammen (2.1), takken (2.2), naalden en bladeren (2.3), wortels (2.4) en strooisel (2.5). Per compartiment is een onderverdeling gemaakt in biomassa en elementgehalten.

In hoofdstuk 3 is allereerst een summier overzicht gegeven van de verblijftijden (turnover constanten) van elementen in naalden (3.1) en wortels (3.2). Verder is een overzicht gegeven van gemiddelde afbraakconstanten (verblijftijden) van strooisel afhankelijk van boomsoort, klimaat, bodem, en gebruikte bepalingmethode (3.3). Daarom zijn in dit hoofdstuk ook de verschillende methoden gegeven om de strooiselafbraakconstante te bepalen. Tevens zijn in par. 3.3 "vertaalfuncties" weergegeven tussen de grootte van de afbraakconstante en omgevingsfactoren zoals het klimaat en de strooiselkwaliteit.

De conclusies van het onderzoek zijn gegeven in hoofdstuk 4. In de 16 aanhangsels zijn de originele data uit de literatuur weergegeven.

2 ELEMENTHOEVEELHEDEN IN BIOMASSA

2.1 Stammen

2.1.1 Biomassa

Bijgroei van een boom wordt vooral beïnvloed door bodem en klimaat. De invloed van de onderscheiden bodemeenheden op de boniteit van bossen is aangegeven op basis van een geschiktheidsclassificatie van de verschillende bodems voor de genoemde boomsoorten volgens het WIB-C systeem (Van Soesbergen et al., 1986) en een relatie tussen geschiktheidsklasse en gemiddelde boniteit (aanwas in $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jr}^{-1}$). Voor de verschillende boomsoorten bestaan tevens groei en opbrengsttabellen waarin het stamvolume wordt uitgezet tegen de tijd voor verschillende boniteiten (La Bastide en Faber, 1972). Op deze wijze kan een relatie worden afgeleid tussen stammasse (bij gegeven dichtheid van het hout) en de combinatie van boomsoort (inclusief leeftijd) en bodemeenheid.

Geschiktheidsklassen voor de onderzochte combinaties van bodem- en bostype volgens het WIB-C systeem zijn gegeven in tabel 2 (Hendriks, pers comm.).

Tabel 2 Geschiktheidsklassen voor acht boomsoorten op veertien bodemeenheden in Nederland.

Bodem- eenheid	Geschiktheidsklassen						
	grove den	Cors./ Oost. den	douglas	fijn- spar	lariks	zomer- eik	beuk
Z5,Z6	1	1	1	2	2	2	2
Z8,Z12	1	1	2	2	2	2	2
Z13	2	2	3	3	3	3	3
Z16,Z18	1	1	1	1	1	1	1
Z20	1	1	2	1	1	1	2
Z21	1	1	2	2	2	2	2
Z23	2	2	3	2	2	3	3
Z27,Z28	3	3	3	3	3	3	3

In tabel 3 is de gemiddelde boniteit per geschiktheidsklasse gegeven voor de verschillende boomsoorten. Deze gegevens zijn gebaseerd op een systeem voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw (Van Soesbergen et al., 1986). De gegevens van eik en beuk komen uit een Engelse tabel. Daar is het bosbeheer anders geregeld. In Nederland liggen de opbrengsten waarschijnlijk ca. 15% lager.

Tabel 3 Gemiddelde boniteit per boomsoort afhankelijk van de geschiktheidsklasse.

Geschiktheidsklasse	Boniteit (m ³ .ha ⁻¹ .jr ⁻¹)						
	grove den	Cors./ Oost. den	douglas	fijn-spar	lariks	zomer-eik	beuk
1	7,1	10,0	14,7	13,6	14,0	8,0	8,0
2	5,5	7,4	11,1	8,9	10,9	6,0	6,0
3	3,1	5,0	6,6	5,0	5,7	4,0	4,0

In aanhangsel 1 zijn groei- en opbrengsttabellen (tabellen van het stamvolume tegen de tijd) gegeven per boomsoort en boniteitsklasse op basis van gegevens uit La Bastide en Faber (1972). In het aanhangsel is onderscheid gemaakt in productie en dunning (die om de 5 jaar plaatsvindt). De totale stamtoename is gelijk aan de som van beide. De gegevens van de totale stamtoename zijn weergegeven in fig. 1. Uit deze figuur blijkt dat de toename van het stamvolume, en dus de biomassa, zich in het algemeen laat beschrijven als een S-vormige (logistische) curve.

De eerste 10 tot 20 jaar is de groei relatief langzaam, vervolgens is er sprake van een duidelijke groeitoename, die veelal in een periode tussen 20 en 60 jaar ligt, waarna de groei weer afneemt en het stamvolume naar een maximum loopt. De vertraagde aanloop in de groei is in fig. 1, niet duidelijk te zien omdat bij de meeste boomsoorten de metingen rond de 20 jaar beginnen. De echte jeugd-groei wordt dus niet meegenomen. Logistische groei kan worden beschreven volgens:

$$Y = Y_{\max} \cdot \frac{1}{1 + e^{-k_g(t-t_{0.5})}} \quad (4)$$

- Y_{\max} = maximale biomassa van stammen ($m^3 \cdot ha^{-1}$)
 k_g = groeiconstante die de helling van de curve bepaald (jr^{-1})
 $t_{0,5}$ = halfwaardetijd, dat wil zeggen het tijdstip waarop
 de helft van de maximale groei is bereikt (buigpunt
 van de curve) (jr)

De actuele groeisnelheid (dY/dt) kan worden gevonden door vergelijking 3 te differentiëren:

$$\frac{dY}{dt} = k_g \cdot Y \left(1 - \frac{Y}{Y_{\max}} \right) \quad (4)$$

Op de halfwaardetijd ($t_{0,5}$) geldt $Y = Y_{\max}/2$.

Invullen in (4) levert:

$$\frac{dY}{dt} = 0,25 \cdot k_g \cdot Y_{\max} \quad (5a) \quad \text{en} \quad \frac{dY/dt}{Y} = 0,5 \cdot k_g \quad (5b)$$

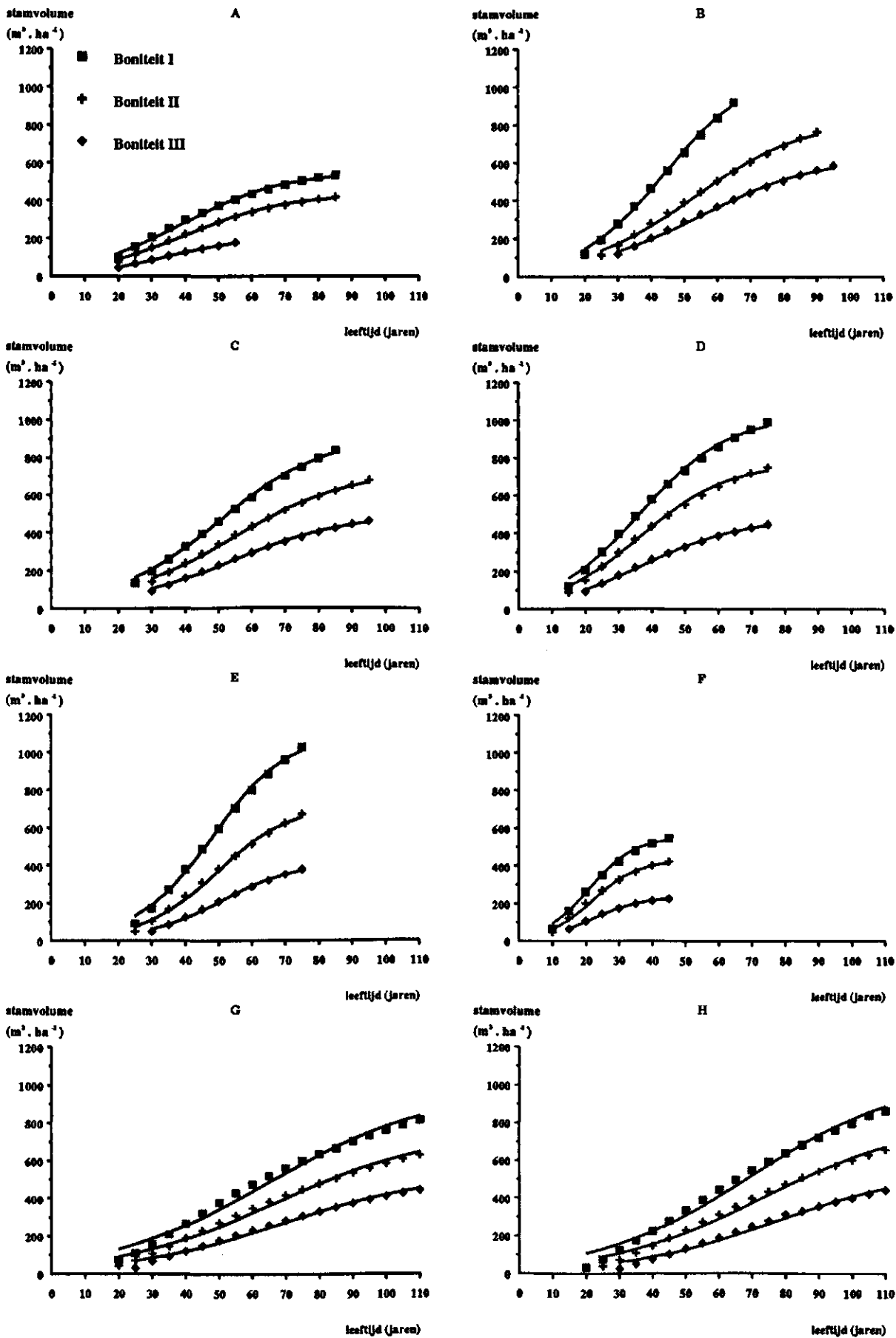


Fig. 1 Stamvolume ($m^3 \cdot ha^{-1}$) van naald- en loofbomen als functie van de leeftijd van de boom voor drie boniteiten.
 A) grove den B) Oostenrijkse den C) Corsicaanse den
 D) douglas E) fijnspar F) lariks G) zomereik H) beuk

De relatieve groeisnelheid $(dY/dt)/Y$ is dus gelijk aan de helft van de coëfficiënt k_g op de halfwaardetijd van de boom.

De waarden van Y_{\max} , k_g en $t_{0,5}$ die gefit zijn op basis van de gegevens in aanhangsel 1, zijn gegeven in tabel 4. De verklaarde variantie was in alle gevallen minimaal 99%, dat wil zeggen een vrijwel perfecte fit (zie fig.1).

Tabel 4 Maximale biomassa, groeiconstante en halfwaardetijd van verschillende boomsoorten afhankelijk van de geschiktheidsklasse.

Boomsoort	Maximale biomassa Y_{\max} ($m^3 \cdot ha^{-1}$)			Groeiconstante k_g (jr^{-1})			Halfwaardetijd $t_{0,5}$ (jr)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
grove den	555	436	206	0,0664	0,0670	0,0853	39	40	34
Cors. den	1084	838	643	0,0787	0,0591	0,0547	44	53	55
Oost. den	920	738	501	0,0615	0,0542	0,0554	50	54	54
douglas	1026	775	472	0,0766	0,0768	0,0716	37	37	38
fijnspar	1099	713	411	0,0877	0,0901	0,0883	48	49	50
lariks	553	428	234	0,1478	0,1487	0,1338	21	22	22
zomereik	955	741	524	0,0417	0,0429	0,0435	64	66	68
beuk	1042	814	560	0,0430	0,0426	0,0441	70	74	78

1, 2 en 3 zijn de drie onderscheiden geschiktheidsklassen.

Uit tabel 4 blijkt dat verschillen tussen bomen tot uiting komen in de maximale biomassa, de groeiconstante en de halfwaardetijd. De maximale stammasa varieert van $206 m^3 \cdot ha^{-1}$ voor grove den op bodems met geschiktheidsklasse 3 tot $1099 m^3 \cdot ha^{-1}$ voor fijnspar op bodems met geschiktheidsklasse 1. Vergelijking van de groeiconstante en halfwaardetijd laat zien dat loofbomen langzamer en langer groeien dan naaldbomen. Bij de naaldbomen is onderling overigens sprake van grote verschillen. De grove den groeit relatief lang en

traag, terwijl de lariks kort en snel groeit. De overige naaldbomen zijn onderling redelijk vergelijkbaar. De invloed van de geschiktheidsklasse op de groei komt hier overigens voornamelijk tot uiting in de maximale biomassa die bereikt wordt en minder in de groei-constante en halfwaardetijd.

Door het stamvolume, wat in de groei- en opbrengsttabellen wordt gegeven, te vermenigvuldigen met de dichtheid van het hout kan de biomassa van de stam worden berekend. Waarden hiervan, gebaseerd op Heilig (1981) zijn gegeven in tabel 5.

Tabel 5 Gemiddelde dichtheid van hout afhankelijk van de boomsoort.

Boomsoort	Dichtheid (kg.m ⁻³)
grove den	510
Corsicaanse/Oostenrijkse den	510
douglas	530
fijnspar	460
lariks	550
zomereik	700
beuk	700

De koppeling tussen bodemeenheid en gemiddelde biomassa toename (kg.ha⁻¹.jr⁻¹) kan worden gemaakt met behulp van de tabellen 2, 3 en 5. Wanneer de leeftijd van de boom bekend is kan tevens een relatie worden gelegd tussen bodemeenheid en actuele toename van biomassa.

2.1.2 Elementgehalten

Systematisch onderzoek naar de invloed van leeftijd en boniteit op de elementgehalten in de verschillende boomcompartimenten (stammen, takken, naalden en wortels) is zelden gedaan. Uitzondering hierop

vormt het onderzoek gedaan door Miller et al. (1980) op de Corsicaanse den in Groot Brittannië. De conclusie van dit onderzoek is dat elementgehalten niet afhankelijk zijn van de tijd. De afhankelijkheid van de boniteit verschilt per compartiment.

In tabel 6 zijn de resultaten van Miller et al. (1980) voor de stamgehalten samengevat.

Tabel 6 Elementgehalten in de stam van de Corsicaanse den voor drie verschillende boniteitsklassen (naar Miller et al., 1980).

Boniteit	Elementgehalten (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
I	0,07	0,005	0,04	0,05	0,014	0,010
II	0,06	0,005	0,04	0,05	0,013	0,010
III	0,05	0,004	0,03	0,05	0,013	0,010

De boniteitklassen zijn in deze tabel ingedeeld naar de Nederlandse groeiverwachting. Dit betekent dat de data van de originele boniteitsklasse 14, 10 en 6 van Miller et al. (1980) zijn gebruikt omdat die overeenkomen met de boniteit behorende bij de geschiktheidsklassen 1, 2 en 3 in Nederland.

Uit de tabel blijkt dat het elementgehalte in de stam van Corsicaanse den niet wordt beïnvloedt door boniteitsverschillen. Alle elementgehalten in deze tabel zijn min of meer gelijk voor de verschillende boniteitsklassen. Op grond van dit onderzoek is aangenomen dat elementgehalten in de stammen van de overige boomsoorten eveneens onafhankelijk zijn van leeftijd en boniteit.

Bij bovenstaande conclusie dient wel te worden bedacht dat elementgehalten in de loop van de tijd kunnen veranderen als gevolg van externe factoren zoals bemesting of atmosferische depositie. Zo is

in Nederland door De Visser (1986) een onderzoek uitgevoerd waarbij o.a. de elementgehalten in een zomereikopstand werden onderzocht in afhankelijkheid van de tijd (tabel 7). Uit tabel 7 blijkt dat in de loop der jaren sprake is van N en S ophoping in de stam die voor een groot deel te wijten is aan (de toename van) de zure depositie (met name NH_3).

Tabel 7 Elementgehalten in de stam van de zomereik in drie verschillende jaren (naar De Visser, 1986).

Jaar	Elementgehalten (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
1945	0,08	0,002	0,04	0,04	0,01	0,003
1965	0,10	0,002	0,07	0,02	0,01	0,003
1980	0,30	0,016	0,14	0,04	0,02	0,007

Ook bij P en K is sprake van een toename, maar de reden hiervoor is minder duidelijk. Vergelijking van deze gehalten met overige literatuurgegevens (zie aanhangsel 2 en tabel 8) laat ook zien dat alleen de gehalten van 1980 overeenkomstig zijn.

In aanhangsel 2 is een overzicht gegeven van de elementgehalten in de stam voor verschillende lokaties en bomen. In dit aanhangsel, evenals in alle hierna volgende aanhangsels, is tevens een genummerde literatuurverwijzing opgenomen. Het achtervoegsel k of c (b.v. 202k of 142c) wijst erop dat het gegeven is overgenomen uit de literatuurcompilatie van respectievelijk Kimmins et al. (1985 en Cannel (1982).

Uit de gegevens in aanhangsel 2 blijkt geen duidelijke relatie tussen het elementgehalte en de leeftijd van de boom. Dit komt overeen met de resultaten van Miller et al. (1980) voor de Corsicaanse den. Op basis van de gegevens in aanhangsel 2 zijn in

tabel 8 gemiddelde waarden van de elementgehalten gegeven in afhankelijkheid van boomsoort en klimaat (locatie). Uitzondering hierop vormt de Corsicaanse/Oostenrijkse den in overige klimaten waarvan gegevens ontbreken. Verder zijn de bijbehorende standaardafwijkingen, de gevonden minimum- en maximumwaarden en het aantal waarnemingen gegeven.

Tabel 8 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in stammen, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Element	Elementgehalten (%)												
		Gematigd zeeklimaat					Overige klimaten				Alle klimaten			
		n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%
grove den	N	7	0,12	33	0,08	0,18	8	0,11	62	0,05	0,23	15	0,11	48
	P	6	0,01	61	0,01	0,03	8	0,01	31	0,01	0,02	14	0,01	48
	K	7	0,05	39	0,02	0,08	8	0,05	56	0,03	0,10	15	0,05	47
	Ca	7	0,09	32	0,04	0,13	8	0,09	61	0,05	0,19	15	0,09	48
	Mg	7	0,02	20	0,01	0,02	5	0,02	35	0,02	0,03	12	0,03	27
	S	-	-	-	-	-	3	0,03	76	0,01	0,06	3	0,03	76
Corsicaanse/ Oostenrijkse den	N	5	0,08	25	0,06	0,11	-	-	-	-	-	5	0,08	25
	P	5	0,01	0	0,01	0,01	-	-	-	-	-	5	0,01	0
	K	5	0,05	17	0,04	0,06	-	-	-	-	-	5	0,05	17
	Ca	5	0,06	26	0,05	0,09	-	-	-	-	-	5	0,06	26
	Mg	5	0,02	34	0,01	0,02	-	-	-	-	-	5	0,02	34
douglas	N	5	0,11	14	0,08	0,12	16	0,08	40	0,05	0,17	21	0,08	36
	P	3	0,01	0	0,01	0,01	16	0,01	34	0,01	0,02	19	0,01	32
	K	5	0,04	41	0,02	0,07	16	0,05	45	0,01	0,08	21	0,05	43
	Ca	5	0,07	52	0,04	0,13	13	0,04	20	0,04	0,07	18	0,05	42
	Mg	5	0,01	0	0,01	0,01	12	0,01	0	0,01	0,01	17	0,01	0

vervolg tabel 8.

Boomsoort	Element	Elementgehalte (%)												
		Gematigd zeeklimaat				Overige klimaten				Alle klimaten				
		n	gem.	S%	min. max.	n	gem.	S%	min. max.	n	gem.	S%		
fijnspar	N	9	0,12	32	0,07	0,19	6	0,08	22	0,06	0,10	15	0,10	36
	P	9	0,01	38	0,01	0,02	7	0,01	33	0,01	0,02	16	0,01	36
	K	9	0,07	38	0,03	0,10	7	0,05	36	0,03	0,07	16	0,06	39
	Ca	9	0,14	34	0,10	0,24	7	0,10	44	0,05	0,18	16	0,12	39
	Mg	9	0,02	18	0,01	0,02	6	0,02	37	0,01	0,02	15	0,02	26
	S	-	-	-	-	-	1	0,01	0	0,01	0,01	-	-	-
lariks	N	2	0,12	12	0,11	0,13	1	0,12	0	0,12	0,12	3	0,12	8
	P	2	0,01	0	0,01	0,01	1	0,02	0	0,02	0,02	3	0,01	43
	K	2	0,04	0	0,04	0,04	1	0,16	0	0,16	0,16	3	0,08	87
	Ca	2	0,06	13	0,05	0,06	1	0,06	0	0,06	0,06	3	0,06	10
	Mg	2	0,01	0	0,01	0,01	1	0,03	0	0,03	0,03	3	0,02	69
zomereik	N	3	0,17	14	0,14	0,18	3	0,22	25	0,18	0,28	6	0,19	24
	P	3	0,01	0	0,01	0,01	4	0,01	39	0,01	0,02	7	0,01	38
	K	3	0,12	22	0,10	0,15	3	0,14	16	0,13	0,17	6	0,13	20
	Ca	3	0,31	42	0,16	0,40	4	0,48	21	0,34	0,56	7	0,41	34
	Mg	3	0,02	50	0,01	0,03	3	0,07	57	0,03	0,11	6	0,05	84
beuk	N	4	0,14	13	0,12	0,16	1	0,10	0	0,10	0,10	5	0,13	19
	P	4	0,02	39	0,01	0,02	1	0,01	0	0,01	0,01	5	0,01	39
	K	4	0,10	6	0,09	0,10	1	0,09	0	0,09	0,09	5	0,09	6
	Ca	4	0,11	42	0,08	0,17	1	0,05	0	0,05	0,05	5	0,09	48
	Mg	3	0,03	35	0,02	0,04	1	0,02	0	0,02	0,02	4	0,03	35
	S	-	-	-	-	-	1	0,01	0	0,01	0,01	1	0,01	0

n = aantal waarnemingen

S% = standaardafwijking in procenten ten opzichte van het gemiddelde

Uit tabel 8, blijkt dat de elementgehalten in het algemeen afnemen in de richting van N>Ca>K>Mg>P+S. Uitzonderingen hierop vormen de hoge Ca-gehalten in fijnspar en zomereik, die hoger zijn dan het N-gehalte. Deze volgorde komt overeen met de gegevens in tabel 6 voor de Corsicaanse den. Vergelijking van tabel 8 met tabel 6 laat voor deze boomsoort ook grote overeenkomsten zien.

De invloed van de boomsoort op de stamgehalten is in het algemeen vrij gering. De gehalten aan P en Mg zijn onafhankelijk van de boomsoort. Hetzelfde geldt waarschijnlijk voor S maar hierover zijn te weinig gegevens bekend. Voor de overige elementen (N, K, Ca) is er binnen de groep naaldbomen evenmin een duidelijke relatie met de boomsoort. Een uitzondering hierop is het eerder genoemde hoge Ca-gehalte in de fijnspar. De loofbomen hebben echter duidelijk hogere N-, K- en Ca-gehalten. Met name de zomereik heeft een erg hoog Ca-gehalte.

Met uitzondering van de zomereik zijn er geen duidelijke verschillen te constateren tussen gematigd zeeklimaat en overige klimaten. Bij deze boom zijn de stamgehalten voor de overige klimaten altijd hoger dan voor een gematigd zeeklimaat. Verder is bij de lariks alleen het K-gehalte voor overige klimaten veel hoger (0,16) dan voor gematigd zeeklimaat 0,04. De lariks komt met alle overige elementgehalten in de stam wel overeen met de andere naaldbomen. Overigens berust de gemiddelde waarde van overige klimaten slechts op 1 waarneming. Het is dan ook waarschijnlijk dat het K-gehalte van de lariks voor overige klimaten moet worden gezien als uitschieter. De waarde van 0,04 past namelijk veel beter bij de naaldbomen dan een K-gehalte van 0,16.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat N-, K- en Ca-gehalten in de stam duidelijk lager zijn in naaldbomen dan in loofbomen terwijl de P- en Mg-gehalten voor alle boomsoorten min of meer gelijk zijn, en dat er geen duidelijke verschillen zijn waar te nemen tussen de klimaatgroepen.

2.2 Takken

2.2.1 Biomassa

In aanhangsel 3 is een overzicht gegeven van de biomassa van takken voor verschillende boomsoorten en klimaten. Tevens is de bijbehorende biomassa van stammen gegeven op basis waarvan een tak-stamverhouding is berekend. Op basis van deze gegevens is nagegaan of er sprake is van een constante tak-stamverhouding ongeacht de leeftijd en boniteit. Wanneer dit namelijk zo is betekent dit dat de biomassa van de takken berekend kan worden met behulp van de groei- en opbrengsttabellen van de stam.

In fig. 2 zijn de tak-stamverhoudingen van aanhangsel 3 uitgezet tegen de biomassa van de stam. Door deze figuur met fig. 1 te combineren kan de tak-stamverhouding als functie van de leeftijd en de boniteit worden verkregen. Uit fig. 2 blijkt dat de tak-stamverhouding afneemt tot ca. $50 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ stammasse en daarna vrijwel constant is. Dit verloop is vooral bij naaldbomen goed te zien. Voor de loofbomen is dit minder en bovendien is de variatie in de tak-stamverhoudingen veel groter. Wanneer fig. 2 met fig. 1 wordt vergeleken dan blijkt $50 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ stammasse in het algemeen overeen te komen met 20 jaar. Dit betekent dat de tak-stamverhouding alleen tijdens de jeugdgroei veranderlijk is. In verhouding heeft een boom in zijn jeugd meer takken ten opzichte van de stam dan na de leeftijd van ca. 20 jaar.

In tabel 9 is een overzicht gegeven van gemiddelde tak-stamverhoudingen vanaf $50 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ stammasse met de bijbehorende standaardafwijking. Bovendien zijn het aantal waarnemingen en de minimum- en maximumwaarden vermeld.

Uit tabel 9 blijkt dat de naaldbomen lagere tak-stamverhoudingen hebben dan de loofbomen, met uitzondering van de Corsicaanse en Oostenrijkse den. Over het algemeen zijn er geen effecten van klimaatsverschillen waar te nemen in tabel 9 met uitzondering van

de zomereik en fijnspar (overigens is dit verschil precies omgekeerd). Uit aanhangsel 3, blijkt overigens dat dit verschil in tak-stamverhouding voornamelijk wordt veroorzaakt door verschillen in stammassa's terwijl het verschil in takmassa's niet zo groot is.

Tabel 9 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van de tak-stamverhouding vanaf 50 ton stammassa, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Klimaat	n	Tak-stamverhouding (kg kg ⁻¹)				
			gem.	S%	min.	max.	
grove den	zee	7	0,15	32,4	0,10	0,24	
	overig	14	0,14	30,0	0,09	0,24	
	alle	21	0,15	30,1	0,09	0,24	
Cors./Oost. den	zee	4	0,29	78,0	0,12	0,61	
	douglas	zee	2	0,11	33,7	0,08	0,13
	overig	25	0,10	38,8	0,15	0,26	
fijnspar	alle	27	0,10	37,8	0,08	0,26	
	zee	6	0,14	18,9	0,10	0,18	
	overig	26	0,18	39,5	0,09	0,35	
lariks	alle	32	0,17	39,2	0,09	0,35	
	overig	3	0,15	24,0	0,11	0,18	
	zomereik	zee	8	0,34	52,8	0,13	0,63
beuk	overig	5	0,21	71,3	0,08	0,37	
	alle	13	0,29	60,3	0,08	0,63	
	zee	10	0,27	45,9	0,14	0,57	
beuk	overig	6	0,22	65,6	0,11	0,45	
	alle	16	0,25	51,7	0,11	0,57	
	zee	10	0,27	45,9	0,14	0,57	

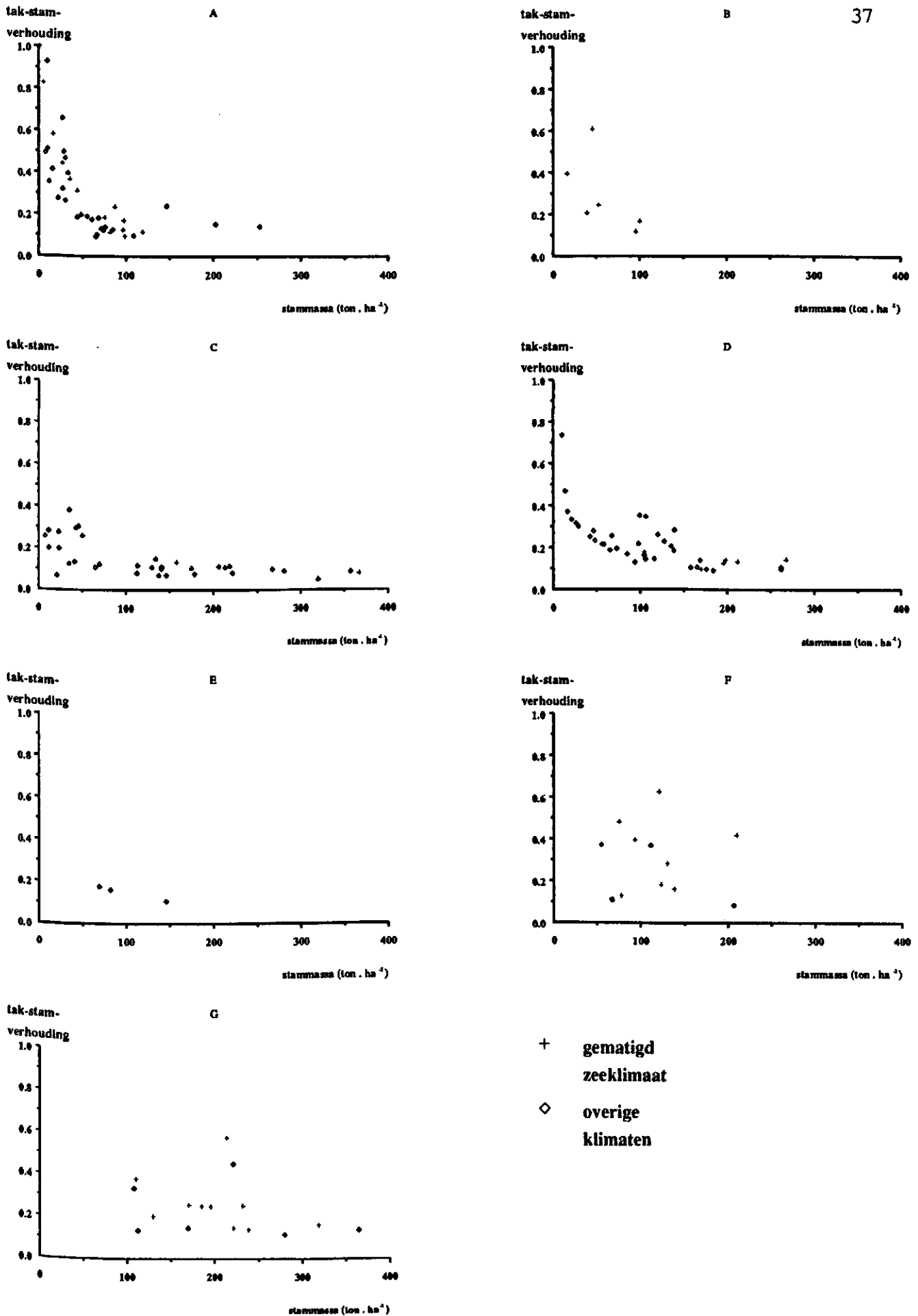


Fig. 2 Tak-stamverhoudingen van naald- en loofbomen als functie van de biomassa van de stam.

A) grove den B) Corsicaanse/Oostenrijkse den C) douglas
D) fijnspar E) lariks F) zomereik G) beuk.

2.2.2 Elementgehalten

Net als bij de stammen zijn ook bij de takken de gegevens uit het onderzoek van Miller et al. (1980) gebruikt teneinde enig inzicht te hebben in de invloed van de boniteit op de elementgehalten. De resultaten van dit onderzoek zijn samengevat in tabel 10.

Tabel 10 Elementgehalten in de takken van de Corsicaanse den voor drie verschillende boniteitsklassen (naar Miller et al., 1980).

Boniteit klasse	Elementgehalten (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
I	0,30	0,033	0,20	0,31	0,06	0,014
II	0,25	0,031	0,18	0,34	0,06	0,014
III	0,22	0,029	0,17	0,37	0,06	0,014

Uit tabel 10 blijkt dat er voor de elementgehalten in de takken met name voor stikstof en calcium effecten van boniteitsverschillen te ontdekken zijn. Bij betere groeiomstandigheden neemt het N-gehalte toe en het Ca-gehalte neemt juist enigszins af. Voor fosfor en kalium zijn de effecten van boniteitsverschillen klein. Bij betere groeiomstandigheden nemen het P- en K-gehalte iets toe. Voor magnesium en zwavel zijn er geen verschillen te zien. Gezien de veelal kleine verschillen is op basis van dit onderzoek aangenomen dat de invloed van de boniteit op de elementgehalten in takken verwaarloosbaar is. Hetzelfde geldt voor de leeftijd waarvoor Miller et al. (1980) geen significante effecten vonden.

In aanhangsel 4 is een overzicht gegeven van de elementgehalten in de takken voor verschillende lokaties en bomen. Conform de gegevens van Miller et al. (1980) voor Corsicaanse den op één lokatie blijkt hieruit geen duidelijke relatie tussen elementgehalten in takken en

leeftijd van de boom. Op basis van de gegevens in aanhangsel 4 zijn in tabel 11 gemiddelde waarden van de elementgehalten gegeven in afhankelijkheid van boomsoort en klimaat. Tevens zijn de bijbehorende standaardafwijking, de gevonden minimum- en maximumwaarden en het aantal waarnemingen gegeven. Voor Corsicaanse/Oostenrijkse den (overige klimaten), van douglas (gematigd zeeklimaat) en en lariks (beide klimaatgroepen) ontbreken de gegevens.

Tabel 11 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in takken, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Element	Elementgehalten (%)												
		Gematigd zeeklimaat			Overige klimaten			Alle klimaten						
		n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%
grove den	N	5	0,38	14	0,32	0,43	4	0,42	5	0,39	0,44	9	0,40	11
	P	5	0,04	20	0,04	0,06	4	0,05	10	0,05	0,06	9	0,05	17
	K	5	0,21	19	0,17	0,27	4	0,20	9	0,18	0,22	9	0,20	15
	Ca	5	0,19	20	0,15	0,25	4	0,29	17	0,24	0,35	9	0,24	27
	Mg	5	0,05	25	0,04	0,07	1	0,06	0	0,06	0,06	6	0,05	23
Corsicaanse/ Oostenrijkse den	N	4	0,31	19	0,22	0,34	-	-	-	-	-	4	0,31	19
	P	4	0,04	26	0,03	0,05	-	-	-	-	-	4	0,04	26
	K	4	0,22	20	0,18	0,26	-	-	-	-	-	4	0,22	20
	Ca	4	0,42	17	0,31	0,46	-	-	-	-	-	4	0,42	17
	Mg	4	0,07	13	0,06	0,08	-	-	-	-	-	4	0,07	13
douglas	N	-	-	-	-	-	13	0,31	22	0,21	0,41	13	0,31	22
	P	-	-	-	-	-	13	0,06	25	0,04	0,07	13	0,06	25
	K	-	-	-	-	-	12	0,26	38	0,15	0,49	12	0,26	38
	Ca	-	-	-	-	-	9	0,50	16	0,35	0,61	9	0,50	16
	Mg	-	-	-	-	-	10	0,06	42	0,02	0,10	10	0,06	42

vervolg tabel 11.

Boomsort	Element	Elementgehalten (%)												
		Gematigd zeeklimaat			Overige klimaten			Alle klimaten						
		n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%
fijnspar	N	4	0,71	24	0,53	0,86	5	0,46	17	0,37	0,58	9	0,57	31
	P	4	0,09	39	0,06	0,12	5	0,06	20	0,04	0,07	9	0,07	41
	K	4	0,63	5	0,60	0,65	5	0,16	17	0,13	0,20	9	0,37	67
	Ca	4	0,23	19	0,19	0,27	5	0,42	24	0,28	0,55	9	0,34	37
	Mg	3	0,08	25	0,07	0,11	4	0,06	10	0,05	0,06	8	0,07	28
zomereik	N	2	0,25	45	0,17	0,33	3	0,45	10	0,41	0,50	5	0,37	35
	P	2	0,02	71	0,01	0,03	3	0,04	16	0,03	0,04	5	0,03	41
	K	2	0,18	0	0,18	0,18	3	0,20	12	0,18	0,23	5	0,19	11
	Ca	2	0,42	3	0,48	0,43	4	0,85	35	0,52	1,11	6	0,70	45
	Mg	2	0,03	28	0,02	0,03	3	0,06	18	0,05	0,07	5	0,05	48
beuk	N	3	0,36	15	0,30	0,40	1	0,67	0	0,67	0,67	4	0,44	37
	P	3	0,04	25	0,03	0,05	1	0,06	0	0,06	0,06	4	0,04	29
	K	3	0,13	8	0,12	0,14	1	0,23	0	0,23	0,23	4	0,16	33
	Ca	3	0,24	15	0,20	0,27	1	0,38	0	0,38	0,38	4	0,27	28
	Mg	2	0,02	0	0,02	0,02	1	0,04	0	0,04	0,04	3	0,03	43
	S	--	--	--	--	--	1	0,04	0	0,04	0,04	1	0,04	0

Over het algemeen nemen de elementgehalten af in de richting N > Ca > K > Mg+P. Zwavel ligt waarschijnlijk in de orde van grootte van P en Mg gezien het S gehalte in de beuk.

Uit tabel 11 blijkt verder dat er geen duidelijke verschillen zijn tussen de boomsoorten met uitzondering van het N-, P- en K-gehalte van de fijnspar in gematigd zeeklimaat dat duidelijk hoger is dan de overige boomsoorten. Wat verder opvalt is de grote variatie bij

stikstof (0,25-0,71) en calcium (0,13-0,63). Wanneer de in tabel 10 vermelde elementgehalten in de takken van de Corsicaanse den vergeleken worden met de gegevens voor deze boom in tabel 11 dan blijkt dat het Ca-gehalte in tabel 11 veel hoger is. De overige elementgehalten vertonen geen verschillen.

Met betrekking tot het klimaat blijkt uit de tabel dat bij de overige klimaten de elementgehalten hoger zijn dan bij het gematigd zeeklimaat, uitgezonderd de fijnspar, die juist voor gematigd zeeklimaat hogere gehalten heeft.

Wanneer de elementgehalten in de takken vergeleken worden met de elementgehalten in de stam (tabel 8), dan blijkt dat voor alle elementen de gehalten in de stam beduidend lager liggen dan die van de takken. Dit geldt voor alle boomsoorten en alle klimaten.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de elementgehalten in de takken evenals in de stammen afnemen in de richting van $N > Ca > K > P+Mg$; dat geen duidelijke verschillen zijn tussen de boomsoorten hoewel er een grote variatie is in N- en Ca-gehalten en dat over het algemeen de elementgehalten voor gematigd zeeklimaat wat lager zijn dan die van de overige klimaten.

2.3 Naalden

2.3.1 Biomassa

In aanhangsel 5 is een overzicht gegeven van de biomassa van naalden en bladeren voor de verschillende boomsoorten en klimaten. Tussen de naald- en loofbomen is op voorhand al een duidelijk verschil in naaldmassa te verwachten. De naaldbomen hebben immers naalden die meerdere jaargangen meegaan, terwijl de loofbomen ieder jaar een volledig nieuw bladerdek krijgen. In fig. 3 zijn de gegevens uit aanhangsel 5 uitgezet tegen de tijd.

Uit fig. 3 blijkt dat de gemiddelde naaldmassa van alle naaldbomen samen ongeveer 10 ton.ha^{-1} is. De loofbomen hebben een gemiddelde bladmassa van ongeveer 3 ton.ha^{-1} . Uit fig. 3 blijkt geen duidelijke relatie tussen naaldmassa en leeftijd. Zo is er ook geen duidelijk afwijkend verloop voor bomen jonger dan 20 jaar te zien zoals bij de tak-stamverhouding. Het aantal gegevens beneden deze leeftijd is echter zeer gering. In de Nederlandse bossen zal de naaldmassa tot deze leeftijd vrijwel zeker toenemen.

Op basis van de gegevens in aanhangsel 5 zijn de gemiddelde waarden voor de naald- en bladmassa en de bijbehorende standaardafwijking berekend. Deze zijn in tabel 12 weergegeven, samen met het aantal waarnemingen en de minimum- en maximumwaarde.

Tabel 12 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van de biomassa van naalden vanaf 50 jaar, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Klimaat	n	Biomassa (kg.ha^{-1})			
			gem.	S%	min.	max.
grove den	zee	17	7470	36,5	4500	12500
	overig	17	6340	63,0	2300	15100
	alle	34	6900	49,5	2300	15100
Cors./Oost. den	zee	3	7230	49,0	4800	11300
douglas	zee	2	10850	41,4	7700	14000
	overig	31	9720	29,2	3390	16000
	alle	33	9790	29,3	3390	16000
fijnspar	zee	9	16600	13,8	12660	19800
	overig	35	12190	37,4	5500	24600
	alle	44	13170	34,6	5500	24600
lariks	overig	3	4330	15,4	3600	4900

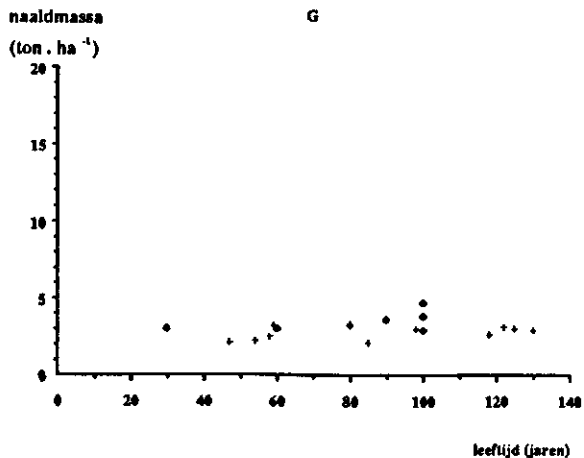
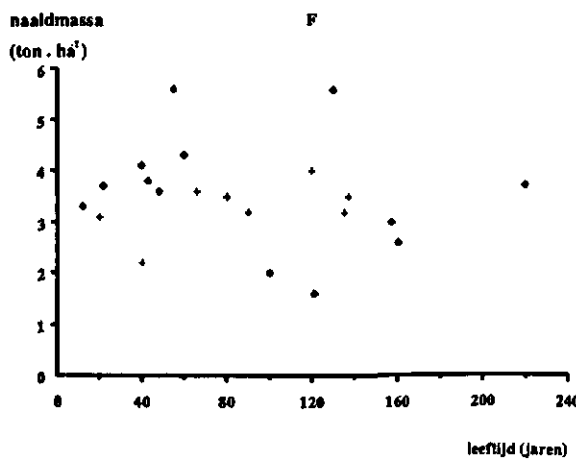
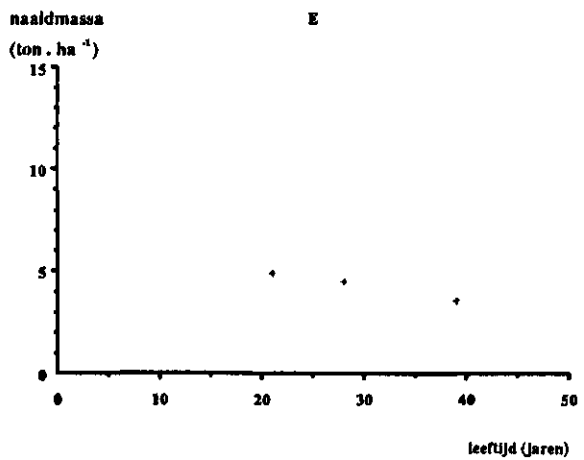
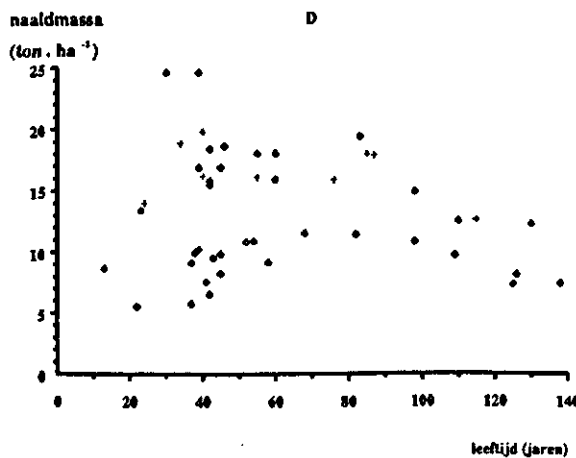
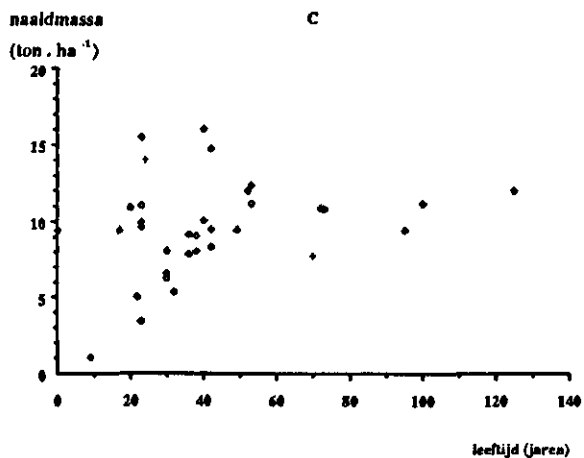
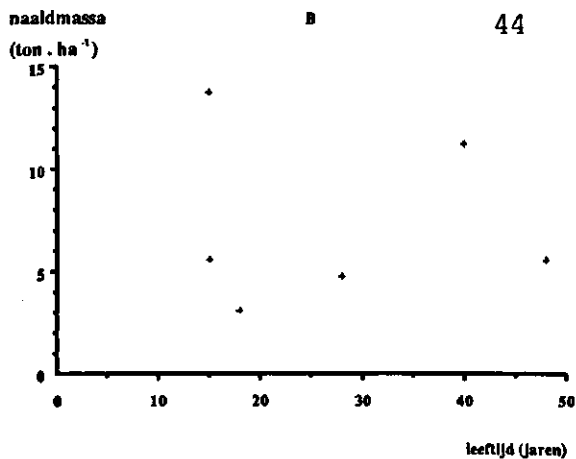
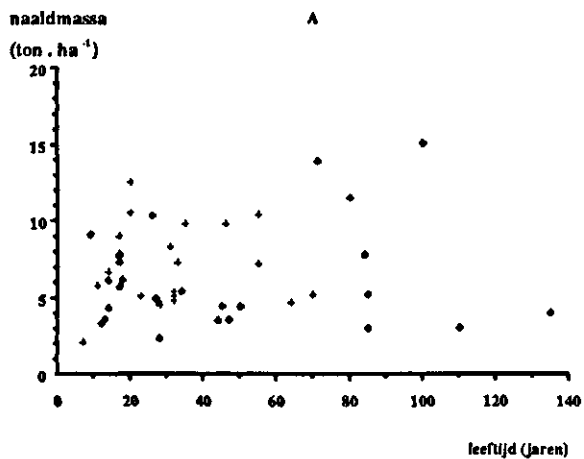
vervolg tabel 12.

Boomsoort	Klimaat	n	Biomassa (kg.ha ⁻¹)			
			gem.	S%	min.	max.
zomereik	zee	9	3310	15,0	2200	4000
	overig	12	3630	33,9	1600	5600
	alle	21	3490	28,0	1600	5600
beuk	zee	18	2860	14,6	2100	3500
	overig	6	3500	19,8	2900	4700
	alle	24	3020	18,6	2100	4700

Wanneer de naaldmassa van opstanden onder de 20 jaar sterk afweek van de overige opstanden (b.v. een douglasopstand van 9 jaar: zie aanhangsel 5) dan is deze waarde niet meegenomen.

Uit tabel 12 blijkt dat er een duidelijk verschil is tussen naald- en loofbomen. Daarbij moet in dit geval de lariks in feite tot loofboom worden gerekend omdat hij jaarlijks al zijn naalden verliest (zie ook par. 3.1). De lariks heeft dan ook een naaldmassa die sterk overeenkomt met de loofbomen. Binnen de naaldbomen zijn er echter ook grote verschillen. Zo heeft de fijnspar gemiddeld een twee maal zo hoge naaldmassa (ca. 13 ton.ha⁻¹) dan de grove den (ca. 6,5 ton.ha⁻¹). Het effect van klimaat op de naaldmassa lijkt over het algemeen vrij gering.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de biomassa van de naalden vanaf ca. 20 jaar geen afhankelijkheid vertoont van de tijd, de naaldbomen in vergelijking tot loofbomen een veel hogere naaldmassa hebben en dat het klimaat weinig invloed lijkt te hebben op de naaldmassa. Bij de conclusie met betrekking tot het klimaat moet uiteraard worden bedacht dat dit slechts betrekking heeft op de uiterst grove klimaatsindeling die gebruikt is.



+ gematigd
zeeklimaat
◇ overige
klimaten

Fig. 3 Biomassa van naalden en bladeren als functie van de leeftijd van de boom.

A) grove den B) Corsicaanse/Oostenrijkse den C) douglas

D) flinpan E) lariks F) zomersoik G) beuk

2.3.2 Elementgehalten

Om de invloed van de boniteit op het elementgehalte in naalden na te gaan is, net als bij de stammen en takken, gebruik gemaakt van het onderzoek van Miller et al. (1980). De elementgehalten in de naalden voor de drie verschillende boniteitsklassen zijn gegeven in tabel 13.

Tabel 13 Elementgehalten in de naalden van Corsicaanse den voor drie verschillende boniteitsklassen.

Boniteits- klasse	Elementgehalten (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
I	1,19	0,129	0,69	0,35	0,099	0,095
II	0,96	0,127	0,67	0,39	0,105	0,094
III	0,81	0,126	0,61	0,42	0,113	0,094

(Miller et al., 1980)

De volgorde van de elementen in tabel 13 neemt af in de richting $N > K > Ca > P > Mg+S$. Uit deze tabel blijkt dat de N-, K-, Ca- en Mg-gehalten in de naalden veranderen bij de verschillende boniteiten. Vooral het N-gehalte neemt toe bij betere groeiomstandigheden. Hetzelfde geldt in mindere mate voor K, terwijl het Mg- en Ca-gehalte afneemt bij betere groeiomstandigheden. Voor P en S is er geen sprake van een effect. Een algemene conclusie uit tabel 13 is dat, met uitzondering van N, het effect van de boniteit op de elementgehalten in naalden zeer gering is. Hetzelfde vonden Miller et al. (1980) voor het effect van de leeftijd.

In aanhangsel 6 is een overzicht gegeven van de elementgehalten in de naalden voor verschillende lokaties en bomen. De gegevens zijn daarbij gesplitst naar naaldjaargang voorzover hierover informatie aanwezig was. Wanneer in de aanhangsel geen verdere vermelding is

gegeven, dan hebben de gegevens betrekking op de eerste naaldjaargang.

Uit het aanhangsel blijkt dat de N- en K-gehalten in het algemeen afnemen, terwijl het Ca-gehalte juist toeneemt in de oudere naaldjaargangen. De gehalten van Mg, P en S blijven redelijk constant. Een uitzondering op het bovenstaande vormen overigens de naaldgehalten in een achttal douglasopstanden in Nederland waarvan het N-gehalte juist toeneemt in de oudere naaldjaargangen, wat samenhangt met de extreem hoge N-belasting in ons land (Oterdoom et al., in concept). In het nu volgende wordt ingegaan op de resultaten met betrekking tot de eerste naaldjaargang, omdat hierover de meeste gegevens bekend zijn. Evenals dit bij stammen en takken het geval was blijkt ook hier geen duidelijke relatie tussen leeftijd van de opstand en naaldgehalte. Dit conform de resultaten van Muller et al. (1980) voor Corsicaanse den op één lokatie.

Op basis van de gegevens in aanhangsel 6 zijn in tabel 14 de gemiddelde waarden van de elementgehalten in de naalden gegeven, met de bijbehorende standaardafwijking en de gevonden minimum- en maximumwaarde.

Tabel 14 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in naalden, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Element	Elementgehalten (%)												
		Gematigd zeeklimaat			Overige klimaten			Alle klimaten						
		n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%
grove den	N	7	1,33	15	1,04	1,70	8	1,23	7	1,04	1,35	15	1,28	12
	P	8	0,13	12	0,11	0,15	7	0,14	21	0,10	0,19	15	0,13	17
	K	8	0,51	19	0,33	0,59	8	0,50	19	0,42	0,72	16	0,51	18
	Ca	8	0,35	50	0,11	0,62	8	0,35	27	0,23	0,52	16	0,35	39
	Mg	8	0,08	13	0,06	0,09	5	0,12	32	0,07	0,17	13	0,12	31
	S	1	0,04	0	0,04	0,04	4	0,10	72	0,04	0,21	5	0,09	78
Corsicaanse/ Oostenrijkse den	N	5	1,04	32	0,65	1,55	-	-	-	-	-	5	1,04	32
	P	5	0,12	29	0,07	0,16	-	-	-	-	-	5	0,12	29
	K	5	0,55	21	0,38	0,68	-	-	-	-	-	5	0,55	21
	Ca	5	0,52	29	0,35	0,74	-	-	-	-	-	5	0,52	29
	Mg	5	0,11	16	0,08	0,12	-	-	-	-	-	5	0,11	16
douglas	N	9	2,53	23	1,27	2,98	17	1,11	20	0,84	1,62	26	1,60	49
	P	9	0,09	8	0,08	0,10	17	0,21	40	0,01	0,35	26	0,17	53
	K	9	0,43	14	0,36	0,53	17	0,65	22	0,43	0,91	26	0,57	28
	Ca	9	0,33	50	0,18	0,74	14	0,73	36	0,42	1,41	23	0,57	52
	Mg	9	0,10	28	0,08	0,17	12	0,12	32	0,07	0,22	21	0,11	32
	S	8	0,22	10	0,19	0,26	2	0,22	9	0,21	0,24	10	0,22	9
fijnspar	N	4	1,34	8	1,27	1,50	8	1,13	11	1,00	1,32	12	1,20	13
	P	4	0,13	31	0,08	0,16	8	0,14	31	0,09	0,21	12	0,14	30
	K	4	0,68	3	0,66	0,70	8	0,52	23	0,39	0,68	12	0,57	22
	Ca	4	0,38	10	0,32	0,40	7	0,69	31	0,46	0,97	11	0,57	40
	Mg	3	0,06	54	0,03	0,09	7	0,11	56	0,05	0,23	10	0,10	65

vervolg tabel 14.

Boomsoort	Element	Elementgehalten (%)								
		Gematigd zeeklimaat			Overige klimaten			Alle klimaten		
		n	gem. S%	min. max.	n	gem. S%	min. max.	n	gem. S%	
lariks	N	1	1,70	0 1,70 1,70	1	1,97	0 1,97 1,97	2	1,84	10
	P	1	0,34	0 0,34 0,34	1	0,14	0 0,14 0,14	2	0,24	59
	K	1	1,11	0 1,11 1,11	1	0,81	0 0,81 0,81	2	0,96	22
	Ca	1	0,48	0 0,48 0,48	1	0,38	0 0,38 0,38	2	0,43	16
	Mg	1	0,15	0 0,15 0,15	1	0,18	0 0,18 0,18	2	0,17	13
zomereik	N	5	2,37	7 2,09 2,55	5	1,84	22 1,20 2,19	10	2,11	19
	P	5	0,13	17 0,11 0,17	5	0,18	39 0,10 0,24	10	0,15	35
	K	5	0,94	22 0,71 1,14	6	1,41	30 0,82 1,79	11	1,20	34
	Ca	5	0,94	49 0,45 1,55	6	1,35	35 0,87 2,12	11	1,17	42
	Mg	5	0,18	31 0,13 0,27	4	0,34	24 0,24 0,41	9	0,25	41
	S	-	-	- - -	2	0,32	2 0,31 0,32	2	0,32	2
beuk	N	3	2,88	5 2,74 3,00	1	2,78	0 2,78 2,78	4	2,86	4
	P	3	0,17	15 0,15 0,20	1	0,17	0 0,17 0,17	4	0,17	12
	K	3	0,88	9 0,80 0,95	1	0,64	0 0,64 0,64	4	0,82	17
	Ca	3	0,41	28 0,30 0,53	1	0,56	0 0,56 0,56	4	0,45	27
	Mg	2	0,08	9 0,07 0,08	1	0,19	0 0,19 0,19	3	0,11	59

Uit tabel 14 blijkt dat voor alle boomsoorten en klimaten het N-gehalte de hoogste waarde heeft. K en Ca zitten in de middenpositie, en P, Mg en S zijn het laagste. Over het algemeen heeft K een hogere waarde dan Ca.

Tussen de boomsoorten zijn er duidelijke verschillen. De naaldbodem hebben over het algemeen wat lagere elementgehalten dan loofbomen. Een mogelijke uitzondering hierop is de lariks, maar dit berust

slechts op één waarneming (zie ook aanhangsel 6). Het is dus mogelijk dat het hier om een uitschieter gaat.

De invloed van het klimaat is over het algemeen gering, met uitzondering van douglas en zomereik waarvan het N-gehalte bij een gematigd zeeklimaat hoger is terwijl zijn ten opzichte van de recent Nederlands onderzoek (zie eerder). Deze hoge N-gehalten in de naalden van de douglas worden toegeschreven aan een verhoogde N-belasting in Nederland voornamelijk als gevolg van NH_3 emissie. Uit de literatuur blijkt dat toename van het N-gehalte (Ingestad and Kahr, 1985; Andersen, 1986). Andere recente gegevens over de naaldsamenstelling van boomsoorten in ons land wijzen eveneens op hoge N-gehalten en veelal wat lagere Ca- en Mg-gehalten dan die vermeld in tabel 14 (Van den Burg et al., 1988; Van den Burg en Kiewit, 1989).

Wanneer de elementgehalten in de naalden vergeleken worden met die in de stammen en de takken blijkt dat de naaldgehalten voor alle boomsoorten het hoogst zijn.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de naaldgehalten veelal afnemen in de richting $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{P} + \text{Mg} + \text{S}$; de loofbomen hogere elementgehalten hebben dan naaldbomen en dat de invloed van het klimaat op de naaldgehalten veelal gering is.

2.4 Wortels

2.4.1 Biomassa

2.4.1.1 Inleiding

Bij het weergeven van gegevens met betrekking tot de wortelmasa is het essentieel een onderscheid te maken in grove wortels (inclusief stronken) die essentieel zijn voor de verankering van de boom en fijne wortels die verantwoordelijk zijn voor de water en nutriënt

opname. Hoewel het aandeel van fijne wortels aan de totale wortel-massa veelal niet hoger is dan 10-20% (zie o.a. Lyr en Hoffman, 1967; Józefaciukowa, 1975; Harris et al., 1977), is het aandeel aan de totale wortellengte ca. 85-100% (Persson, 1980b). Naast water- en nutriëntopname spelen fijne wortels een essentiële rol in de nutriëntenkringloop als gevolg van een continue afsterving en bijgroei. Voor het verkrijgen van inzicht in de elementfluxen als gevolg van wortelsterfte is derhalve informatie over fijne wortels essentieel. Hierbij gaat het om wortels met een met diameter kleiner dan 2 mm, hoewel soms ook waarden van 1 mm (Santantonio en Hermann, 1985) en 3 mm (bijv. McClaugherty et al., 1982) worden aangehouden.

Helaas zijn er in de literatuur zeer weinig gegevens over de fijne wortel-massa, wat samenhangt met het bewerkelijke karakter van de bepaling ervan. Dit in tegenstelling tot de totale wortel-massa waar veel meer literatuurwaarden van zijn. Informatie hierover is echter wel relevant aangezien er een relatie is tussen de fijne en totale wortel-massa. In de volgende subparagrafen wordt eerst ingegaan op de totale wortel-massa en vervolgens worden de schaarse literatuur-gegevens over de fijne wortel-massa besproken.

2.4.1.2 Totale wortel-massa

De gegevens over de totale biomassa van wortels zijn vermeld in aanhangsel 7. In fig. 4 is op basis van deze gegevens voor verschillende boomsoorten de biomassa van de wortels uitgezet tegen de leeftijd van de opstand. Uit de figuur is voor de loofbomen geen relatie te zien tussen de totale wortel-massa en de leeftijd van de opstand, die overigens vrijwel altijd hoger is dan 20 jaar. Er is wel een enorme variatie tussen de gegevens. Bij de naaldbomen geldt hetzelfde voor fijnspar en douglas. Opvallend is bij douglas de extreem lage waarde bij een opstand van 9 jaar. Van grove den zijn wel relatief veel gegevens van jonge opstanden en hieruit blijkt een duidelijke trend tot een leeftijd van ca. 20 jaar (de periode van

jeugdgroei). De schaarse gegevens voor Corsicaanse/Oostenrijkse den) bevestigen dit eveneens. Op basis hiervan kan voorzichtig worden geconcludeerd dat na ca. 20 - 25 jaar de wortelmassa waarschijnlijk vrij constant is. Er is dan alleen nog sprake van afsterving en bijgroei van fijne wortels. Daarom is met behulp van de gegevens uit aanhangsel 7 een gemiddelde waarde voor de wortelmassa vanaf 20 jaar berekend. Deze staan, samen met de bijbehorende standaardafwijking, het aantal waarnemingen en de minimum- en maximumwaarde, in tabel 15 vermeld.

Tabel 15 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden voor de totale biomassa van wortels vanaf 20 jaar, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Klimaat	n	Biomassa (kg.ha ⁻¹)			
			gem.	S%	min.	max.
grove den	zee	4	31500	13,5	27700	36100
	overig	11	34460	115,1	7040	137600
	alle	15	33670	99,8	7040	137600
Cors./Oost. den	zee	1	33300	0,0	33300	33300
douglas	zee	1	67000	0,0	67000	67000
	overig	10	27800	55,2	10000	57600
	alle	11	31360	59,8	10000	67000
fijnspar	zee	5	64830	25,4	35560	74900
	overig	24	32030	69,1	6200	77600
	alle	29	37690	65,0	6200	77600
lariks	overig	1	34800	0,0	34800	34800
zomereik	zee	11	29470	40,0	11300	51200
	overig	10	44640	55,0	16750	97300
	alle	21	36700	54,6	11300	97300
beuk	zee	9	43360	41,6	22080	74000
	overig	8	43110	22,6	27000	54700
	alle	17	43250	33,1	22080	74000

Uit tabel 15 blijkt dat voor alle boomsoorten een gemiddelde biomassa van ca. $35 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ kan worden aangehouden. Dit is bij naaldbomen vrijwel volledig gebaseerd op de gegevens van overige klimaten. Dit geldt niet voor de zomereik en beuk. Bij deze twee loofbomen is het klimaatseffect overigens precies omgekeerd, zodat over het effect van het klimaat op de biomassa op basis van deze gegevens geen duidelijke conclusie kan worden getrokken.

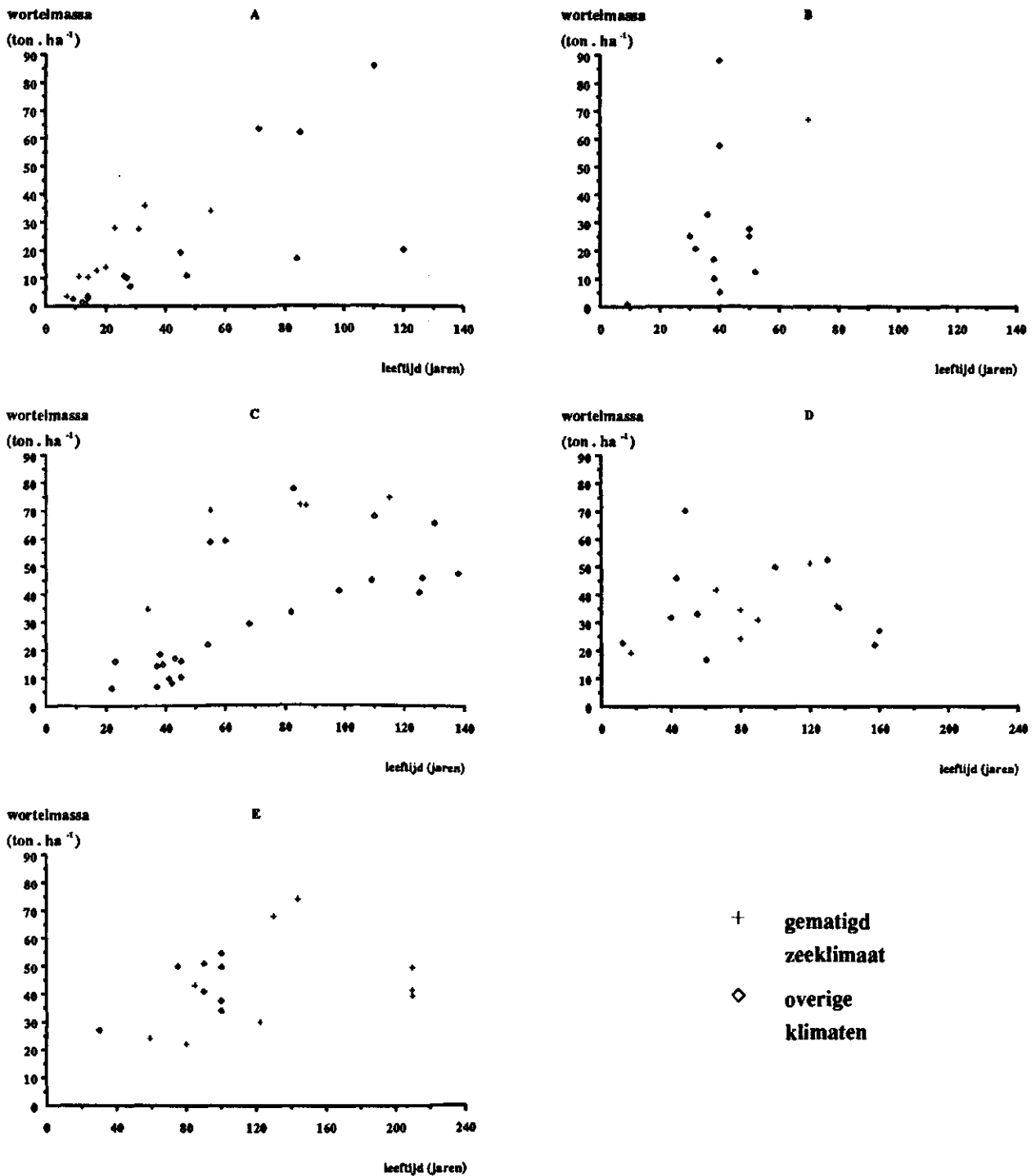


Fig. 4 Biomassa van wortels als functie van de leeftijd van de boom.
 A) grove den B) douglas C) fijnspar D) zomereik E) beuk

2.4.1.3 Fijne wortelmasa

Zoals gezegd in de inleiding (par. 2.4.1.1) is de fijne wortelmasa relatief gering (ca. 10-20%) ten opzichte van de totale wortelmasa. Zo bleek uit zeer recent onderzoek in een achttal douglas-opstanden in Nederland dat de fijne wortelmasa (< 2 mm) gemiddeld ca. 3,5 ton.ha⁻¹ was in een bodemlaag van 0-60 cm (Oterdoom et al., in concept). Vergelijking met de gemiddelde totale wortelmasa van douglas in tabel 15 leidt tot een aandeel van ca. 10%. Overigens is in deze studie niet gekeken naar de hoeveelheid fijne wortels in de strooisellaag. Literatuurgegevens met betrekking tot de verdeling van fijne wortels van verschillende naald- en loofbomen wijzen erop dat ca. 20-50% van de fijne wortels zich in de strooisellaag bevindt (Grier et al., 1981; McClaugherty et al., 1982; Persson, 1983). Dit betekent dat de fijne wortelmasa mogelijk ca. 20% van de totale wortelmasa in deze opstanden is geweest.

Wat de verdeling van de fijne wortels met de diepte betreft blijkt uit de literatuur dat in het algemeen ca. 90% zich in de bovenste 30 cm bevindt (inclusief de strooisellaag). De gegevens van Oterdoom et al. (in concept) wijzen echter op een meer gelijkmatige verdeling met de diepte wat waarschijnlijk samenhangt met het feit dat al de bos opstanden vergraven waren. Dit is overigens de algemene situatie van bosbodems in Nederland.

Teneinde meer inzicht te krijgen in de fijne wortelmasa en de verhouding ten opzichte van de totale wortelmasa, zijn in tabel 16 alle beschikbare gegevens weergegeven. Omdat de literatuurgegevens zo schaars zijn is daarbij geen beperking aangebracht met betrekking tot de boomsoort.

Tabel 16 Literatuurgegevens over de biomassa van fijne, middelgrove en grove wortels in verschillende bosopstanden.

Boomsoort	Leeftijd (jr)	Wortel-biomassa (kg.ha ⁻¹)				Referentie
		fijn	middel-grof	grof	totaal	
grove den	18	260 ¹	240 ⁷	-	-	Persson (1978, 1980a)
" "	28	3490 ⁴	-	3550	7040	Malkönen (1974)
" "	45	4080 ⁴	-	15200	19280	"
" "	47	4120 ⁴	-	8270	12390	"
" "	120	1250 ¹	1880 ⁷	-	-	Persson (1979, 1980b)
" "	140	2950 ⁴	-	17140	20090	Bingmark (1977)
Pinus Taeda	-	2880 ³	1420 ⁶	17200	21500	Harris et al. (1977)
Pinus Resionasa	53	5100 ²	-	-	-	McClagherty et al. (1982)
douglas goed [*])	40	2700 ¹	1800 ⁵	83600	88100	Keyes en Grier (1981)
" slecht	40	8300 ¹	2200 ⁵	47100	57600	" " "
" nat	120	7440 ³	-	-	-	Santantonio en
" gem.	170	7690 ³	-	-	-	Hermann (1985)
" droog	70	5820 ³	-	-	-	
Abies	23	9240 ³	-	15500	24740	Grier et al. (1981)
Abimilis	80	12790 ³	-	124920	137710	" " "
fijnspar	23	4740 ³	-	11070	15810	Tamm (1975)
"	55	2000 ¹	4500 ⁷	52000	58500	Nihlgard (1972)
"	85	2000 ³	-	70000	72000	Ulrich et al. (1974)
Sitkaspar	16	3530 ¹	1370 ⁵	20100	25000	Deans (1981)
gemengd naald (den-spar)	-	1870 ³	-	-	-	Kimmins en Hawkes (1978)

vervolg tabel 16.

Boomsoort	Leeftijd (jr)	Wortel-biomassa (kg.ha ⁻¹)				Referentie
		fijn	middel- grof	grof	totaal	
Beuk	90	6000 ¹	8000 ⁷	37000	51000	Nihlgard (1972)
Gemengd loof (Eik-populier)	-	7560 ³	2810 ⁶	25630	36000	Harris et al. (1977)
gemengd loof (Eik-Beuk)	80	6100 ²	-	-	-	McClagherty et al. (1982)

*) = De waarden goed, slecht, nat, gemiddeld en droog hebben betrekking op de groeiplaats.

1 = <2 mm, 2 = <3 mm, 3 = <5 mm, 4 = <10 mm, 5 = 2-5 mm, 6 = 5-10 mm, 7 = 2-10 mm.

De waarden in tabel 16 zijn jaargemiddelden. Over het jaar kan de fijne wortelmasa namelijk sterk variëren als gevolg van de seizoensdynamiek. Ook de ondelinge verschillen in gemiddelde waarden blijken groot te zijn. Naar alle waarschijnlijkheid hangt dit meer samen met de dichtheid en leeftijd van de opstand en de groeiplaats, dan met verschillen in de boomsoort. Zo zijn de zeer lage waarden (< 2000 kg.ha⁻¹) in fijne wortelmasa van een tweetal grove dennen opstanden (Persson, 1978, 1979, 1980a, 1980b, 1983) en een gemengd naaldbos (Kimmins en Hawkes, 1978) te verklaren uit de geringe opstandsdichtheid. Het grootste deel van de fijne wortelmasa wordt in deze opstand ingenomen door de ondergroei. Verder blijkt uit de literatuur (o.a. Keyes en Grier, 1981) dat de fijne wortelmasa sterk toeneemt naarmate de groeiplaats slechter (armer, droger) is.

Het inzicht in de (toch reeds schaarse) gegevens in fijne wortelmasa en het aandeel daarvan in de totale wortelmasa wordt bemoeilijkt door de verschillende criteria die gebruikt zijn voor

de diameterklasse. Met voorbijzien van deze verschillen en verwaarlozing van de eerder genoemde lage waarden ($< 2000 \text{ kg.ha}^{-1}$) is de gemiddelde wortelmasa 4800 kg.ha^{-1} . Op goede groeiplaatsen zal de waarde waarschijnlijk lager zijn en op slechte groeiplaatsen hoger. Het gemiddelde aandeel van de fijne wortels aan de wortelmasa is 15 % met een variatie van 3 % op goede groeiplaatsen tot 37 % op slechte groeiplaatsen. Daarbij zijn de gegevens voor grove den met een fijne wortelmasa $< 10 \text{ mm}$ (Mallkönen, 1974; Bingmark, 1977) verwaarloosd, omdat hierin een deel van de middel grove wortels ($> 5 \text{ mm}$) aanwezig is. Deling van de gemiddelde waarde van 4800 kg.ha^{-1} op een gemiddelde totale biomassa van 35 ton.ha^{-1} (zie par. 2.4.1.2) levert eveneens een waarde van ca. 15%.

2.4.2 Elementgehalten

Ook voor de elementgehalten in de wortels van Corsicaanse den hebben Miller et al. (1980) onderzoek gedaan naar de afhankelijkheid van tijd en boniteit. De resultaten met betrekking tot de boniteit zijn samengevat in tabel 17.

Tabel 17 Elementgehalten in de wortels van de Corsicaanse den voor drie verschillende boniteitklassen (naar Miller et al, 1980).

Boniteits- klasse	Elementgehalten (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
I	0,32	0,065	0,20	0,08	0,057	0,18
II	0,26	0,075	0,21	0,08	0,061	0,18
III	0,23	0,075	0,22	0,08	0,065	0,18

Uit tabel 17 blijkt dat er alleen voor stikstof effecten van boniteitsverschillen zijn. De overige elementen zijn min of meer constant. Uit deze tabel valt tevens op dat het S-gehalte in de wortels erg hoog is in vergelijking met de overige compartimenten. De volgorde van de elementen neemt daardoor af in de richting $N > K > S > Ca > P > Mg$. Het hoge S-gehalte is overigens naar alle waarschijnlijkheid een uitschieter gezien de verzamelde literatuurwaarden hierover (zie tabel 18).

In aanhangsel 8 is een overzicht gegeven van de elementgehalten in wortels voor verschillende lokaties en bomen. Hieruit blijkt geen duidelijke relatie tussen de leeftijd van de opstand en de wortelgehalten. Dit stemt overeen met de onderzoeksresultaten van Mulder et al. (1980). Op basis van de gegevens in aanhangsel 8 zijn in tabel 18 de gemiddelde waarden van de elementgehalten in de wortels gegeven met de bijbehorende standaardafwijking en de gevonden minimum- en maximumwaarden. In tabel 18 ontbreken de gegevens van douglas, gematigd zeeklimaat en lariks, beide klimaatgroepen.

Over het algemeen neemt het elementgehalte af in de richting $N > K > Ca > P+Mg+S$. Uit tabel 18 blijkt dat naaldbomen lagere N-, K- en Ca-gehalten hebben dan loofbomen met uitzondering van de fijnspar. Binnen de naald- en loofbomen is overigens wel sprake van enige variatie. Daarbij valt het hoge Ca-gehalte van de zomereik (hoger dan het N-gehalte) het meeste op. Deze afwijking was ook te zien bij de overige compartimenten. Wanneer de elementgehalten van Corsicaanse/Oostenrijkse den uit tabel 18 met tabel 17 worden vergeleken, dan blijkt dat het N-gehalte goed overeenkomt, maar de overige elementgehalten zijn allemaal wat lager.

Gezien het aantal gegevens kan uit de tabel geen conclusie getrokken worden met betrekking tot de invloed van het klimaat op de wortelgehalten.

Tabel 18 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in wortels, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Element	Elementgehalten (%)												
		Gematigd zeeklimaat			Overige klimaten			Alle klimaten						
		n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%
grove den	N	3	0,50	49	0,22	0,67	5	0,21	22	0,13	0,24	8	0,32	64
	P	3	0,05	45	0,03	0,07	5	0,04	35	0,02	0,06	8	0,04	37
	K	3	0,15	35	0,12	0,21	5	0,13	12	0,12	0,17	8	0,15	21
	Ca	3	0,13	30	0,09	0,17	5	0,13	41	0,07	0,20	8	0,13	35
	Mg	3	0,05	22	0,04	0,06	2	0,03	0	0,03	0,03	5	0,04	35
	S	-	-	-	-	-	2	0,03	28	0,03	0,03	2	0,03	28
Corsicaanse/ Oostenrijkse den	N	1	0,25	0	0,25	0,25	-	-	-	-	-	1	0,25	0
	P	1	0,04	0	0,04	0,04	-	-	-	-	-	1	0,04	0
	K	1	0,13	0	0,13	0,13	-	-	-	-	-	1	0,13	0
	Ca	1	0,06	0	0,06	0,06	-	-	-	-	-	1	0,06	0
	Mg	1	0,04	0	0,04	0,04	-	-	-	-	-	1	0,04	0
douglas	N	-	-	-	-	-	6	0,34	15	0,25	0,40	6	0,34	15
	P	-	-	-	-	-	6	0,08	20	0,06	0,10	6	0,08	20
	K	-	-	-	-	-	6	0,25	28	0,16	0,34	6	0,25	28
	Ca	-	-	-	-	-	1	0,22	0	0,22	0,22	1	0,22	0
	Mg	-	-	-	-	-	1	0,03	0	0,03	0,03	1	0,03	0
fijnspar	N	1	0,60	0	0,60	0,60	2	0,56	14	0,51	0,62	3	0,58	10
	P	1	0,12	0	0,12	0,12	2	0,06	47	0,04	0,08	3	0,08	50
	K	1	0,60	0	0,60	0,60	2	0,21	14	0,19	0,23	3	0,34	66
	Ca	1	0,27	0	0,27	0,27	2	0,34	39	0,25	0,44	3	0,32	33
	Mg	1	0,07	0	0,07	0,07	2	0,05	28	0,04	0,06	3	0,06	27
	S	-	-	-	-	-	1	0,05	0	0,05	0,05	1	0,05	0

vervolg tabel 18.

Boomsoort	Element	Elementgehalten (%)												
		Gematigd zeeklimaat			Overige klimaten			Alle klimaten						
		n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%
zomereik	N	3	0,70	44	0,35	0,92	5	0,46	59	0,09	0,83	8	0,55	53
	P	3	0,05	47	0,03	0,08	4	0,07	35	0,04	0,10	7	0,06	39
	K	3	0,35	30	0,27	0,47	5	0,43	35	0,25	0,61	8	0,40	33
	Ca	3	0,97	12	0,85	1,08	5	0,80	34	0,53	1,26	8	0,86	27
	Mg	3	0,09	40	0,06	0,13	3	0,07	14	0,06	0,08	6	0,08	33
	S	-	-	-	-	-	2	0,07	54	0,04	0,09	2	0,07	54
beuk	N	2	0,40	13	0,36	0,43	1	0,45	0	0,45	0,45	3	0,42	11
	P	2	0,05	47	0,03	0,06	1	0,09	0	0,09	0,09	3	0,06	50
	K	2	0,16	18	0,14	0,18	1	0,23	0	0,23	0,23	3	0,18	25
	Ca	2	0,12	43	0,08	0,15	1	0,12	0	0,12	0,12	3	0,12	30
	Mg	2	0,03	85	0,01	0,04	1	0,04	0	0,04	0,04	3	0,03	58
	S	-	-	-	-	-	1	0,04	0	0,04	0,04	1	0,04	0

Evenals bij de biomassa (zie par 2.4.1) dient bij de elementgehalten bedacht te worden dat deze betrekking hebben op de totale wortelmasa. De gehalten in de fijne wortels zijn over het algemeen wat hoger. Ter illustratie zijn in tabel 19, op basis van de gegevens in aanhangsel 8, de gemiddelde waarden van de elementgehalten in de fijne wortels van grove den, fijnspar en beuk gegeven. Daarbij is geen onderscheid gemaakt naar het klimaat.

Tabel 19 Gemiddelde elementgehalten in de fijne wortels van grove den, fijnspar en beuk.

Boomsoort	Elementgehalten (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
grove den	0,39	0,08	0,15	0,13	0,07	0,09
fijnspar	0,80	0,10	0,45	0,30	0,08	0,08
beuk	0,67	0,08	0,32	0,15	0,06	0,06

Vergelijking van de waarden in tabel 19 met de overall gemiddelden voor deze boomsoorten in tabel 18 laat zien dat met name het N-gehalte (en veelal ook het K-gehalte) in de fijne wortels beduidend hoger ligt dan in de grovere wortels. Dit zal zeker het geval zijn in Nederland waar de stikstofbelasting erg hoog is. Gegevens over de elementgehalten in de fijne wortels in de eerder genoemde acht douglasopstanden (tabel 20) wijzen hier ook op (Oterdoom et al., in concept).

Tabel 20 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in de fijne wortels van acht douglasopstanden in Nederland.

Element	n ¹⁾	Elementgehalten (%)			
		gem.	%s	min.	max.
N	32	1,18	21	0,67	1,59
P	32	0,07	31	0,04	0,14
K	32	0,05	39	0,01	0,09
Ca	32	0,21	68	0,05	0,52
Mg	32	0,02	40	0,00	0,04

1) n = 32 omdat er in 4 lagen monsters genomen zijn.

Opvallend in deze tabel zijn zowel de extreem lage K-gehalten als de zeer hoge N-gehalten. Onder Nederlandse omstandigheden lijkt het vooralsnog niet onredelijk om uit te gaan van de gegevens in tabel 18 voor wat betreft de gehalten in de fijne wortels met uitzondering van stikstof. Op basis van de gegevens in tabel 18, 19 en 20 lijkt het redelijk om hierbij uit te gaan van waarden van ca. 1% voor naaldbomen en 1,5% voor loofbomen.

2.5 Strooisel

2.5.1 Inleiding

Alvorens in te gaan op literatuurgegevens met betrekking tot strooiselhoeveelheid en nutriëntgehalten in strooisel zal eerst de indeling van humuslagen volgens Hoover en Lunt (1952) en Wilde (1971) worden besproken omdat dit relevant is voor de interpretatie van het cijfermateriaal.

Wilde (1971) onderscheidt ecto-organische en endo-organische lagen. Ecto-organische lagen (mor) bestaan geheel uit plantaardige en dierlijke resten die op het oppervlakte van het minerale deel liggen. Daarbij kan onderscheid gemaakt worden in lagen gevormd onder anaerobe condities (O-laag) en lagen gevormd onder aerobe condities (L-, F- en H-laag). Onder aerobe condities kan, afhankelijk van het stadium van de afbraak, de afkomst van de strooisel-delen zichtbaar zijn (L- en F-laag) of niet (H-laag). De ecto-organische groep kan verder worden verdeeld in Velor (embryo-mor), Leptor (cirthropod mor), Letnar (doffe mor), Cruston (korst mor) en Uliginor (moeras mor). Endo-organische lagen (mull) vormen een mix van humus met het minerale deel. De Endo-organische lagen groep kan worden verdeeld in Cryptol (Cryptomull), Parvital (microbiotische mull), Vermiol (wormen mull), Rhizol (grasmull) en sapronel (moerasmull). Enige tussenvormen zijn moder, moder-like-mull en mull-like-moder. De grens tussen organische lagen en het minerale

deel van de bodem is niet altijd scherp te trekken. Meestal wordt de grens gelegd bij 17% organisch C wat ongeveer overeenkomt met ca. 30% organische stof.

De belangrijke organische lagen in bosstrooisel zijn veelal ecto-organisch (mor). Met betrekking tot bosstrooisel wordt onderscheid gemaakt in een L-, F- en H-laag. De verklaring voor deze lagen is als volgt:

L = Litterlaag: Deze laag bestaat uit veel verse dode planteresten, en kan verkleurd zijn. De L-laag bevat niet of nauwelijks uitwerpselen van bodemfauna, geen wortels en is niet of nauwelijks gefragmenteerd.

F = Fermentatielaag: Deze laag bestaat uit meer of minder afgebroken strooisel waarbij echter macroscopisch herkenbare resten van planteweefsels overheersen. Bodemfauna excrementen, zijn vrijwel altijd aanwezig, maar in ondergeschikte hoeveelheid. De laag is veelal doorworteld en bevat eventueel schimmels.

H = Humuslaag: Deze laag bestaat voornamelijk uit fijn verdeelde organische stof. Macroscopisch herkenbare resten kunnen aanwezig zijn, maar komen in ondergeschikte hoeveelheden voor. De laag kan minerale delen bevatten (< 70%).

De L, F en H-lagen kunnen elk nog verder onderscheiden worden. Voor L-laag is dit tussen een Lo- en Lv-laag, voor de F-laag is dit tussen een Fa-, Fq- of Faq-laag en voor de H-laag is dit tussen een Hr- en Hd-laag. De verklaring voor deze lagen is als volgt:

Lo-laag (original): In deze laag zijn de plantedelen nog een losse stapeling en niet of nauwelijks verkleurd.

Lv-laag (variative): In deze laag zijn de plantedelen enigszins gefragmenteerd en de laag is sterk verkleurd.

Fa-laag (animal): In de Fa-laag wordt de afbraak vooral door de bodemfauna veroorzaakt. Dit blijkt uit het voorkomen van veel bodemfauna excrementen en een losse structuur. Er zijn weinig of geen schimmels aanwezig.

Fq-laag: In deze laag komen weinig of geen bodemfauna excrementen voor. De laag wordt gekenmerkt door een sterk gelaagde, compacte structuur, en het voorkomen van grote hoeveelheden schimmels.

Faq-laag: Deze laag is een tussenvorm van Fa en Fq, hetgeen blijkt uit het voorkomen van zowel excrementen als schimmels. Met de diepte neemt veelal ook het aantal excrementen toe.

Hr-laag (residues): Een H-laag, waarin macroscopisch herkenbare resten van wortels, hout en schors duidelijk voorkomen. De structuur is veelal los. Veelal een gele, bruine of rode kleur.

Hd-laag (decomposed): Een H-laag, waarin macroscopisch herkenbare resten vrijwel of geheel ontbreken. Deze horizont is, indien vochtig, veelal versmerend. Veelal donker grijsbruin tot zwart gekleurd, met een massieve structuur.

Om de strooiselhoeveelheid te bepalen wordt een bodemonster met een bekend oppervlakte gestoken, waarvan, na droging, het gewicht wordt bepaald. De gebruikte materialen voor de monsternamen verschillen echter wel. Sommige onderzoekers maken gebruik van monsterframe's (Johansson, 1986; Ovington, 1954; Wollum, 1973), anderen van een grondboor (Vitousek et al., 1982; Witkamp and Van den Drift, 1981) en soms worden er ook wel monsters uitgesneden met behulp van een mes (Bonnievie-Svendson en Gjems, 1957). Elk monsterframe en grondboor heeft een vastgestelde oppervlakte. De monsters worden met behulp van een mes uit de monsterframe's gesneden. De monsters worden in een laboratorium gescheiden in L-, F- en H-lagen (mor) of in een L-laag op een minerale laag (mull). Hierna worden de monsters gedroogd bij 70 °C en gewogen. Hieruit kan de strooiselhoeveelheid per oppervlakte worden berekend wanneer in het veld de dikte is geschat kan tevens de dichtheid van de strooisellaag berekend worden.

Via literatuuronderzoek zijn gegevens verzameld van strooiselhoeveelheid (biomassa) en elementgehalten in de verschillende L-, F- en H-lagen in afhankelijkheid van de boomsoort, het klimaat (lokatie), leeftijd van de opstand en de bodem (humuslaag).

Gegevens zijn opnieuw beperkt tot de genoemde zeven boomsoorten namelijk grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk en met betrekking tot het klimaat is opnieuw onderscheid gemaakt in zeeklimaat en overige klimaten. Verder is onderscheid gemaakt in verse naald- en bladresten en het aanwezige totale strooisel.

2.5.2 Biomassa

2.5.2.1 Naald- en bladresten

In aanhangsel 9 is een overzicht gegeven van de strooiselhoeveelheid (biomassa) van vers naald/bladstrooisel (jonger dan één jaar) in afhankelijkheid van boomsoort, leeftijd van de opstand, klimaat (lokatie) en bodem (humuslaag). Feitelijk betreft dit de jaarlijkse toevoer via naald- en bladval.

In fig. 5 is voor vier boomsoorten de biomassa van naald/bladstrooisel die jaarlijks naar beneden valt ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jr}^{-1}$) uitgezet tegen de leeftijd van de opstand. Voor de overige boomsoorten waren geen of onvoldoende gegevens aanwezig. Alle gegevens hebben betrekking op overige klimaten.

Uit fig. 5 blijkt dat de strooiselval, die in alle gevallen betrekking heeft op opstanden ouder dan 20 jaar, redelijk constant is. Vanaf deze leeftijd verandert de naaldmassa en daarmee de strooiselval waarschijnlijk niet meer.

Op basis van de gegevens in aanhangsel 9 is in tabel 21 een overzicht gegeven van de gemiddelde waarden van de biomassa van het naald- en bladstrooisel, met de bijbehorende standaardafwijking en de gevonden minimum- en maximumwaarden in afhankelijkheid van de boomsoort en het klimaat. Tevens is het aantal gegevens vermeld waarop gemiddelden gebaseerd zijn. De gegevens die gebruikt zijn gelden voor opstanden jonger dan 140 jaar.

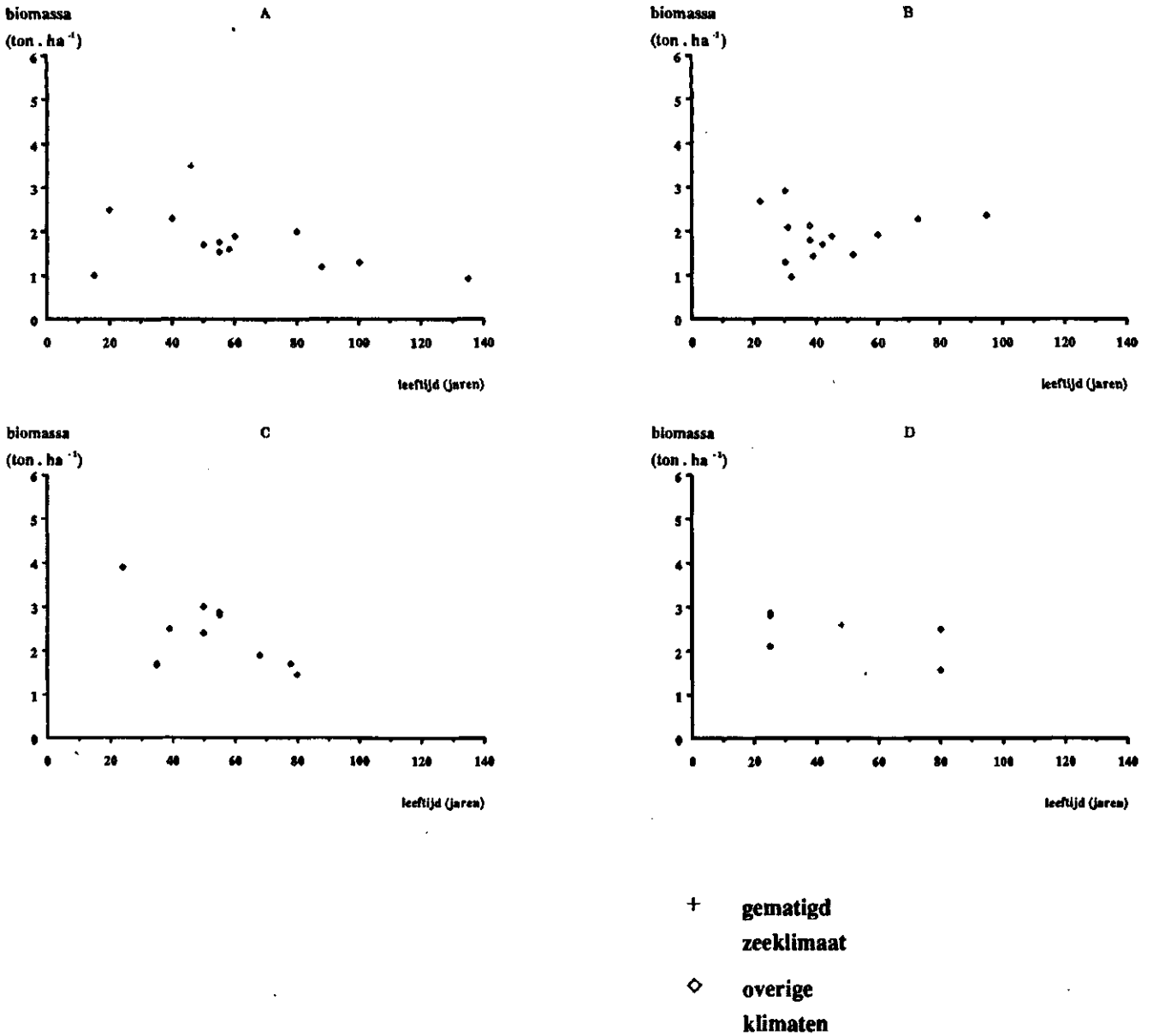


Fig. 5 Biomassa van verse naald- en bladresten als functie van de leeftijd van de opstand.

A) grove den B) douglas C) fijnspar D) beuk

Tabel 21 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van de biomassa van vers naald/bladstrooisel, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Klimaat	n	Biomassa (kg.ha ⁻¹)			
			gem.	S%	min.	max.
grove den	zee	1	3500	-	-	-
grove den	overig	11	1700	27	930	2500
grove den	alle	12	1850	37	930	3500
douglas	zee	2	1760	26	1440	2090
douglas	overig	12	1950	29	960	2920
douglas	alle	14	1930	27	960	2920
fijnspar	overig	11	2360	32	1450	3900
lariks	overig	3	2310	37	1470	3170
zomereik	zee	1	3260	-	-	-
zomereik	overig	10	3930	29	1800	6100
zomereik	alle	11	3900	28	1800	6100
beuk	zee	1	2600	-	-	-
beuk	overig	5	2370	23	1570	2860
beuk	alle	6	2400	20	1570	2860

Uit tabel 21 volgt dat loofbomen een hogere strooiselval hebben dan naaldbomen. Verder lijkt de invloed van het klimaat op de naald/bladval gering, maar er zijn te weinig waarnemingen van zeeklimaat om dit gegeven hard te maken. De onderlinge verschillen tussen boomsoorten en lokaties zijn waarschijnlijk mede veroorzaakt door factoren als het aantal bomen per hectare en de bodemeenheid (humuslaag).

2.5.2.2 Totaal strooisel

In aanhangsel 10 is een overzicht gegeven van de biomassa van het totale boomstrooisel in afhankelijkheid van de boomsoort, leeftijd van de opstand, klimaat (lokatie), bodem (humuslaag) en strooiselcompartment (laag). Net als bij het naald-, bladstrooisel, gelden de gegevens die gebruikt zijn voor opstanden jonger dan 140 jaar.

In fig. 6 is voor de vier eerder genoemde boomsoorten (grove den, douglas, fijnspar en beuk) de biomassa ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) van het totale boomstrooisel uitgezet tegen de leeftijd van de opstand. Van de overige boomsoorten waren geen of onvoldoende gegevens aanwezig. Bij grove den en beuk hebben de gegevens betrekking op een zee-klimaat en bij douglas en fijnspar op overige klimaten. Uit fig. 6 blijkt dat er in het algemeen sprake is van een toename van de biomassa met de leeftijd van de opstand hoewel de trend niet echt significant is.

Uit literatuur gegevens over de strooiselvoorraad van opstanden met verschillende leeftijd en gelijke omstandigheden wat betreft klimaat en bodem blijkt overigens duidelijk dat de strooiselvoorraad toeneemt met de leeftijd van de opstand. Zo vonden Van den Burg en Schoenfeld (1988) een gemiddelde toename van $50\text{-}150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$ voor de strooisellaag van eerste en tweede generatie bossen van douglas, fijnspar en lariks tussen een leeftijd van 20 en 60 jaar (een totale toename variërend tussen ca. 20 en $60 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$).

De uiteindelijke strooiselvoorraad bij een evenwicht wordt bepaald door de toevoer middels blad/naaldval en wortelsterfte en de stikstofafbraakconstante (zie ook par 3.3.2). Naarmate het klimaat koeler is en de standplaats natter en zuurder is zal de afbraaksnelheid afnemen en daarmee de strooiselvoorraad.

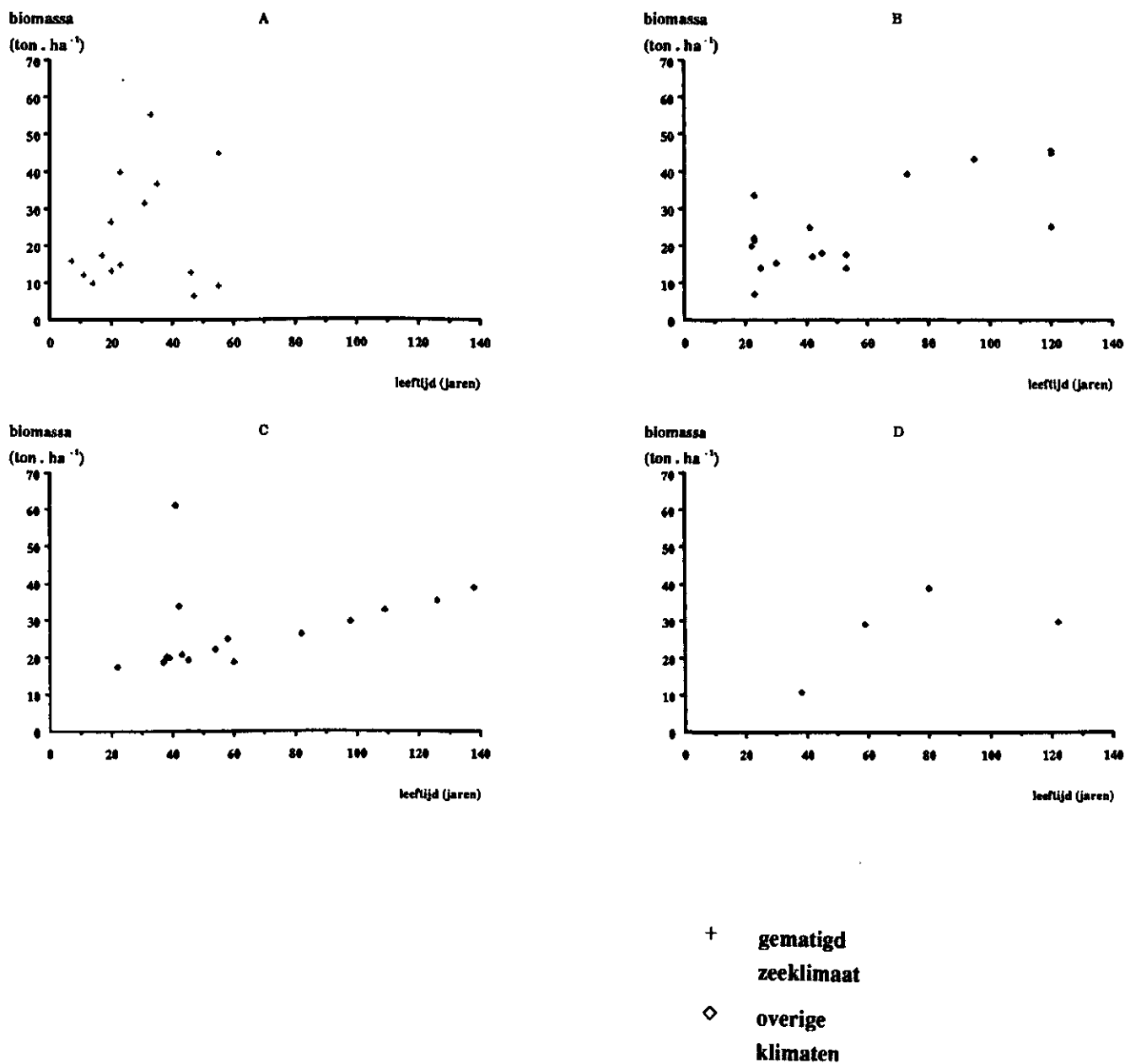


Fig. 6 Biomassa van strooisel als functie van de leeftijd van de opstand.

A) grove den B) douglas C) fijnspar D) beuk

Op basis van de gegevens in aanhangsel 10 is in tabel 22 een overzicht van de gemiddelde biomassa van het totale boomstrooisel met de bijbehorende standaardafwijking en gevonden minimum- en maximumwaarden in afhankelijkheid van boomsoort en klimaat (lokatie). Tevens is het aantal gegevens vermeld waarop de gemiddelden gebaseerd zijn. In deze tabel zijn ook de gemiddelde waarden voor Corsicaanse/Oostenrijkse den en zomereik gegeven, waarvan geen grafieken van gemaakt zijn vanwege het geringe aantal gegevens.

Tabel 22 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van de biomassa van totaal naald/bladstrooisel, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Klimaat	n	Biomassa (ton.ha ⁻¹)			
			gem.	S%	min.	max.
grove den	zee	11	26,5	62	6,4	55,3
"	alle	12	26,5	59	6,4	55,3
Cors./Oost. den	zee	3	21,3	14	18,2	23,9
fijnspar	zee	4	35,9	48	17,4	52,0
"	overig	18	26,5	42	17,4	61,0
"	alle	22	28,2	44	17,4	61,0
zomereik	zee	2	58,9	2	58,2	59,6
"	alle	3	45,7	50	19,4	59,6
beuk	zee	4	27,1	44	10,8	39,0

Uit tabel 22 blijkt niet duidelijk dat er tussen de bomen onderling grote verschillen zijn in de gemiddelde biomassa. Voor de meeste bomen is het aantal waarnemingen echter veel te gering om conclusies te kunnen trekken. Wel lijkt het waarschijnlijk dat de leeftijd van de opstand en het klimaat meer invloed op de biomassa hebben, dan de boomsoort.

Volgens tabel 22 ligt de maximale biomassa voor de meeste boomsoorten op $60 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$. Gegeven een gemiddelde dichtheid van $\text{ca. } 150 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (Kleijn et al., 1989) komt dit overeen met $\text{ca. } 4 \text{ cm}$ strooisel. Dit komt goed overeen met de gemiddelde strooiselvoorraad van een achttal douglasopstanden met een leeftijd tussen de 40 en 50 jaar waarvan de waarden varieerden van $\text{ca. } 50\text{-}80 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Kleijn et al., 1989). Gegevens van van den Burg (1983) en Van den Burg en Schoenfeld (1988) voor de gemiddelde strooiselvoorraad onder douglas, fijnspar en lariks opstanden in deze leeftijd komen eveneens hiermee overeen. De maximale strooiselvoorraad kan onder Nederlandse omstandigheden echter veel hoger zijn dan $60 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$. Van den Burg en Schoenfeld (1988) geven waarden tot $\text{ca. } 100 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ terwijl uit (nog) niet gepubliceerde gegevens van het Staring Centrum blijkt dat de strooiselvoorraad op kan lopen tot $\text{ca. } 150 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\text{ca. } 10 \text{ cm}$ dikte) onder oudere opstanden van grove den, lariks, eik en beuk.

2.5.3 Elementgehalten

2.5.3.1 Naald- en bladresten

In aanhangsel 11 is een overzicht gegeven van de elementgehalten van het verse naald/bladstrooisel in afhankelijkheid van boomsoort, leeftijd van de opstand, klimaat (lokatie) en bodem (humuslaag). Deze gegevens zijn samengevat in tabel 23. De Corsicaanse/-Oostenrijkse den komt in tabel 23 niet voor omdat hiervan geen literatuurgegevens zijn gevonden.

Uit tabel 23 blijkt dat de elementgehalten in pas gevallen naalden en bladeren in het algemeen afnemen in de richting $\text{N} + \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$. Een opvallend verschil met de elementgehalten in naalden en bladeren aan de boom (tabel 18) is het lage K-gehalte wat het gevolg is van een zeer snelle uitloging direct na de naald/bladval. Daarnaast is het N-gehalte veel lager wat samenhangt met

reallocatie (terugtrekken) van stikstof naar de oudere naalden en de takken vlak voor de naald/bladval. Uit tabel 23 volgt verder dat de loofbomen, over het algemeen hogere elementgehalten hebben dan naaldbomen, met name grove den en lariks.

Tabel 23 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in vers naald/bladstrooisel, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Element	Elementgehalten (%)												
		Zeeklimaat				Overige klimaten				Alle klimaten				
		n	gem.	S%	min. max.	n	gem.	S%	min. max.	n	gem.	S%		
grove den	N	5	0,47	32	0,38	0,73	27	0,41	16	0,24	0,57	32	0,42	20
	P	5	0,03	47	0,02	0,05	27	0,02	32	0,01	0,04	32	0,03	35
	K	5	0,09	60	0,03	0,18	27	0,09	83	0,04	0,43	32	0,09	79
	Ca	5	0,47	37	0,33	0,75	27	0,59	29	0,35	1,15	32	0,57	30
	Mg	5	0,05	27	0,04	0,07	25	0,06	70	0,04	0,26	30	0,06	68
	S	-	-	-	-	-	12	0,04	20	0,03	0,05	12	0,04	20
	C	-	-	-	-	-	4	51,75	4	50,50	54,60	4	51,75	4
douglas	N	-	-	-	-	-	10	0,87	30	0,44	1,23	10	0,87	30
	P	-	-	-	-	-	8	0,12	12	0,10	0,14	8	0,12	12
	K	-	-	-	-	-	8	0,24	41	0,12	0,39	8	0,24	41
	Ca	-	-	-	-	-	8	1,40	30	0,86	2,09	8	1,40	30
	Mg	-	-	-	-	-	7	0,16	61	0,07	0,37	7	0,16	61
	S	-	-	-	-	-	1	0,15	0	0,15	0,15	1	0,15	0
	C	-	-	-	-	-	1	50,80	0	50,80	50,80	1	50,80	0
fijnspar	N	4	0,50	8	0,45	0,54	21	0,86	31	0,40	1,23	25	0,80	36
	P	4	0,08	39	0,05	0,12	21	0,08	31	0,02	0,11	25	0,08	32
	K	4	0,16	10	0,14	0,18	21	0,18	48	0,02	0,36	25	0,18	40
	Ca	4	0,96	85	0,27	2,12	21	1,35	45	0,32	3,17	25	1,29	50
	Mg	4	0,12	28	0,08	0,15	18	0,10	30	0,06	0,21	22	0,10	29

vervolg tabel 23.

Boomsoort		Elementgehalten (%)												
		Zeeklimaat					Overige klimaten					Alle klimaten		
ment		n	Gem.	%S	min.	max.	n	Gem.	%S	min.	max.	n	Gem.	%S
lariks	N	-	-	-	-	-	3	0,85	10	0,75	0,90	3	0,85	10
	P	-	-	-	-	-	3	0,04	13	0,04	0,05	3	0,04	13
	K	-	-	-	-	-	3	0,09	29	0,06	0,11	3	0,09	29
	Ca	-	-	-	-	-	3	0,49	19	0,42	0,59	3	0,49	19
	Mg	-	-	-	-	-	2	0,11	47	0,07	0,14	2	0,11	47
zomereik	N	2	1,39	11	1,29	1,50	-	-	-	-	-	2	1,39	11
	P	2	0,06	0	0,06	0,06	-	-	-	-	-	2	0,06	0
	K	2	0,40	5	0,38	0,41	-	-	-	-	-	2	0,40	5
	Ca	2	1,80	16	1,60	2,00	-	-	-	-	-	2	1,80	16
	Mg	2	0,21	17	0,18	0,23	-	-	-	-	-	2	0,21	17
beuk	N	-	-	-	-	-	5	1,14	15	0,97	1,37	5	1,14	15
	P	-	-	-	-	-	5	0,07	7	0,07	0,08	5	0,07	7
	K	-	-	-	-	-	5	0,21	61	0,09	0,37	5	0,21	61
	Ca	-	-	-	-	-	5	1,19	8	1,04	1,32	5	1,19	8
	Mg	-	-	-	-	-	4	0,14	27	0,11	0,20	4	0,14	27

2.5.3.2 Totaal strooisel

In aanhangsel 12 is een overzicht gegeven van de elementgehalten van het totale boomstrooisel voor verschillende boomsoorten, in afhankelijkheid van klimaat (lokatie), bodem (humuslaag) en strooiselcompartiment (laag). Op basis van deze gegevens is in aanhangsel 13 een overzicht gegeven van de gemiddelde waarden van

elementgehalten van het totale boomstrooisel met de bijbehorende standaardafwijking en de gevonden minimum- en maximumwaarden in afhankelijkheid van boomsoort, klimaat (lokatie) en strooiselcompartment (laag). Tevens is hierin het aantal gegevens waarop de gemiddelden gebaseerd zijn gegeven.

In tabel 24 zijn de gemiddelde elementgehalten in het totale strooiselcompartment (alle lagen) gegeven in afhankelijkheid van boomsoort en klimaat (lokatie).

Tabel 24 Gemiddelde elementgehalten in het totale strooiselcompartment (alle lagen), afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Klimaat	Elementgehalten (%)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	C
grove den	zee	1,01	0,07	0,09	0,40	0,06	-	54,30
grove den	overig	0,95	0,06	0,22	0,70	0,15	0,12	-
grove den	alle	0,99	0,06	0,12	0,48	0,08	0,12	54,30
Cors. den	zee	1,18	0,24	0,16	0,36	0,11	-	52,23
douglas	zee	1,84	0,09	0,08	0,33	0,05	0,21	41,97
douglas	overig	1,05	0,13	0,19	0,81	0,21	0,11	36,95
douglas	alle	1,57	0,10	0,11	0,43	0,08	0,20	41,74
fijnspar	zee	1,94	0,19	0,13	0,18	0,06	-	53,85
fijnspar	overig	1,14	0,08	0,14	0,54	0,16	0,08	49,46
fijnspar	alle	1,56	0,09	0,14	0,49	0,14	0,08	50,51
lariks	zee	0,91	-	-	-	-	-	51,70
lariks	overig	1,54	0,08	0,10	0,79	0,16	-	-
lariks	alle	1,23	0,08	0,10	0,79	0,16	-	51,70
zomereik	zee	1,85	-	-	-	-	-	49,25
zomereik	overig	1,38	0,13	0,14	1,41	0,14	-	-
zomereik	alle	1,58	0,13	0,14	1,41	0,14	-	49,25
beuk	zee	2,48	0,19	0,27	0,31	0,11	-	43,70

Evenals dit voor de naald en bladresten het geval was blijkt uit tabel 24 dat de elementgehalten in het algemeen afnemen in de richting $N > Ca > K > Mg > P+S$. De opvallend hoge N- en S-gehalten in het strooisel van douglas hangt samen met de hoge N- en S-belasting op deze eerder genoemde acht douglasopstanden in Nederland (Kleyn et al., 1989). Opvallend is het hoge gehalte aan Ca bij de zomereik. Dit is echter maar op één waarde gebaseerd (aanhangsel 12). Het C-gehalte is ongeveer 50%.

Uit de vergelijking tussen de bomen onderling blijkt dat de gehalten van de elementen N en Ca nogal verschillen. Voor de overige elementen zijn de verschillen gering.

Bij vergelijking van het zeeklimaat en de overige klimaten volgt dat het N-gehalte bij zeeklimaat hoger is, en dat de gehalten van de elementen P, K, Ca, Mg en S hoger zijn bij de overige klimaten.

In tabel 25 zijn de gemiddelde elementgehalten van het boomstrooisel in de L-laag weergegeven in afhankelijkheid van boomsoort en klimaat (lokatie).

Uit tabel 25 volgt dat evenals bij het totale strooiselcompartiment (tabel 24) de elementgehalten afnemen in de richting $N > Ca > Mg > K > P+S$. Tevens blijkt het C-gehalte weer ongeveer 50% te zijn. Voor de vergelijking van de klimaten onderling zijn de gegevens te onvolledig. Bij onderlinge vergelijking van de bomen vallen de relatief hoge N- en Ca-gehalten van de loofbomen (eik, beuk) en de fijnspar op en het afwijkend lage Mg-gehalte van de grove den.

Tabel 25 Gemiddelde elementgehalten in het boomstrooisel in de L-laag*, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Klimaat	Elementgehalten (%)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	C
grove den	zee	1,05	0,05	0,17	0,27	0,04	-	59,50
grove den	overig	1,11	0,09	0,14	0,27	-	-	-
grove den	alle	1,09	0,08	0,15	0,27	0,04	-	59,50
Cors. den	zee	0,77	-	-	-	-	-	56,70
douglas	overig	0,75	0,12	0,15	0,60	0,19	0,08	-
fijnspar	zee	1,60	-	-	-	-	-	56,67
fijnspar	overig	1,17	0,14	0,15	1,00	0,32	0,13	46,40
fijnspar	alle	1,49	0,14	0,15	1,00	0,32	0,13	54,10
zomereik	zee	1,75	-	-	-	-	-	50,60
zomereik	overig	0,69	0,12	-	1,08	0,22	-	-
zomereik	alle	1,49	0,12	-	1,08	0,22	-	50,60
beuk	zee	1,69	0,12	0,20	0,66	0,09	0,15	53,40

* voor een verklaring: zie par. 2.5.1

Tabel 26 geeft de gemiddelde elementgehalten in het totale boomstrooisel weer, in afhankelijkheid van boomsoort en klimaat (lokatie) voor de overige strooiselcompartimenten (F-, H- en F+H-laag).

Tabel 26 Gemiddelde elementgehalten in het totale boomstrooisel in de F-, H- en F+H-laag*, afhankelijk van boomsoort en klimaat.

Boomsoort	Klimaat	Laag	Elementgehalten (%)						
			N	P	K	Ca	Mg	S	C
Cors. den	zee	F+H	1,22	-	-	-	-	-	51,17
douglas	overig	H	1,04	0,13	0,13	0,72	0,22	0,13	-
fijnspar	overig	F	1,45	0,11	0,12	0,98	0,36	0,08	40,90
fijnspar	overig	H	1,32	0,09	0,10	0,77	0,42	0,08	37,00
fijnspar	zee	F+H	1,63	-	-	-	-	-	46,30
zomereik	zee	F+H	1,88	-	-	-	-	-	49,45

* voor een verklaring: zie par. 2.5.1

Uit tabel 26 volgt dat P, K en S de laagste elementgehalten hebben, N en Ca de hoogste gehalten en dat Mg hier tussen in zit. Het C-gehalte blijkt weer ongeveer 50% te zijn. Uit de vergelijking van de bomen onderling volgt dat de loofbomen een hoger N-gehalte hebben dan de naaldbomen. De verschillen tussen zee-klimaat en de overige klimaten zijn niet goed uit de tabel te halen, omdat er maar weinig gegevens bekend zijn. Uit de tabellen 25 en 26 volgt verder dat er waarschijnlijk geen grote verschillen in elementgehalten in de L-, F- en H-laag zijn.

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat verschillen in de elementgehalten in vers naald/bladstrooisel, totaal strooisel, L-laag en F+H-laag waarschijnlijk niet erg groot zijn.

2.5.3.3 Kegels, twijgen, takken en wortels

In aanhangsel 14 is een overzicht gegeven van de elementgehalten van de overige strooiselcomponenten (kegels, twijgen, takken en wortels) voor twee boomsoorten namelijk grove den en douglas. Deze gegevens zijn samengevat in tabel 27.

Uit de gegevens in tabel 27 volgt dat de elementgehalten over het algemeen afnemen in de richting $N > Ca > K > Mg > P$. Met uitzondering van de kegels verschillen de gehalten van N en Ca niet veel van elkaar. Hetzelfde geldt voor de gehalten aan K, Mg en P, met uitzondering van het K-gehalte in wortels dat zeer laag is. Verder blijkt uit tabel 27 dat de takken beduidend lagere elementgehalten hebben dan de kegels, twijgen en wortels. Dit komt duidelijk niet overeen met de elementgehalten in takken zoals gegeven in tabel 11. Voor wortels is de overeenkomst veel groter (zie tabel 18).

Tabel 27 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten van kegels, twijgen, takken en wortels van douglas en grove den.

Strooisel- component	Boomsoort	Element	n	Elementgehalten (%)			
				gem.	S%	min.	max.
kegels	douglas	N	5	0,24	24	0,15	0,30
		P	4	0,03	35	0,02	0,04
		K	4	0,05	56	0,02	0,08
		Ca	4	0,10	23	0,07	0,12
		Mg	4	0,05	10	0,04	0,05
		C	5	46,62	4	44,00	49,30

vervolg tabel 27.

Strooisel- component	Boomsoort	Element	n	Elementgehalten (%)			
				gem.	S%	min.	max.
twijgen	douglas	N	4	0,48	6	0,44	0,50
		P	4	0,04	17	0,03	0,04
		K	3	0,03	17	0,03	0,04
		Ca	4	0,45	19	0,36	0,56
		Mg	4	0,04	29	0,02	0,04
		C	4	47,60	3	46,20	48,90
takken	douglas	N	3	0,06	33	0,04	0,08
		P	3	0,01	0	0,01	0,01
		K	3	0,02	50	0,01	0,03
		Ca	3	0,04	16	0,03	0,04
		Mg	3	0,01	0	0,01	0,01
		C	3	46,33	0	46,20	46,50
wortels	grove den	N	6	0,33	37	0,25	0,57
		P	6	0,06	20	0,04	0,07
		K	6	0,31	17	0,22	0,38
		Mg	6	0,07	20	0,05	0,09
		S	6	0,06	29	0,04	0,09
		C	4	51,37	0	51,10	51,50

3 VERBLIJFTIJDEN VAN ELEMENTEN IN BIOMASSA

3.1 Naalden

De verblijftijden van elementen in naalden en wortels worden bepaald door de turnoversnelheden. Voor naalden kan hiervan een indruk worden verkregen op basis van de naaldbezetting, zoals die elk jaar door Staatsbosbeheer per boomsoort wordt vastgesteld in het kader van de landelijke vitaliteitsinventarisatie. De naaldbezetting wordt daarbij uitgedrukt als percentage van een per boomsoort vastgestelde norm voor het aantal volledig bezette naaldjaargangen (normbezetting). Uitgaande van de veronderstelling dat een naaldbezetting beneden 100% het gevolg is van het ontbreken van de oudere naaldjaargangen, wat in het algemeen een redelijke benadering is (Oterdoom et al., in concept), kan de verblijftijd worden berekend door vermenigvuldiging van de naaldbezettingsfractie met de normbezetting. Voor grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas en fijnspar bedraagt die respectievelijk 2, 4, 5 en 6, (verslag van de landelijke vitaliteitsinventarisatie 1987). Een overzicht van de naaldbezetting van deze bomen in de periode 1985-1987 is gegeven in tabel 28 (Van der Tweel, pers. comm.).

Op basis van de gegevens in tabel 28 kan een gemiddelde verblijftijd per boom worden berekend door de gemiddelde naaldbezetting per klasse te vermenigvuldigen met de normbezetting en het oppervlakteaandeel en vervolgens de waarden te sommeren. Vervolgens kan een naaldvalconstante worden berekend als reciproke waarde van de verblijftijd. Vermenigvuldiging van de naaldvalconstante met de naaldmassa levert de naaldval (zie ook par 1.1) uitgaande van de veronderstelling dat de naaldmassa gelijk verdeeld is over de verschillende naaldjaargangen. Hierbij dient echter wel bedacht te worden dat er een duidelijke negatieve correlatie zal zijn tussen naaldbezetting en naaldmassa waardoor de naaldval per boom minder sterk varieert dan de variabiliteit in beide waarden suggereert (Kros et al., 1990).

Tabel 28 Naaldbezetting van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas en fijnspar in de periode 1985 t/m 1987.

Boomsoort	Opnamejaar	Naaldbezetting (%)			
		< 40	40-75	75-90	90-100
grove den	1985	1,1	13,4	32,0	53,6
	1986	1,1	11,8	32,5	54,5
	1987	0,8	7,5	33,1	58,6
	1985-1987	1,0	11,0	32,5	55,5
Corsicaanse/ Oostenrijkse den	1985	2,0	28,5	36,0	33,6
	1986	4,8	45,3	30,7	19,3
	1987	5,9	42,4	34,2	17,6
	1985-1987	4,2	38,7	33,6	23,5
douglas	1985	6,0	35,5	30,6	28,0
	1986	7,7	48,7	27,3	16,3
	1987	5,5	41,1	40,1	13,3
	1985-1987	6,4	41,7	32,7	19,2
fijnspar	1985	3,8	14,9	29,2	52,1
	1986	1,9	12,9	35,8	49,5
	1987	4,1	18,9	41,6	35,5
	1985-1987	3,2	15,6	35,5	45,0

Een overzicht van de berekende gemiddelde naaldvalconstanten met bijbehorende standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden is in tabel 29 gegeven. Minimum- en maximumwaarden zijn gebaseerd op een naaldbezetting van 100% (hoogste klasse) en 25% (laagste klasse).

Tabel 29 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van naaldvalconstanten, afhankelijk van boomsoort.

Boomsoort	Naaldvalconstanten (jr^{-1})			
	gem.	S%	min.	max.
grove den	0,55	17,3	0,50	2,00
Corsicaanse/Oostenrijkse den	0,35	29,7	0,25	1,00
douglas	0,28	28,4	0,20	0,80
fijnspar	0,20	23,9	0,16	0,67

Conform de toenemende normbezetting neemt de gemiddelde naaldvalconstante af in de richting grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar. Waarden voor lariks zijn niet gegeven in tabel 25 en 26 aangezien dit een naaldboom is die eveneens als de loofbomen jaarlijks alle naalden verliest (naaldvalconstante is 1,0). Vermenigvuldiging van de naaldvalconstanten in tabel 29 met de gemiddelde waarden van de naald/bladmassa in tabel 12 leidt tot een naald/bladvalflux van ca. 2-2,5 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$ voor grove den en Corsicaanse/Oostenrijkse den, ca. 3-3,5 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$ voor douglas, fijnspar, zomereik en beuk en ca. 4-4,5 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$ voor lariks.

3.2 Wortels

Evenals de gegevens over de fijne wortelmasa zijn onderzoeksgegevens over de turnoversnelheid van fijne wortels uiterst schaars. De ons beschikbare gegevens zijn samengevat in tabel 30. Het gaat hierbij grotendeels om dezelfde literatuur als die welke vermeld is in par. 2.4.1.3 met betrekking tot de fijne wortelmasa. De desbetreffende waarden zijn in tabel 30 nog eens herhaald ten einde de wortelsterfteconstante te berekenen.

Tabel 30 Literatuurgegevens over de massa, turnoversnelheid en sterfte snelheidsconstante van fijne wortels in verschillende bosopstanden

Boonsoort	Leef- tijd (jr)	Fijne wortel massa (kg.ha ⁻¹)	Turnover- snelheid (kg.ha ⁻¹ jr ⁻¹)	Wortel- sterfte- constante (jr ⁻¹)	Referentie
grove den	18	940	1830	2,0	Persson (1978, 1980a)
" "	12	1870	1590	0,9	Persson (1979, 1980b)
Pinus Taeda	-	4300	8600	2,0	Harris et al. (1977)
Pinus Resionasa	53	5100	3200-10900	0,6-2,1	McClagherty et al. (1982)
douglas (goed) ¹	40	2700	>1400	>0,5	Keyes en Grier (1981)
" (slecht)	40	8300	>5600	>0,7	" " " "
" (nat)	120	3150 ²	3500	1,7	Santantonio en
" (gem)	170	2530 ²	7200	2,1	Hermann (1985)
" (droog)	70	9240 ²	7200	2,8	
Abies Amibilis	23	9240	6560	0,7	Grier et al. (1981)
" "	180	12790	11140	0,9	" "
Sitka spar	16	3530	5240	1,5	Deans (1981)
gemengd loof (eik-populier)	-	7560	9000	1,2	Harris et al. (1977)
gemengd loof (eik-beuk)	80	6100	4100-11400	0,7-1,9	McClagherty et al. (1982)

1: De waarden goed, slecht, nat, gemiddeld en droog hebben betrekking op de groeiplaats.

2: De waarden die voor de fijne wortelmassa van een natte, gemiddelde en droge douglasopstand zijn gegeven, hebben betrekking op wortels met een diameter < 1 mm. Hiervoor bepaalden Santantonio en Hermann (1985) de turnover. De waarden in deze tabel stemmen derhalve niet overeen met die welke vermeld zijn in tabel 16, waar het gaat om wortels met een diameter < 5 mm.

Uit de gegevens in tabel 30 blijkt dat de turnoversnelheid van fijne wortels sterk varieert. Dit hangt, evenals de fijne wortel-massa, sterk samen met de dichtheid van de opstand en de groei-plaats (zie ook par. 2.4.1.3). Wanneer de lage waarden van grove den, die het gevolg zijn van een zeer lage opstandsdichtheid, niet worden meegerekend dan is de gemiddelde jaarlijkse wortelsterfte gelijk aan $6950 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$. De gemiddelde wortelsterfteconstante is 1,4 met een minimum van 0,5 voor een goede groeiplaats en een maximum van 2,8 voor een slechte (droge) groeiplaats.

Vermenigvuldiging van de gemiddelde wortelsterfteconstante met de gemiddelde waarde van 4800 kg.ha^{-1} voor de fijne wortelmassa (zie par. 2.4.1.3) geeft een gemiddelde turnoversnelheid van ca. $6700 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$ wat goed overeenkomt met bovengenoemde waarde. Vergelijking van de gemiddelde wortelsterfte met de gemiddelde naald/-bladval (par 2.3.1) laat zien dat de omloop van fijne wortels gemiddeld ca. tweemaal zo hoog is als van bladeren en/of naalden.

3.3 Strooisel

3.3.1 Strooiselafbraakproces

Strooiselafbraak is een sleutelproces in de organische stof omzetting in bosccosystemen. De strooisellaag is een belangrijke opslag-bron van nutriënten, die beschikbaar komen wanneer ze door micro-organismen worden gemineraliseerd. De strooiselafbraaksnelheid heeft derhalve een belangrijk effect op de bosbodemvruchtbaarheid.

De afbraak van strooisel is met name afhankelijk van het klimaat (energie en vochtigheid) en de strooiselkwaliteit (Aber, 1980; Carpenter, 1982; Jansson, 1985; Berg et al., 1982; 1984; McClaugherty et al., 1985; Agren, 1985; Berendse et al., 1987; Abbot, 1982; Berg and Staaf, 1980). Het effect van verschillen in klimaat wordt vaak door middel van de actuele evapotranspiratie en/of de temperatuurindex in de groeiperiode weergegeven. Toename

van de temperatuur of evapotranspiratie geeft een hogere afbraak. Het Ligninepercentage en de C/N-verhouding worden vaak als graadmeters voor de strooiselkwaliteit gebruikt. Een toename van het Ligninepercentage of een hogere C/N-verhouding geeft een lagere afbraak. In ecosystemen die arm zijn aan elementen zijn stikstof en Lignine belangrijke factoren, die invloed hebben op de afbraaksnelheid (Berendse et al., 1987).

Teneinde de interpretatie van de in de literatuur gevonden strooiselafbraakconstanten te vergemakkelijken zal in de volgende subparagrafen eerst worden ingegaan op de wiskundige beschrijving van strooiselafbraak (3.3.2) en de daarop gebaseerde methoden voor de bepaling van de afbraaksnelheid (3.3.3). Na de weergave en bespreking van strooiselafbraakconstanten (3.3.4) zal tevens worden ingegaan op in de literatuur gevonden vertaalfuncties tussen de strooiselafbraakconstante en factoren die hierop invloed hebben, te weten het klimaat en de strooiselkwaliteit (3.3.5).

3.3.2 Beschrijving van strooiselafbraak

Strooiselafbraak wordt veelal beschreven als (Jenny et al., 1949; Olson, 1963):

$$dSV/dt = -k * SV \quad (6)$$

met SV = strooiselvoorraad ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

k = afbraakconstante ($1/\text{jr}$)

t = tijd (jr)

De strooiselafbraakconstante (k) geeft inzicht in de verblijftijd van het strooisel in de bosbodem (verblijftijd $T = 1/k$).

Herschrijven van (6) levert:

$$dSV/SV = -k * dt \Rightarrow \ln SV_t = -kt + C \quad (\text{voor } t=0 \text{ geldt: } C = \ln SV_0) \Rightarrow$$

$$\ln SV_t/SV_0 = -kt \quad (7a) \quad \text{of} \quad SV_t = SV_0 * e^{-kt} \quad (7b)$$

met SV_0 = oorspronkelijke strooiselvoorraad (kg.ha⁻¹)
 SV_t = strooiselvoorraad na een tijdsperiode t (kg.ha⁻¹)

Uit vergelijking (7a) volgt dat de natuurlijke logaritme van de verhouding tussen het op tijdstip t (jr) aanwezige strooisel (SV_t) en de oorspronkelijke hoeveelheid strooisel (SV_0) evenredig is met de afbraakconstante maal de tijd (kt). Dit verband is reeds door Olson (1963) gevonden voor strooiselafbraakexperimenten.

Uit vergelijking (7a) kan k worden herschreven volgens:

$$k = (\ln SV_0/SV_t)/t \quad (8)$$

Tijdens een afbraakexperiment (bv. Strooiselzakmethode) kan de k-waarde bepaald worden als functie van de tijd volgens:

$$k = (\ln SV_t/SV_{t+dt})/dt \quad (9)$$

In een bosecosysteem wordt de verandering in de strooiselvoorraad niet alleen bepaald door de afvoer via strooiselafbraak, maar ook de door de toevoer via bladval zodat geldt:

$$dSV/dt = -k * SV + BV \quad (10)$$

met BV = bladval (kg.ha⁻¹.jr⁻¹)

In een evenwichtssituatie ($dSV/dt = 0$) geldt:

$$k = BV/SV \quad (11)$$

De afbraakconstante (k) in een in evenwicht verkerend bos-ecosysteem is dus gelijk aan de verhouding tussen bladval (BV) en strooisel voorraad (SV). Dit verband is reeds door Jenny et al. (1949) aangetoond.

3.3.3 Bepaling van de strooiselafbraaksnelheid

Er zijn verschillende methoden voor het bepalen van de afbraaksnelheid. De meest gebruikte zijn:

- Strooiselzakmethode (SZ);
- Bladval/strooiselvoorraad verhoudingsmethode (BV/SV);
- De deling tussen toegevoegde hoeveelheid strooisel en overblijvende hoeveelheid strooisel (TS/OS).

Door verschillende onderzoekers zijn er wel variaties op deze drie methoden toegepast, maar het principe blijft gelijk. In het nu volgende wordt achtereenvolgens op de verschillende methoden ingegaan.

3.3.3.1 Strooiselzakmethode

Het principe van deze methode is het vaststellen van de afname van de strooiselvoorraad (massa) in een zak gedurende een bepaalde periode op basis waarvan een k-waarde kan worden berekend (zie par 3.3.2 vergl. 9).

De manier van werken is over het algemeen als volgt: Strooisel wordt verzameld en aan de lucht gedroogd bij kamertemperatuur. Daarna worden vastgestelde hoeveelheden in strooiselzakken worden gedaan, die veelal gemaakt zijn van teryleennet, met een grootte van 11*13 cm. De maasgrootte van het net varieert naar gelang de grootte van net geïncubeerde strooisel. De strooiselzakken worden vervolgens in de opstand op de L-laag geplaatst of in de bodem, en vastgezet met 10-15cm lange pennen. Na bepaalde tijdsperioden worden er monsters genomen. Deze monsters worden naar het laboratorium gebracht en resten van b.v. dwergheesters, mossen en/of grassen worden verwijderd. Van het strooisel wordt nu de droge massa vastgesteld, door de monsters twee dagen bij 70°C te drogen. Dit gebeurt eveneens voor het afbraakexperiment met een deel van het verzamelde strooisel. Daarna worden de monsters gewogen, en worden de massaverlieswaarden vastgesteld. (Abbot en

Crossley, 1982; Bocoock en Gilbert, 1957; Bocoock, 1964; Mikola, 1960; Lousier en Parkinson, 1976, 1978; Johansson, 1986; Fogel and Cromack, 1977; Catanzaro, 1979; Upadhyay et al., 1985; Howard, 1967; Attiwill, 1968)

3.3.3.2 Bladval/strooiselvoorraad verhoudingsmethode

Bij deze methode gaat men er vanuit dat in een boscysteem in evenwicht verkeerdt zodat de jaarlijkse snelheid van verhoging van de organische stof op de bosbodem gelijk is aan de jaarlijkse verliesnelheid. Door het vaststellen van zowel strooiselval als strooiselvoorraad wordt de afbraakconstante berekend (zie par. 3.3.2 vergl. 11).

De jaarlijkse strooiselval wordt gemeten door ongeveer tien strooiselopvangnetten te plaatsen rondom de opstandplaats. Elk opvangnet kan bestaan uit teryleennet met een maasgrootte van 0,1 mm en wordt aan de onderkant gesloten door een koord. Het opvangnet wordt van een ijzeren ring voorzien en door middel van drie paaltjes op een hoogte van ongeveer 90 cm boven de grond gehouden. Het op deze wijze verkregen strooisel wordt gesorteerd in een bladfractie en een restfractie, bestaande uit twijgen, takjes, vruchten, mannelijke bloemen, schilfers van de schors en bast etc. Het bladstrooisel wordt gedurende twee dagen bij 70°C gedroogd en na afkoeling gewogen. De totale strooiselvoorraad wordt op de in par. 2.5.1 beschreven wijze verkregen (Johansson, 1986; Turner, 1977; Minderman, 1968; Shidei en Tsutsumi, 1963; Lemee en Bichaut, 1973).

3.3.3.3 Deling tussen toegevoegde hoeveelheid strooisel en overblijvende hoeveelheid strooisel

Deze methode is qua principe sterk vergelijkbaar met de strooiselzakmethode maar wordt minder toegepast vanwege de bewerkelijkheid. In plaats van een vaste initiële hoeveelheid strooisel in een zak

wordt gerekend met de totale hoeveelheid toegevoegd strooisel aan de bosbodem gedurende een bepaalde periode door het vermenigvuldigen van de jaarlijkse strooiselval met het aantal jaren dat er gemeten wordt. Het overblijvende deel van het toegevoegde strooiselmateriaal na een tijdsperiode geeft een ruwe schatting van de strooiselafbraaksnelheid volgens vergl. 8 (par 3.2.2).

De gebruikte methode is als volgt: Er worden strooiselzakken uitgespreid. Na een bepaalde periode wordt het strooisel dat op de strooiselzakken ligt naar het laboratorium gebracht, gedurende twee dagen gedroogd bij 70 °C en na afkoeling gewogen. Dit deel vertegenwoordigt het overblijvende deel van het toegevoegde strooisel na de bepaalde tijdsperiode. Naast dit gedeelte worden er ook nog opvangnetten geplaatst, die na een jaar weer worden verwijderd. De gewogen massa uit een opvangnet wordt dan vermenigvuldigd met het aantal jaren dat het strooisel op de strooiselzak heeft gelegen, wat een schatting is voor de totale hoeveelheid toegevoegd strooisel (Johansson, 1986; Nihlgard, 1972).

3.3.4 Afbraakconstanten

Bij strooisel afbraakexperimenten wordt de (gemiddelde) jaarlijkse afbraakconstante gewoonlijk weergegeven als een percentage (p) of een fractie (f) van de aanwezige strooiselvoorraad. Soms wordt in plaats van het afbraak percentage (p) het overblijvend percentage (o) gegeven. Voor zover de gegevens in de literatuur betrekking hadden op percentage's of fracties heeft een omrekening plaats gevonden naar afbraakconstanten met behulp van de volgende formules:

$$p = 100 - o \quad (12)$$

$$f = p/100 \quad (13)$$

$$k = \ln (1/1-f)/t \quad (14)$$

In de volgende subparagrafen zijn de gemiddelde afbraakconstanten per strooiselcomponent (naald- en bladresten, totaal strooisel, kegels, takken en wortels) weergegeven in afhankelijkheid van de boomsoort, het klimaat (lokatie) en de bodem (humuslaag). Tevens is op basis van de literatuur nagegaan in hoeverre de gebruikte methode invloed heeft op de geschatte afbraakconstante. Vrijwel alle gegevens hebben daarbij betrekking op de afbraak in het eerste jaar. Alleen voor naald- en bladresten is een overzicht gegeven van de invloed van de incubatietijd op de afbraakconstante.

3.3.4.1 Naald- en bladresten

In aanhangsel 15 is een overzicht gegeven van afbraakconstanten van strooiselcomponenten per element, afhankelijk van boomsoort, leeftijd van de opstand, klimaat (lokatie), bodem (humuslaag) en methode. Op basis van aanhangsel 15a is in tabel 31 een samenvattend overzicht gegeven van de afbraakconstanten van verse naald- en bladresten.

Tabel 31 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van afbraakconstanten van naald/bladstrooisel, afhankelijk van boomsoort, methode, bodem (humuslaag) en klimaat.

Boom- soort	Meth. Bodem		Afbraakconstanten (jr^{-1})												
			Zeeklimaat			Overige klimaten			Alle klimaten						
			n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%
grove den	SZ	mor	3	0,31	20	0,24	0,36	1	0,33	0	0,33	0,33	4	0,31	31
	SZ	moder	1	0,36	0	0,36	0,36	1	0,42	0	0,42	0,42	2	0,39	11
	SZ	mull	-	-	-	-	-	1	0,35	0	0,35	0,35	3	0,46	21
	SZ	alle	4	0,32	17	0,24	0,36	3	0,35	4	0,33	0,36	7	0,35	26
	BV/SV	mor	3	0,26	16	0,23	0,31	1	0,44	0	0,44	0,44	4	0,31	31
	BV/SV	moder	1	0,36	0	0,36	0,36	1	0,42	0	0,42	0,42	2	0,39	11
	BV/SV	alle	4	0,29	21	0,23	0,36	3	0,44	4	0,42	0,45	7	0,35	26
	alle	mor	6	0,39	19	0,23	0,36	2	0,39	20	0,33	0,44	8	0,31	23
	alle	moder	2	0,35	4	0,34	0,36	2	0,39	11	0,36	0,42	4	0,37	9
	alle	mull	-	-	-	-	-	2	0,40	18	0,35	0,45	2	0,40	18
alle	alle	8	0,30	18	0,23	0,36	6	0,39	13	0,33	0,45	14	0,34	20	
douglas	SZ	-	-	-	-	-	11	0,31	26	0,22	0,43	11	0,31	26	
fijn- spar	SZ	mor	4	0,23	17	0,18	0,26	-	-	-	-	4	0,23	17	
	SZ	moder	1	0,54	-	-	-	1	0,31	-	-	-	2	0,33	7
	SZ	mull	1	0,22	-	-	-	1	0,21	-	-	-	2	0,22	3
	SZ	alle	6	0,25	23	0,18	0,34	2	0,26	27	0,21	0,31	8	0,25	22
	BV/SV	mor	4	0,31	53	0,21	0,55	-	-	-	-	-	4	0,31	53
	BV/SV	moder	1	0,75	-	-	-	1	0,39	-	-	-	2	0,57	45
	BV/SV	mull	-	-	-	-	-	1	0,22	-	-	-	1	0,22	-
BV/SV	alle	5	0,40	61	0,21	0,75	2	0,31	39	0,22	0,39	7	0,37	56	

vervolg tabel 31

Boom- soort	Meth. Bodem		Afbraakconstanten (jr^{-1})													
			Zeeklimaat			Overige klimaten			Alle klimaten							
			n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	
fijn-	alle	mor	8	0,27	44	0,18	0,55	-	-	-	-	-	-	8	0,27	44
spar	alle	moder	2	0,55	53	0,34	0,75	2	0,35	16	0,31	0,39	4	0,45	46	
	alle	mull	1	0,22	-	-	-	2	0,22	3	0,21	0,22	3	0,22	3	
	alle	alle	11	0,31	56	0,18	0,75	4	0,28	30	0,21	0,39	15	0,31	51	
eik	SZ	-	-	-	-	-	-	3	0,39	71	0,20	0,70	3	0,39	71	

SZ = Strooiselzakmethode

BV/SV = Bladval/strooiselvoorraad verhoudingsmethode

Uit tabel 31 volgt dat de invloed van de boomsoort op de afbraak-snelheid van verse naaldresten niet erg groot is. Tevens valt uit tabel 31 geen duidelijk verschil te constateren tussen de BV/SV-methode en de SZ-methode en tussen zeeklimaat en overige klimaten. Wel volgt uit tabel 31, dat moder en mull in het algemeen een hogere afbraakconstante hebben dan mor.

Wanneer geen onderscheid wordt gemaakt naar klimaat (lokatie), methode en bodem (humuslaag) dan is de gemiddelde afbraakconstante van grove den, douglas, fijnspar en zomereik respectievelijk 0,34, 0,31, 0,31 en 0,39.

In aanhangsel 16 is een overzicht gegeven van afbraakconstanten van naalden van de grove den als functie van de incubatietijd in afhankelijkheid van de leeftijd van de opstand, lokatie (Zuid-Zweden en rest van Zweden) en de bodem (humusvorm). In tabel 32 zijn deze gegevens verwerkt. Eerst is per humusvorm de gemiddelde afbraakconstante over 5 jaar gegeven. Vervolgens is de waarde per jaar

gegeven voor mor en het gemiddelde van alle humusvormen. Voor moder, mull en overgangsvormen was slechts een jaarlijkse waarde aanwezig (zie aanhangsel 16).

Uit tabel 32 blijkt dat de afbraakconstante afneemt met toenemende incubatietijd (een uitzondering blijkt Zweden mor te zijn, hier blijft de afbraakconstante gelijk). De invloed van de lokatie op de afbraakconstante lijkt niet groot, hoewel de waarden in zuid-Zweden (warmer) meestal wat hoger zijn. Verder volgt uit tabel 32 dat mull en moder hogere afbraakconstanten hebben dan mor zoals ook uit tabel 31 blijkt.

Tabel 32 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van afbraakconstanten van naaldstrooisel van de grove den bij verschillende incubatietijden, afhankelijk van de bodem (humuslaag).

Bodem	Incubatie- tijd	Afbraakconstanten (jr^{-1})												
		Zuid-Zweden			Noord-Zweden			Zweden						
		n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%
mor	1/5	14	0,37	26	0,22	0,55	29	0,27	36	0,11	0,45	43	0,30	35
moder	1/5	-	-	-	-	-	4	0,41	13	0,36	0,48	4	0,41	13
mull	1/5	5	0,43	19	0,33	0,54	4	0,42	14	0,35	0,48	9	0,43	16
mor/moder	1/5	-	-	-	-	-	5	0,38	14	0,33	0,46	5	0,38	14
moder/mull	1/5	5	0,39	12	0,34	0,44	-	-	-	-	-	5	0,39	12
alle	1/5	24	0,39	22	0,22	0,55	43	0,32	35	0,11	0,58	67	0,34	32
mor	1	3	0,45	21	0,36	0,55	6	0,28	44	0,12	0,45	9	0,34	41
mor	2	3	0,39	38	0,22	0,50	6	0,27	43	0,11	0,45	9	0,31	43
mor	3	3	0,38	18	0,30	0,43	6	0,27	37	0,13	0,42	9	0,31	33
mor	4	3	0,33	12	0,27	0,37	6	0,27	32	0,14	0,39	9	0,29	28
mor	5	2	0,28	20	0,24	0,32	5	0,27	34	0,14	0,38	7	0,27	29

vervolg tabel 32

Bodem	Incubatie- tijd	Afbraakconstanten (jr^{-1})												
		Zuid-Zweden			Noord-Zweden			Zweden						
		n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%	min.	max.	n	gem.	S%
alle	1	5	0,47	17	0,36	0,55	9	0,35	43	0,12	0,58	14	0,39	35
alle	2	5	0,42	27	0,22	0,50	9	0,33	40	0,11	0,48	14	0,36	35
alle	3	5	0,39	14	0,30	0,43	9	0,31	33	0,13	0,42	14	0,34	27
alle	4	5	0,35	13	0,27	0,38	9	0,30	27	0,14	0,39	14	0,31	23
alle	5	4	0,31	15	0,24	0,34	7	0,29	29	0,14	0,38	11	0,30	24

3.3.4.2 Totaal strooisel

Op grond van de gegevens in aanhangsel 15b zijn in tabel 33 de gemiddelde afbraakconstanten van het totale strooisel in afhankelijkheid van klimaat (lokatie), methode en boomsoort weergegeven met de bijbehorende standaardafwijking en de gevonden minimum- en maximumwaarden. Tevens is het aantal gegevens vermeld waarop de gemiddelden gebaseerd zijn. Informatie over de bodem (humuslaag) bleek veelal afwezig.

Uit tabel 33 kunnen geen conclusies getrokken worden over verschil in afbraakconstante per boomsoort vanwege het geringe aantal gegevens. Hetzelfde geldt voor de invloed van klimaat en bepalingmethode op de afbraakconstante.

Tabel 33 Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van afbraakconstanten van het totale strooisel, afhankelijk van boomsoort, methode en klimaat.

Boomsoort	Methode	Klimaat	n	Afbraakconstanten (jr^{-1})			
				gem.	S%	min.	max.
douglas	TS/OS ¹⁾	overig	5	0,15	33,67	0,09	0,23
lariks	TS/OS	zee	3	0,54	83,48	0,26	1,06
zomereik	TS/OS	zee	2	0,47	24,07	0,39	0,55
"	SZ ²⁾	"	1	0,43	-	-	-
"	alle	"	3	0,46	18,23	0,39	0,55
"	TS/OS	overig	1	0,12	-	-	-
"	SZ	"	2	0,34	4,15	0,33	0,35
"	alle	"	2	0,23	66,00	0,12	0,35
"	TS/OS	alle	3	0,35	61,51	0,12	0,55
"	SZ	"	3	0,37	14,30	0,33	0,43
"	alle	"	6	0,36	43,51	0,12	0,55
beuk	TS/OS	overig	1	0,40	-	-	-
"	BV/SV ³⁾	"	1	1,10	-	-	-
"	alle	"	2	0,75	66,00	0,40	1,10

1) TS/OS = Toegevoegd strooisel/overblijvend strooisel verhoudingsmethode

2) SZ = Strooiselzakmethode

3) BV/SV = Bladval/strooiselvoorraad verhoudingsmethode

De minimumwaarde voor strooiselafbraak is ca. 0,1. Een soortgelijke waarde kan worden berekend op basis van eerder genoemde waarden voor strooiselvoorraad (2.5.2.2) en strooiseltoevoer (par. 2.5.2.1). Uitgaande van een maximale strooiselvoorraad variërend van ca. 50-150 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ en een toevoer van ca. 5 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ via bladval en wortelsterfte, kan een afbraakconstante van ca. 0,03-0,1 jr^{-1} worden afgeleid.

3.3.4.3 Kegels, takken en wortels

Op grond van de gegevens in aanhangsel 15c zijn in tabel 34 de gemiddelde afbraakconstanten van kegels, takken en wortels in afhankelijkheid van boomsoort weergegeven. Alle gegevens hebben betrekking op de overige klimaten en zijn bepaald met de strooiselzak methode.

Tabel 34 Gemiddelde afbraakconstanten van kegels, takken en wortels van grove den en douglas.

Component	Boomsoort	n	Afbraakconstanten (jr^{-1})			
			gem.	S%	min.	max.
kegels	douglas	6	0,07	15	0,06	0,08
takken	douglas	10	0,08	20	0,06	0,09
wortels	grove den	6	0,17	12	0,15	0,20

Uit tabel 34 volgt dat de wortels een duidelijk hogere afbraakconstante hebben dan kegels en takken die onderling niet veel verschillen.

3.3.5 Vertaalfuncties tussen afbraakconstanten, klimaat en strooiselkwaliteit

Vertaalfuncties worden in de literatuur gebruikt voor het vastleggen van relaties tussen de afbraaksnelheid van strooisel en factoren als klimaat, vochtigheid en strooiselkwaliteit. De in de literatuur gevonden vertaalfuncties zijn in de volgende subparagrafen gegeven waarbij tevens is ingegaan op de beperkingen ervan.

3.3.5.1 Klimaat

Het klimaat (energie en vochtigheid) is een abiotische factor die invloed heeft op de afbraaksnelheid. Onder extreme temperaturen wordt de afbraaksnelheid versneld (warm, vochtig) of vertraagd (koud, droog). Zo is de afbraakconstante in de tropische zone hoger ($k = 3,0-5,0$) dan in de boreale zone ($k = 0,03-0,13$), (Swift et al., 1979). De beperkende factor in een deel van de tropische zone (woestijn) is de vochtigheid, maar in de tropische oerwouden gaat de afbraak zeer snel; de bodemfauna is hier zeer actief. De beperkende factoren in de boreale zone zijn de lage temperatuur, vochtigheid en de lage bodemactiviteit.

Bij vertaalfuncties wordt veelal gebruik gemaakt van de actuele evapotranspiratie (AET) en de temperatuurindex in de groeiperiode (TGP) als indicatoren van het klimaat. De actuele evapotranspiratie (mm jr^{-1}) is de verdamping van het begroeide oppervlak, bestaande uit de som van transpiratie, bodemverdamping en interceptieverdamping. De temperatuurindex (-) wordt berekend door de som van de optimale groeifracties, van elke dag van het groeiseizoen, te nemen. De vertaalfuncties hebben de algemene vorm:

$$\text{par} = a_0 + a_1(\text{AET}) + a_2(\text{TGP}) \quad (15)$$

Als parameter (par) is het afbraakpercentage (p) de afbraakfractie (f) of afbraakconstante (k) gebruikt. Waarden voor a_0 , a_1 en a_2 zijn gegeven in tabel 35, te samen met de verklaarde variantie (r^2).

Tabel 35 Vertaalfuncties (regressiecoëfficiënten) tussen strooisel (afbraakconstante) en klimaatgegevens.

Para- meter	Regressiecoëfficiënten			r^2	Boomsoort	Opmerking	Referentie
	ao	a1	a2				
f	-0,28	0,0013	-	0,77	grove den	AET range, 368-561 mm.jr ⁻¹	Manakov, 1961
f	-0,031	0,0006	-	0,25	gemengd ¹	idem	"
f	0,23	0,0006	-	0,09	fijnspar	idem	"
f	-0,19	0,0011	-	0,70	gemengd ²	idem	"
f	-0,15	0,0011	-	0,84	grove den, ondergroei	idem	"
logp	0,127	0,0011	-	0,96	gemengd ³	AET range, 116-1540 mm.jr ⁻¹	Mallkönen, 1974
log5k	1,7	-0,0016	-	0,96	idem	idem	"
k	0,44	-	0,002	0,11	douglas	TGP range, 74-98	Ellenberg, 1983

1 = naald/bladstrooisel van Lodgepole den, grove den, fijnspar en berk

2 = naald/bladstrooisel van Lodgepole den, grove den en fijnspar

3 = naald/bladstrooisel van vele verschillende bomen

De r^2 is de correlatiecoëfficiënt, hoe hoger deze waarde hoe beter in de vertaalfuncties geeft afbraakconstanten van respectievelijk 0,23, 0,22, 0,61, 0,25, 0,30, 0,39, 0,38 en 0,60, Bij de berekening van de afbraakconstanten is gebruik gemaakt van de vergelijkingen (13) en (14), voor de omrekening van p en f naar k. De relatief hoge afbraakconstanten van 0,61 en 0,60 zijn berekend uit vertaalfuncties met een zeer lage waarde van r^2 (respectievelijk 0,09 en 0,11) zodat deze waarden als niet betrouwbaar moeten worden aange-merkt. De gemiddelde waarde van de resterende data is 0,30, wat goed overeenkomt met de gemiddelde afbraakconstanten in tabel 32.

3.3.5.2 Strooiselkwaliteit

De strooiselkwaliteit is van belang voor de afbraaksnelheid. Strooisel dat oud is wordt slechter afgebroken dan strooisel van jongere leeftijd. Dit komt voornamelijk door het ligninepercentage. Lignine is moeilijk afbreekbaar en hoe ouder het strooisel hoe meer lignine het bevat. Als graadmeter voor de strooiselkwaliteit wordt dan ook dikwijls het ligninepercentage gebruikt. De vertaalfuncties hebben veelal de algemene vorm:

$$\text{par} = a_0 + a_1(\text{Lign}) + a_2(\text{Lign}/N) \quad (16)$$

De parameter (par) is weergegeven als afbraakfractie (f) of als afbraakconstante (k). De C/N-verhouding wordt ook wel als graadmeter gebruikt, maar hier zijn geen vertaalfuncties voor gevonden. Waarden van a_0 , a_1 en a_2 zijn gegeven in tabel 36 te samen met de verklaarde variantie (r^2).

Voor Nederlandse omstandigheden zijn een ligninepercentage van 25% en een N-gehalte van 1,5% realistische waarden. Uitgaande van een Lign./N-verhouding van 20 worden de afbraakconstanten respectievelijk 0,23, 0,67, 0,19, 0,70, 0,79, 2,20, 0,79, 0,65, 0,47, 0,32 en 0,23. De grote variatie in de verschillende waarden wordt met name veroorzaakt door klimaatsverschillen. Voor Nederlandse omstandigheden met relatief lage waarden voor AET zijn met name de laatste drie vertaalfuncties het meest relevant. Dit komt qua orde van grootte ook overeen met de eerder gegeven waarden. Overigens zal in Nederland het verschil in strooiselkwaliteit waarschijnlijk veel belangrijker zijn met betrekking tot de afbraaksnelheid dan het klimaat.

Tabel 36 Vertaalfuncties (regressie-coëfficiënten) tussen strooisel-afbraakconstanten en strooiselkwaliteitsgegevens.

Parameter	Regressiecoëfficiënt			r^2	Boom- soort	Opmerking	Referentie
	ao	a1	a2				
f	0,64	-	-0,022	0,91	gemengd loofbomen	New Hampshire	Chandler, 1943
f	0,69	-	-0,01	0,90	gemengd loofbomen	North Carolina	"
k	0,79	-	-0,027	0,59	gemengd bladeren	New Hampshire	"
k	1,16	-	-0,023	0,82	gemengd bladeren	North Carolina	"
k	8,35	-	-1 ¹	0,86	gemengd loof + naald		"
k	14,49	-	-1 ²	0,98	gemengd Lign/N	range, 42-647	"
k	1,39	-0,0297	-	0,66	-	AET=797mm.jr ⁻¹ Tennessee	Carpenter 1982
k	1,25	-0,0270	-	0,90	-	AET=713mm.jr ⁻¹ N.-Carolina	"
k	0,77	-0,0146	-	0,73	-	AET=559mm.jr ⁻¹ Oregon	"
k	0,45	-0,0067	-	0,11	-	AET=343mm.jr ⁻¹ Noorwegen	"
k	0,36	-0,0067	-	0,59	-	AET=449mm.jr ⁻¹ Engeland	"

1 Lign/N verheven tot de macht -0,784

2 Lign/N verheven tot de macht -0,629

4 CONCLUSIES

- 1 De toename in stamvolume of stammasa met de leeftijd van de opstand kan goed worden beschreven met een logistische functie. De gemiddelde toename in stamvolume verschilt per boomsoort en hangt verder sterk af van de voorkomende bodemeenheid. Dit bepaalt in hoge mate de geschiktheid en daarmee de boniteit (groeiklasse) van een boomsoort. Waarden voor de gemiddelde toename in stammasa over de omlooptijd van een boom variëren van ca. $1,5 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jr}^{-1}$ voor een slecht groeiende opstand van grove den tot ca. $7,5 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jr}^{-1}$ voor een goed groeiende opstand van douglas of lariks. Voor een gegeven geschiktheidsklasse is de gemiddelde toename in stammasa het hoogst voor douglas, fijnspar en lariks en het laagst voor grove den. Corsicaanse/Oostenrijkse den, zomereik en beuk nemen een middenpositie in.
- 2 De verhouding tussen tak- en stammasa blijkt tot ca. 50 ton stammasa af te nemen om vervolgens redelijk constant te blijven. Voor de meeste boomsoorten in Nederland komt 50 ton stammasa overeen met een leeftijd van ca. 20 jaar. De gemiddelde tak-stamverhouding (in $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$) vanaf 50 ton stammasa (20 jaar) is het hoogst voor Corsicaanse/Oostenrijkse den, zomereik en beuk (ca. 0,3), en het laagst voor douglas (ca. 0,1). Grove den, fijnspar en lariks nemen een midden positie in (ca. 0,15).
- 3 Vanaf een leeftijd van ca. 20 jaar is de biomassa van bladeren en naalden van de meeste boomsoorten redelijk constant (gesloten boomkroon). De naald/bladmasa kan sterk variëren maar is gemiddeld het hoogst voor douglas en fijnspar (ca. $10\text{-}15 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$), en het laagst voor lariks, zomereik en beuk (ca. $3\text{-}4 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$). Grove den en Corsicaanse/Oostenrijkse den nemen een midden positie in (ca. $7 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$).

De naaldvalconstante, die omgekeerd evenredig is met de naaldbezetting, neemt juist toe van fijnspar naar beuk. Gemiddelde waarden (in jr^{-1}) zijn 0,20 voor fijnspar, 0,28 voor douglas, 0,35 voor Corsicaanse/Oostenrijkse den en 0,55 voor grove den. Voor de loofbomen (zomereik en beuk) en lariks, wat een bladverliezende naaldboom is, is de naaldvalconstante uiteraard 1,0. Vermenigvuldiging van de gemiddelde waarden voor naald/bladmassa en naald/bladvalconstante leidt tot een naald/bladvalflux van 2-2,5 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$ voor Corsicaanse/Oostenrijkse den, 3-3,5 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$ voor grove den, douglas, fijnspar, zomereik en beuk en 4-4,5 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$ voor lariks.

- 4 Evenals de blad/naaldmassa lijkt de totale wortelmasa voor de meeste boomsoorten vanaf een leeftijd van ca. 20 jaar redelijk constant te zijn. De waarden variëren sterk als gevolg van opstandsdichtheid en groeiplaats. De invloed van de boomsoort lijkt gering. De gemiddelde totale wortelmasa bedraagt 30-40 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, onafhankelijk van de boomsoort. De fijne wortelmasa die in sterke mate de nutriëntenkringloop bepaalt middels afsterven en bijgroei, bedraagt gemiddeld 15% van de totale wortelmasa (gemiddeld 4,8 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$). De gemiddelde wortelsterfteconstante bedraagt ca. 1,5. Vermenigvuldiging hiervan met de gemiddelde fijne wortelmasa leidt tot een gemiddelde turnover-snelheid van fijne wortels van ca. 7 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$, ca. tweemaal zo hoog als de naald/bladvalflux. Op een goede groeiplaats zijn zowel de massa als de omloopsnelheid van fijne wortels relatief laag en op een slechte groeiplaats relatief hoog.
- 5 De biomassa van de strooisellaag hangt af van de leeftijd van de opstand, het klimaat en de groeiplaats. Waarden uit de literatuur voor opstanden van douglas, fijnspar en lariks in Nederland met een leeftijd van ca. 45-60 jaar, variëren van ca. 50-100 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$. Uitgaande van een strooiseltoevoer van 5 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ middels bladval en wortelsterfte kan deze strooiselvoorraad worden opgebouwd bij strooiselafbraakconstante van ca.

- 0,05-0,10 jr^{-1} . Dergelijke waarden zijn ook gevonden middels afbraakexperimenten. Waarden voor de afbraak van vers strooisel (jonger dan 1 jaar) variëren tussen ca. 0,2 en 0,6 jr^{-1} .
- 6 Elementgehalten nemen in het algemeen af van naalden naar fijne wortels naar takken naar stammen. Verder is voor vrijwel alle boomsoorten en in alle compartimenten het N-gehalte het hoogst, nemen de gehalten aan K en Ca een middenpositie in en zijn de P-, Mg- en S-gehalten het laagst. In de meeste compartimenten is het N-, K- en Ca-gehalte van loofbomen (met name de zomereik) hoger dan van naaldbomen, met uitzondering van de fijnspar. Gemiddelde waarden voor N variëren van 0,1% in stammen tot ca. 2,5% in de naalden (bladeren). Het hoge N gehalte in naalden is een specifiek Nederlandse situatie die samenhangt met de hoge N-belasting. In bladeren van loofbomen komen dergelijke gehalten ook voor in weinig belaste gebieden. Voor K en Ca variëren de gemiddelde waarden tussen ca. 0,05% in stammen tot ca. 1,1% in naalden (bladeren). De variatie in de gemiddelde P-, Mg- en S-gehalten is ca. 0,01% in stammen tot 0,2% in naalden en bladeren.

LITERATUUR

- 1 Abbot, D.T., and D.A. Crossley, 1982. Woody litter decomposition following clear-cutting. *Ecology* 63: 35-42.
- 2 Abee, A., 1973. Nutrient cycling under 450-year-old glass-Douglas-fir stands. M. Sc. Thesis, Oregon State U., Corvallis.
- 3 Aber, J.D., and J.M. Melillo, 1980. Litter decomposition measuring relative contributions of organic matter and nitrogen to forest soils. National Research Council of Canada.
- 4 Aber, J.D., and J.M. Melillo, 1982. Nitrogen immobilization in decaying hardwood leaf litter as a function of initial nitrogen and lignin content. National Research Council of Canada. *Canadian Journal of Botany* vol. 60.
- 5 Agren, G.I. and P. Kauppi, 1983. Nitrogen dynamics in European forest ecosystem: considerations regarding anthropogenic nitrogen depositions. Luxemburg.
- 6 Agren, G.I., 1985. Theoretical analysis of decomposition of heterogeneous substrates. *Soil Biology and Biochemistry*, 17: 601-610.
- 7 Albrektson, A., 1980a. Biomass of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.). Amount, development, methods of mensuration. The University of Agricultural Sciences, Dept. of Silviculture. Umea, Sweden, Report no. 2.
- 8 Albrektson, A., 1980b. Relations between tree biomass fractions and conventional silvicultural measurements. In: T. Persson (ed.): *Structure and function of Northern Coniferous Forests - an Ecosystem study*. 281-287. *Ecol. Bull.* 32, Swedisch Natural Science Research Council: 315-327.
- 9 Allen S.E., and J.K. Hibberd, 1974. In: Ulrich et al. *Data analysis and synthesis of forest ecosystems*. *Gott. Bodenkundl. Ber.* 3.
- 10 Alvera, B., 1973. Estudios en bosques de coniferas del Pirineo Central. Serie A: Pinar con acebo de San Juan de la Pena. I Produccion de hojarsca. *Pirineos* 109: 17-29.

- 11 Andersen, B., 1986. Impact of nitrogen deposition. In: J. Nilsson (ed.): Critical loads for nitrogen and Sulper. Nordic Council of Ministers 11: 159-197.
- 12 Andersson, F. 1970. Ecological studies ins a Scandinavian woodland and meadow area, southern Sweden. II. Plant biomass, primary production and turnover of organic matter. Botaniska Notiser 123: 8-51.
- 13 Andersson, F., 1971. Methods and preliminary results of estimation of biomass and primary production in a south Swedish mixed deciduous woodland. In: P. Duvigneaud (ed.): Productivity of forest ecosystems, UNESCO, Paris: 281-287.
- 14 Andersson, F., 1981. In: D.E. Reichle (ed.): Dynamic properties of forest ecosystems, p. 260. Cambridge University Press, Cambridge, London, New York, Melbourne.
- 15 Attiwell, P.M. and J.D. Ovington, 1968. Determination of forest biomass. Forest Science 14: 13-15.
- 16 Attiwill, P.M., 1968. The loss of element from decomposition litter. Ecology 49 (1): 142-145.
- 17 Auclair, D. and S. Metayer, 1980. Methodologie de l'evaluation de la biomasse aeriene sur pied et de la production en biomasse des taillis. Acta Oecologica/ Oecol. Applic. 1: 357-377.
- 18 Bastide, J.G.A. la and P.J. Faber, 1972. Revised yield tables for six tree species in the Netherlands. "De Dorschkamp", Wageningen. Band 11, nr. 1.
- 19 Berendse, F., B. Berg, and E. Bosatta, 1987. The effect of lignin and nitrogen on the decomposition of litter in nutrient-poor ecosystems: a theoretical approach. Canadian Journal of Botany, 65: 1116-1120.
- 20 Berg, B. and H. Staaf, 1980. Decomposition rate and chemical changes of Scotch pine needle litter. I Influence of stand age Structure and Function of Northern Coniferous forests - A ecosystem Study. Ecological Bulletin 32: 363-372.
- 21 Berg, B. and H. Staaf, 1981. Leaching, accumulation and release of nitrogen in decomposing forest litter. In: F.E. Clark and T. Rosswell (eds) Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecological Bulletin 33: 163-178.

- 22 Berg, B., K. Hannus, T. Popoff and O. Theander, 1982. Changes in organic-chemical components of needle litter during decomposition. Long-term decomposition in a Scotch pine forest I. *Canadian Journal of Botany*, 60: 1310-1319.
- 23 Berg, B., G. Ekbohm, and C. McClaugherty, 1984. Lignin and holocellulose relations during long-term decomposition of some forest litters. Long-term decomposition in a Scotch pine forest IV. *Canadian Journal of Botany*, 62: 2450-2550.
- 24 Berg, B., 1984. Decomposition of root litter and some factors regulating the process: long-term root litter decomposition in a Scotch pine forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 16: 609-617.
- 25 Berg, B., P.E. Jansson, and V. Meentemeyer, 1984. Litter decomposition and climate -regional and local models. In: G.I. Agren (ed): State and change of forest ecosystems -Indicators in current research. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Ecology and Environmental Research, Report nr. 132: 389-404.
- 26 Berg, B. and B. Wessen, 1984. Changes in organic-chemical components and ingrowth of fungal mycelium in decomposing birch leaf litter as compared to pine needles. *Pedobiologia*; 26: 285-298.
- 27 Berg, B. and G.I. Agren, 1984. Decomposition of needle litter and its organic-chemical components: theory and field experiments. Long-term decomposition in a Scotch pine forest III. *Canadian Journal of Botany*, 62: 2880-2888.
- 28 Berg, B. and J.E. Lundmark, 1985. Decomposition of needle litter and rootsystems. Department of Forest Ecology and Forest Soils. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. Research Notes, No 53.
- 29 Berg, B., 1986. Nutrient release from litter and humus in coniferous forest soils - a mini review. *Scand. Journal of Forest Research* 1: 359-369.
- 30 Beschrijvingsmethodiek van bodemprofielen ten behoeve van het basisprogramma van het project bosreservaten. Wageningen, STIBOKA, (intern artikel).

- 31 Bethge, P.O. ten, R. Radestrom, and O. Theander, 1971.
Kvatitativ kolhydratbestamning -en detaljstudie.- Comm. from
Swedish Forest Research Lab., Stockholm.
- 32 Bigger, C.M. and D.W. Cole, 1983. Effects of harvesting
intensity on nutrient losses and future productivity in high and
low productivity red alder and Douglas-fir stands. In: R.
Ballard, S. Gessel (eds): IUFRO Symposiumon Forest site and
Continuous Productivity. YSDA Forest Service Gen. Tech. Rep.
PNW-163.: 167-178
- 33 Binkley, D., 1982. Case studies of red alder and Sitka alder in
Douglas-fir plantations: N fixation and ecosystem production.
Corvallis, Oregon, USA. Ph. D. Thesis, Oregon State Univ.
- 34 Binkley, D., J.P. Kimmins, and M.C. Feller, 1982. Water
chemistry profiles in an earley- and a mid succesional forest in
coastal British Columbia. Canadian Journal of Forest Research
12: 240-248.
- 35 Binkley, D., 1983. Ecosystem production in Douglas-fir
plantations: interaction of red alder and site fertility. Forest
Ecol. Manage. 5: 215-227
- 36 Binkley, D., Lousier, J.D. and K. Cromack Jr., 1984. Ecosystem
effects of Sitka alder in a Douglas-fir plantation. Forest
Science 30: 26-35.
- 37 Bocock, K.L. and O.J.W. Gilbert, 1957. The disappearance of leaf
litter under different woodland conditions. Plant and Soil IX
no. 3 (december 1957).
- 38 Bocock, K.L., 1964. Changes in the amounts of dry matter,
nitrogen, carbon and energy in decomposition woodland leaf
litter in relation to the activities of the soil fauna. Woodland
leaf litter and soil fauna. Journal of Ecology 52: 273-284.
- 39 Bonnevie-Svendsen, C. and O. Gjems, 1957. Amount and chemical-
composition of the litter from larch, beech, Norway spruce and
Scotch pine stands and its effect on the soil Det. Norske
Skogforsoksrien, Vollebekk, Norge.
- 40 Bormann, F.H., G.E. Likens and J.M. Melillo, 1977. Nitrogen
buget for an aggradin nothern hardwood forest ecosystem. Science
196: 981-983.

- 41 Bormann, B.T. and D.S. Debell, 1981. Nitrogen content and other soil properties related to age of red alder stands. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 428-432.
- 42 Bornebusch, C.H., 1937. Iaghagelser over rodgraqmens naalefald. *Forstl. Forsoku. Danm.* 14: 173-176.
- 43 Botkin, D.B., J.F. Janak and J.R. Wallis, 1972. Some ecological consequences of a computer model of forest growth. *Journal of Ecology* Vol. 60: 849-872.
- 44 Breeuwsma, A. en W. de Vries, 1984. Gevolgen van de zure regen voor de bodem. 2. Aandeel in de bodemverzuring in Nederland. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 1787.
- 45 Bringmark, L., 1977. A bio-element budget of an old Scotch pine in central Sweden. *Silva Fennica* 11: 201-209.
- 46 Burg, J. van den, 1982. Resultaten van incidenteel uitgevoerd naald-, blad- en grondonderzoek in de periode 1978 t/m 1981 (aangevuld met enkele gegevens uit de periode 1972 t/m 1975). Wageningen, "De Dorschkamp", Rapport nr. 311.
- 47 Burg, J. van den, 1983. Veranderingen in heidegronden door bebossing. In: C.P. van Goor (ed.): *Ecologie en gebruik van bossen*: 156-167.
- 48 Burg, J. van den, 1985. De kopervoorziening van cultures van japanse lariks in boswachterijen in Noordoost-Nederland, september 1980 (met enkele aanvullende gegevens). Wageningen, "De Dorschkamp", Rapport nr. 389.
- 49 Burg, J. van den, 1986. Verslag van een koper-fosforbemestingsproef in een douglascultuur in de boswachterij Schoonloo, vak 117a (midden) (voorjaar 1979 - najaar 1983). Wageningen, "De Dorschkamp", Rapport nr. 417.
- 50 Burg, J. van den, 1986. Verslag van een onderzoek naar de naaldsamenstelling van vier grove-dennenopstanden in de boswachterij Kootwijk. Wageningen, "De Dorschkamp", Rapport nr. 459.
- 51 Burg, J. van den en P.H. Schoenfeld, 1988. Veranderingen in de groeiplaats van twee generaties naaldboomopstanden op voormalige heidegronden in Drenthe. Wageningen, "De Dorschkamp", Rapport nr. 491.

- 52 Burg, J. van den, P.W. Evers, G.F.P. Martakis, J.P.M. Relou en D.C. van der Werf, 1988. De conditie en de minerale-voedings-toestand van opstenden van grove den (*Pinus Silvestris*) en de Corsicaanse den (*Pinus Nigra* Var. *Maritima*) in de Peel en op de Zuidoostelijke Veluwe najaar 1986. Wageningen, De Dorschkamp", Rapport nr. 519.
- 53 Burg, J. van den en H.P. Kiewiet, 1989. Veebezetting en de naaldsamenstelling van grove den, douglas en Corsicaanse den in het Peelgebied in de periode 1956 t/m 1988. Een onderzoek naar de betekenis van de veebezetting voor het optreden van bos-schade. Wageningen, "De Dorschkamp", Rapport nr. 559.
- 54 Burger, H., 1939. Holz, Blattmenge und Zuwachs. VIII Die Eiche. Mitt. schwiz. Anst. forstl. VersWes. 25: 211-279.
- 55 Burger, H., 1941. Holz, Blattmenge und Zuwachs. V Fichten und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturorten. Mitt. schwiz. Anst. forstl. VersWes. 22: 10-62.
- 56 Burger, H., 1948. Holz, Blattmenge und Zuwachs. IX Die Föhre Mitt. schwiz. Anst. forstl. VersWes. 25: 435-493.
- 57 Burger, H., 1949. Holz, Blattmenge und Zuwachs. X Die Buche. Mitt. schwiz. Anst. forstl. VersWes. 26: 419-468.
- 58 Cannell, M.G.R., 1982. World forest biomass and primary production data. Academic Press.
- 59 Carpenter, S.R., 1982. Comparisons of equations for decay of leaf litter in tree-hole ecosystems. *Oikos* 39: 17-22.
- 60 Catanzaro, J.B. de, 1979. Litter decomposition and nutrient turnover in three ecosystems types of the coastal western hemlock biogeoclimate zone. Canada, Vancouver, M. Sc. Thesis, Univ. of B.C.
- 61 Chandler, R.F. Jr., 1943. Amount and mineral nutrient content of freshly fallen needle litter of some northeastern conifers. *Proc. Soil Sc. Soc. Am.* 8: 409-411.
- 62 Cole, D.W., S.P. Gessel and S.F. Dice, 1967. Distribution and cycling of nitrogen, phosphorus, potassium, and calcium in a second-growth douglas-fir ecosystem. In: H.E. Young (ed.): *Symp. on Primary Productivity and Mineral Cycling in Natural Ecosystems*. Orone, USA, Univ. of Maine.

- 63 Cole, D.W. and T.M. Ballard, 1968. Mineral and gas transfer in a forest floor - A phase model approach. In: Tree growth and forest soils, edited by C.T. Youngberg and C.B. Davey: 347-358.
- 64 Cole, D.W., C.C. Grier, R.L. Edmonds and S.P. Gessel., 1972. First year progress report "Impact of whole tree harvesting and residue removal on productivity and nutrient loss from selected soils of the Pacific Northwest." Seattle, USA, College of Forest Resources, Univ. of Washington.
- 65 Cole, D.W. and M. Rapp, 1980. Elemental cycling in forest ecosystems. A synthesis of the IBP synthesis. In: D.E. Rechle (ed.): Dynamic Properties of Forest Ecosystems. Cambridge Univ. Press.: 341-409.
- 66 Cole, D.W., P.J. Riggen, J. Turner, D.W. Johnson and D. Breuer, 1983. Factors effecting nitrogen cycling in some Douglas-fir ecosystems of pacific northwest. In: D.C. Adriano and I. Lehr (eds): A symposium on environmental chemistry and cycling processes. Conf. - 760429 US Department of Energy.
- 67 Dailey, A.D. In: Ulrich et al, 1974. Data analysis and synthesis of forest ecosystems. Gott. Bodenkundl. Ber. 30.
- 68 Deans, J.D., 1981. Dynamics of coarse root production in a young plantation of *Picea sitchensis*. *Forestry*, 54 (2.): 139-155
- 69 Decei, I., 1981. Biomass of high productivity trees and young beech stands (*Fagus sylvatica* L.). Kyoto Biomass Studies, School of Forestry and Natural Resources, University of Maine, Orono, USA: 125-128
- 70 Dice, S.F., 1970. The Biomass and Nutrient Flux in a Second Growth Douglas-fir Ecosystem. Seattle, USA. Ph.D. thesis. University of Washington.
- 71 Droste zu Hulshoff, B. von, 1970. Struktur, Biomasse und Zuwachs eines alteren Fichtenbestandes. *Forstwiss. Zentbl.* 89: 162-171.
- 72 Duvigneaud, P. and A. Froment, 1969. Rescherches sur l'ecosystemes foret. Serie E. Forets de haute Belgique. Contribution No. 5. Elements biogenes de l'edaphotope et phytocenose forestiere. *Bull. Inst. Sci. nat. Belg.* 45: 1-48.

- 73 Duvigneaud, P. and S. Denaeyer-de Smet, 1970. Biological cycling of minerals in temperate deciduous forests. In: D.E. Reichle (ed.): *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*, Springer Verlag, Berlin: 199-255
- 74 Duvigneaud, P., P. Kestemont and P. Ambroes, 1971. Productivité primaire des forêts tempérées d'essences feuillues caducifolices en Europe occidentale. In: P. Duvigneaud (ed.): *Productivity of forest ecosystems*, UNESCO: 259-270.
- 75 Duvigneaud, P. and P. Kestemont, 1977. Productivité Biologique en Belgique. Publ. Ministère de l'Education Nationale et de la Culture Française et par het Ministerie van Nationale Opvoeding en Nederlandse Cultuur.
- 76 Dzents-Litovskaya, N.N., 1960. Mineral composition of vegetation and soil formation in the Crimean foothill forests. *Vest Leningr. Gos. Univ., Sr. Geol. Geogr.* 12(2).
- 77 Ebermayer, E. 1876. *Die gesamte Lehre der Waldstreu mit Ruchtsicht auf die Chemioche Statik des Waldbaues*. Springer Verlag, Berlin.
- 78 Edmonds, R.L., 1987. Decomposition rates and nutrient dynamics in small-diameter woody litter in four forest ecosystems in Washington, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 17: 499-509.
- 79 Ellenberg, H., 1981. In: D.E. Reichle (ed.): *Dynamic properties of forest ecosystems*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, London, New York, and Melbourne: 669-671.
- 80 Ellenberg, H., 1983. *Integrated experimental ecology. Methods and results of ecosystem research in the German Solling Project.* (Chapters B, D and E) Chapman and Hall Ltd, London; Springer Verlag, Berlin, Heidelberg and New York.
- 81 Espinosa Bancalari, M.A. and D.A. Perry, 1978. Distribution and increment of biomass in adjacent young Douglas-fir stands with different growth rates. *Can. J. For. Res.* no. 17: 722-730.
- 82 Fogel, R. and F. Cromack Jr., 1977. Effect of habitat and substrate quality on Douglas-fir litter decomposition in Western Oregon. *Can. J. Bot.* 55: 1632-1640.

- 83 Fogel, R. and G. Hunt, 1979. Fungal and arboreal biomass in a western Oregon Douglas-fir ecosystem: distribution patterns and turnover. *Can. J. For. Res.* 9: 245-256.
- 84 Fujimori, T., S. Kawanabe, H. Saito, C.C. Grier and T. Shidei, 1976. Biomass and primary production in forests of three major vegetation zones of the north-western United States. *J. Jap. For. Soc.* 58: 360-373.
- 85 Garetkov, D., 1973. Biological productivity of some beech forest types in Bulgaria. *IUFRO Biomass Studies*. College of Life Sciences and Agriculture, University of Maine, Orono, USA: 307-314.
- 86 Gholz, H.L., F. Fitz and F.H. Waring, 1976. Leaf area differences associated with old-growth forest communities in the western Oregon Cascades. *Can. J. For. Res.* 6: 49-57.
- 87 Gholz, H.L., C.C. Grier, A.G. Campbell and A.T. Brown, 1979. Equations for Estimating Biomass and Leaf Area of Plants in the Pacific Northwest. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, USA. Research Paper no. 41.
- 88 Gholz, H.L., 1981. Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area, and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest. *Ecology*.
- 89 Grier, C.C., D.W. Cole, C.T. Dyrness and F.L. Fredriksen, 1974. Nutrient cycling in 37- and 450-year-old Douglas-fir ecosystems. In: F.H. Waring and R.L. Edmonds (eds): *Integrated Research in the Coniferous Forest Biome*. Seattle, USA. College of For. Resources, CFB Bulletin 5, Univ. of Washington: 21-34.
- 90 Grier, C.C., K.A. Vogt, M.R. Keyes, and R.L. Edmonds, 1981. Biomass distribution and above- and below-ground production in young and mature *Abies amabilis* zone ecosystems of the Washington Cascades. *Can. J. For. Res.* 11: 155-167
- 91 Groot, A. de, De invloed van omgevingsfactoren op stikstof-omzettingsprocessen. Stage verslag HBCS Velp.
- 92 Haans, J.C.F.M., 1979. De interpretatie van bodemkaarten. Rapport van de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten, stadium C. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 1463.

- 93 Harris, W.F., R.S. Kinerson, Jr., and N.T. Edwards, 1977. Comparison of belowground biomass of natural deciduous forest and loblolly pine plantations. *Pedobiologia* 17: 369-381
- 94 Havas, P., 1981. In: D.E. Reichle (ed.): *Dynamic properties of forest ecosystems*, p. 582. Cambridge University Press, Cambridge, London, New York, Melbourne.
- 95 Hayes, A.J., 1965. Studies on the decomposition of coniferous leaf litter. *Journal of Soil Science* vol. 16 no 1.
- 96 Heilig, P.M., 1981. *Houtvademecum*. Antwerpen.
- 97 Heilman, P.E., 1961. *Effects of Nitrogen Fertilization on the Growth and Nitrogen Nutrition of Low-site Douglas-fir Stands*. Seattle, USA. Ph.D. thesis, University of Washington.
- 98 Heilman, P.E., and S.P. Gessel, 1963. The effect of N- fertilization on the concentration and weight of N, P and K in Douglas-fir trees. *Soil Sc. Soc. Am. Proc.* 27: 102-105.
- 99 Holm, E. and V. Jensen, 1972. In: D.E. Reichle (ed.): *Dynamic properties of forest ecosystems*, p. 581. Cambridge University Press, Cambridge, London, New York and Melbourne.
- 100 Holmen, H., 1964. *Forest ecological studies on drained peat land in the province of Uppsala, Sweden. Parts I-III*, Stud. For. Suec., Nr. 16, Skogshogskolan, Stockholm.
- 101 Hoover M.D. and H.A. Lunt 1952. A key for the classification of forest humustypes. *Soil Science Society Proceedings*.
- 102 Howard, P.J.A., 1967. A method for studying respiration and decomposition of litter pp. 464-472 In: Graff, O. and J. Satchell. *Progress in Soil Biology*.
- 103 Hytteborn, H., 1975. Deciduous woodland at Andersby, eastern Sweden. Above-ground tree and shrub production. *Acta phytogeogr. suec.* 61.
- 104 Ingestad, T. and M. Kahr, 1985. Nutrient and growth of coniferous seedlings at varied relative nitrogen addition rate. *Physiol. Plant*, 65: 109-116. Copenhagen.
- 105 Janssen, B.H., 1983. *Organische stof en bodemvruchtbaarheid*. Wageningen, LUW, Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding.

- 106 Jansson, P.E. and B. Berg, 1985. Temporal variation of litter decomposition in relation to simulated soil climate. Long-term decomposition in a Scotch pine forest V. *Can. J. Bot.* 63.
- 107 Jenny, H., S.P. Gessel and F.T. Bingham, 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Sci.* 68: 419-432.
- 108 Johansson, M.B., 1986. Chemical composition and decomposition pattern of leaf litters from trees in Sweden with special reference to methodological aspects and site properties. Department of Forest Soils. Swedish Univ. of Agricultural Sciences Rapport nr. 56.
- 109 Johnson, D.W., 1984. Sulfur cycling in forests. *Biogeochemistry* 1: 29-34.
- 110 Jozefaciukowa, W., 1975. The biomass of the root systems of the pine and oak in the Kaminos National Park. *Ekologia Polska* 23 (1): 83-92.
- 111 Karpov, V.G., 1973. Structure and productivity of spruce, forests of the southern taiga. Nauka, Leningrad Branch, Academy of Sciences, Leningrad.
- 112 Kawahara, T. and T. Tsutsumi, 1973. Studies on the circulation of carbon and nitrogen in forest ecosystems. *Bul. of Kyoto Univ. For.* 44: 141-158.
- 113 Kazimirov, N.I. and R.N. Morozova, 1973. Biological cycling of matter in spruce forests of Karelia. Nauka, Leningrad Branch. Academy of Science, Leningrad.
- 114 Kendrick, W.B., 1959. The time factor in the decomposition of coniferous leaf litter. *Can. J. Bot.* 37: 907-912.
- 115 Kestemont, P., 1971. Productivite primaire des tallis simples et concept de necromasse. In: P. Duvigneaud (ed.): *Productivity of forest ecosystems*, UNESCO, Paris: 271-279.
- 116 Kestemont, P., 1975. Biomasse, Necromasse et Productivite Aeriennes Ligneuses de quelques Peuplements Forestiers en Belgique. Thesis. Faculty of Sciences, Free University of Brussels.

- 117 Keyes, M.R. and C.C. Grier, 1981. Above- and below-ground net production in 40-year-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. *Can. J. For. Res.* Vol. 11: 599-605.
- 118 Kimmins, J.P. and B.C. Hawkes, 1978. Distribution and chemistry of fine roots in a white spruce-subalpine fir stand in British Columbia: implications for management. *Can. J. For. Res.* 8: 265-279.
- 119 Kimmins, J.P., D. Binkley, L. Chatarpaul and J. de Catanzaro, 1985. Biochemistry of temperate forest ecosystems: Literature on inventories and dynamics of biomass and nutrients. Petawawa National Forestry Institute, Information Report PI-X-47E/F.
- 120 Kleijn, C.E., J.H. Oterdoom, W. de Vries en C. Hendriksen, 1987. De indirecte effecten van atmosferische depositie op de vitaliteit van Nederlandse bossen. 1. Beschrijving van onderzoeksopzet. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 2010.
- 121 Kleijn, C.E., G. Zuidema, W. de Vries, 1989. De indirecte effecten van atmosferische depositie op de vitaliteit van Nederlandse bossen. 2. Depositie, bodemeigenschappen en bodemvochtsamenstelling van acht douglasopstanden. Wageningen, STIBOKA, Rapport nr. 2050.
- 122 Kofman, P.D., 1983. De oogst van biomassa in dunningen en de gevolgen voor de bodemvruchtbaarheid. Wageningen, "De Dorschkamp", Rapport nr. 335.
- 123 Kros, J., P. Janssen, W. de Vries en C. Bak, 1990. Het gebruik van onzekerheidsanalyse bij modelberekeningen: Een toepassing op het regionale bodemverzuringmodel RESAM. Wageningen, Staring Centrum Rapport.
- 124 Laboratoriumhandleiding humusprofiel onderzoek (Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium, U.v.A).
- 125 Leaf, L.A., 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing forests. In: L.M. Walsh and J. D. Beaton (ed.): Soil testing and plant analysis. Wisconsin, 427-454.
- 126 Lemee, G. and N. Bichaut, 1973. Recherces sur les ecosystems des reserves biologiques de la foret de Fontainebleau II. Decomposition de la litiere de feuilles des arbres et liberation des bioelements. *Oecol. Plant.*, 8: 153-174.

- 127 Lemeé, G., 1978. La hêtre naturelle de Fontainebleau. In: M. Lamotte and F. Bourlière (eds): *Problèmes d'écologie: Structure et fonctionnement des écosystèmes terrestres*. Masson, Paris, New York, Barcelona and Milan. 75-127.
- 128 Lim, M.T. and J.E. Cousens, 1986a. The internal transfer of nutrients in a Scotch pine stand. 1. Biomass components, current growth and their nutrient content. *Forestry* Vol. 59: 1-16.
- 129 Lim, M.T. and J.E. Cousens, 1986b. The internal transfer of nutrients in a Scotch pine stand. 2. The patterns of transfer and the effects of nitrogen availability. *Forestry* Vol. 59: 17-27.
- 130 Lousier, J.D. and D. Parkinson, 1976. Litter decomposition in a cool temperate deciduous forest. *Can. J. Bot.* 54: 419-436.
- 131 Lousier, J.D. and D. Parkinson, 1978. Chemical element dynamics in a decomposing leaf litter. *Can. J. Bot.* 56: 18-34
- 132 Lowe, L.E., 1973. Amino Acid Distribution in Forest Humus Layers in British Columbia. *Soil Science Proceedings Soc. of America* vol. 37 no. 4.
- 133 Lyr, H., and G. Hoffmann, 1967. Growth rates and growth periodicity of tree roots. *Int. Rev. Forest. Res.* N.Y. 2: 181-236.
- 134 Mallkönen, E., 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scotch pine stands. *Communications Forestalis Fennia Helsinki*, vol. 84 no. 5 pp.1-87.
- 135 Manakov, K.N., 1961. Absorption of mineral elements and nitrogen from the soil by vegetation in the Forests of the Kola Peninsula. *Pochvovedenie* no. 8.
- 136 Manakov, K.N., 1962. Characteristics of the plant litter fall in some forest plantations of the Murmansk Province. *Bot. Zh.*, 47 (8).
- 137 Marchenko, A.I. and Y.M. Karlov, 1961. Study of plant mass reserves in spruce and green moss forests of Northern Taiga. *Bot. Zh.* 46 (8).
- 138 Marchenko, A.I. and Y.M. Karlov, 1962. Mineral exchange in spruce forests of the Northern Taiga and the forest-tundra of the Arkhangel Province. *Pochvovedenie* No. 7.

- 139 Mason, C.F., 1970. Snail populations, beech litter production and the role of snails in litter decomposition. *Oecologica* 5: 215-239.
- 140 McClaugherty, C.A., J.D. Aber, and J.M. Melillo, 1982. The role of fine roots in the organic matter and nitrogen budgets of two forested ecosystems. *Ecology*, 63(5): 1481-1490.
- 141 McClaugherty, C.A., J. Pastor, J.D. Aber, and J.M. Melillo, 1985. Forest litter decomposition in relation to soil nitrogen dynamics and litter quality. *Ecology*, 66(1): 266-275.
- 142 Medwecka-Kornas, A., A. Lomnicki and E. Bandola-Ciolczyck, 1974. Energy flow in the oak-hornbeam forest. *Bull. Aca. pol. Science Cl II Ser. biol.* 22: 563-567.
- 143 Meentemeyer, V., 1978. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology*, 59 (3): 465-472.
- 144 Meentemeyer, V., 1983. Climate regulation of decomposition rates of organic matter in terrestrial ecosystems. In: D.C. Adriano and I. Lehr (eds): A symposium on environmental chemistry and cycling processes. Conf. - 760429 US Department of Energy.
- 145 Meentemeyer, V. and B. Berg, 1986. Regional Variation in Rate of mass loss of *Pinus Sylvestris* needle litter in Swedish pine forests as influenced by climate and litter quality. *Scand. Journal of Forest Research* 1: 167-180.
- 146 Melillo, J.M., J.D. Aber and J.F. Muratore, 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood litter decomposition dynamics. *Ecology* 63 (3): 621-626.
- 147 Mikola, P., 1960. Comparative experiment on decomposition rates of forest litter in southern and northern Finland. *Oikos* 11: 161-166.
- 148 Miller, H.G. and J.D. Miller, 1976. Effect of nitrogen supply on net primary production in Corsican Pine. *J. Appl. Ecol.* 13: 249-256
- 149 Miller, H.G., J.D. Miller and O.J.L. Pauline, 1976. Effect of nitrogen supply on nutrient uptake in Corsican Pine. *J. Appl. Ecol.* 13: 955-966.

- 150 Miller, H.G., J.D. Miller and J.M. Cooper, 1980. Biomass and nutrient accumulation at different growth rates in thinned plantations of Corsican Pine. *Forestry* no. 53: 23-39.
- 151 Mina, V.N., 1955. The nitrogen and ash element cycle in the oak woods of the forest-steppe. *Pochvovedenie* No. 6.
- 152 Minderman, G., 1967. The production of organic matter and the utilization of solar energy by a forest plantation of *Pinus nigra* va. *austriaca*. *Pedobiol* 7: 11-22.
- 153 Minderman, G., 1968. Addition, decomposition and accumulation of organic matter in forests. *J. Ecology* 56: 355-363.
- 154 Möller, C.M., 1945. Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. *Forst. ForsVaes. Danm.* 17: 1-287.
- 155 Möller, C.M., D. Muller and J. Nielsen 1945a. Graphic presentation of dry matter production of European beech. *Forst. ForsVaes. Danm.* 21: 327-335.
- 156 Möller, C.M., D. Muller and J. Nielsen 1945b. Loss of branches in European beech. *Forst. ForsVaes. Danm.* 21: 253-271.
- 157 Mork, E., 1942. Om strofallet i vare skoger. *Medd. Norske Skogforsoksr.* 29: 297-365.
- 158 Nihlgard, B., 1972. Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in a beech and a planted spruce forest in south-Sweden. *Oikos* 23: 69-81.
- 159 Nykvist, N., 1973. The effect of clearfelling on the distribution of biomass and nutrients. In: *Systems Analysis in Northern Coniferous Forests - IBP Workshop. Bull. Ecol. Res. Comm. H.*
- 160 Olson, J.S., 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44: 322-331.
- 161 Oosterbaan, A. en F. Leffef, 1987. Conditievermindering en sterfte van de zomereik (*Quercus robur* L.) in Nederland. *Nederlands bosbouw tijdschrift* nr. 6: 186-192.
- 162 Oterdoom, J.H., J. van den Burg en W. de Vries, 1987. Resultaten van een oriënterend onderzoek naar de minerale voedingstoestand en de bodemchemische eigenschappen van acht douglasopstanden met vitale en minder vitale bomen in Midden-Nederland, winter 1984/1985. Wageningen, "De Dorschkamp", Rapport nr. 470.

- 163 Oterdoom, J.H., A.F.M. Olsthoorn, R. Postma en W. de Vries, 1990. De indirecte effecten van atmosferische depositie op de vitaliteit van Nederlandse bossen. 5. Vitaliteitskenmerken, naaldsamenstelling, fijne wortels en groei van acht douglas-opstanden. Wageningen, "De Dorschkamp", (Concept).
- 164 Oude Voshaar, J.H., 1982. Cursus inleiding in de statistiek voor de afdeling Bodemchemie van STIBOKA. Instituut TNO voor wiskunde informatieverwerking en statistiek, afdeling Wageningen.
- 165 Ovington, J.D., 1954. Studies of the development of woodland conditions under different trees. II The forest floor. *Journal of Ecology* 42: 71-81.
- 166 Ovington, J.D., 1957. Dry matter production by *Pinus sylvestris*. *Ann. Bot.* 21: 287-314.
- 167 Ovington, J.D. and H.A.I. Madgwick, 1959. Distribution of organic matter and plant nutrients in a plantation of Scotch pine. *Forest Science* 5: 344-355.
- 168 Ovington, J.D., 1959a. The circulation of minerals in plantations of *Pinus sylvestris* L. *Ann. Bot.* 21: 287-314.
- 169 Ovington, J.D., 1959b. Mineral content of plantations of *Pinus sylvestris* L. *Ann. Bot.* 23: 75-88.
- 170 Ovington, J.D., 1961. Some aspects of energy flow in plantations of *Pinus sylvestris* L. *Ann. Bot.* 25: 12-20.
- 171 Ovington, J.D., 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. In: J.B. Cragg (ed.): *Advances in Ecological Research*. Vol. I. Academic Press, New York:102-192.
- 172 Paavilainen, E., 1980. Effect of fertilization of plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swab. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae (Helsinki) No. 98.*
- 173 Padre, D.R., 1980. Forest biomass. *Forestry abstracts review*. Commonwealth Forestry Bureau, Canada
- 174 Parshevnikov, A.L. 1957. Effects of replacement of spruce by birch on the properties of peaty humus soils. In: *Commemorative volume, Young Forestry Workers on the 40th Anniversary of the October Revolution, Moscow.*

- 175 Pastor, J. and W.M. Post, 1986. Influence of climate, soil moisture and succusion on forest carbon and nitrogen cycles. *Biogeochemistry* 2: 3-27.
- 176 Pavlov, M., 1972. Bio-element Inventur von Buchen und Fichten bestanden im Solling. *Bott. Bodenkundl. Ber.* 24.
- 177 Persson, H., 1975. Deciduous woodland at Andersby, eastern Sweden: field-layer and below-ground production. *Acta phytogeogr. suec.* 62.
- 178 Persson, H., 1978. Root dynamics in a young Scotch pine stand in Central Sweden. *Oikos* 30: 508-519.
- 179 Persson, H., 1979. Fine-root production, mortality and decomposition in forest ecosystems. *Vegetatio* vol. 41, 2: 101-109.
- 180 Persson, H., 1980a. Spatial distribution of fine-root growth, mortality and decomposition in a young Scotch pine stand in Central Sweden. *OIKOS* 34: 77-87.
- 181 Persson, H., 1980b. Death and replacement of fine roots in a mature Scotch pine stand. In : *Structure and Function of Northern Coniferous Forests - An ecosystem Study*. *Ecol. Bull. (Stockholm)* 32: 251-260.
- 182 Persson, H., 1983. The distribution and productivity of fine roots in boreal forests. *Plant and Soil* 71: 87-101.
- 183 Pyarchenko, N.I., 1960. The biological cycle of nitrogen and ash elements in bog forests. *Pochvovedenie* 6: 21-32.
- 184 Ranger, J., 1978. Recherches sur les biomasses comparees de deux plantations de Pin laricio de Corse avec ou sans fertilisation. *Ann. Sci. For.* 35: 93-115.
- 185 Reiners W.A. and N.M. Reiners, 1970. Energy and nutrient dynamics of forest floord in three Minnesota forests. *Journal of Ecology* 58: 497-519.
- 186 Remezov, N.P., 1959. Method of studying the biological cycle of elements in forest. *Soviet soil science*, no. 1: 59-67.
- 187 Remezov, N.P., L.N. Bykova and K.M. Smirnova, 1959a. Uptake and cycle of nitrogen and ash elements in aspen stands. *Pochvovedenie* 8: 28-41.

- 188 Remezov, N.P., L.N. Bykova and K.M. Smirnova, 1959b. Uptake and cycle of nitrogen and ash elements in the Forests of European Russia. Moscow.
- 189 Remezov, N.P. and P.S. Pogrebnyak, 1965. Forest Soil Science. Lesnoe Pochvovedenie, Moscow.
- 190 Rennie, P.J., 1955. The uptake of nutrients by mature forest growth. Plant and Soil VII no. 1: 49-95.
- 191 Rickard, W.H., 1975. Litterfall in a Douglas-fir forest near the Trojan Nuclear Power Station, Oregon. Northwest Science 49: 183-189.
- 192 Rodin, L.E. and N.I. Bazelevich, 1967. Production and mineral cycling in terrestrial vegetation. London.
- 193 Rozanova, I.M., 1960. The ash element cycle and alteration on the physico-chemical properties of leached chernozems beneath coniferous and broad-leaved stands. Trudy. Lab. Lesov v.1.
- 194 Santantonio, D., 1979. Seasonal dynamics of fine roots in mature stands of Douglas-fir of different water regimes - A preliminary report. In : Symposium : Root physiology and symbiosis, pp 190-203, A. Riedacker and J. Gagnaire-Michard (eds): INRA-CRNF, Nancy-Champenoux.
- 195 Santantonio, D., and R.K. Hermann, 1985. Standing crop, production and turnover of fine roots on dry, moderate and wet sites of mature Douglas-fir in Western Oregon. Ann.Sci.For. 42: 113-142
- 196 Satoo, T., 1971. Materials for the studies of growth in stands. VIII Primary production relations in plantations of Norway spruce in Japan. Bull. Tokyo Univ. For. 65: 125-142.
- 197 Schutz, P.R. en G. van Tol, 1981. Aanleg en beheer van bos en beplantingen. Wageningen, "De Dorschkamp", Pudoc.
- 198 Shidei, T. and Tsutsumi, T., 1962. On some relations between climate and the organic matter accumulation in forest soil and its decomposition rate. J. Jpn. For. Soc. 44: 297-303.
- 199 Singer, F.P. and R.J. Hutnik, 1966. Accumulation of organic matter in red pine and Norway spruce plantations of various spacings. Penn. State Univ. Res. Briefs 1: 22-28.

- 200 Smith, J.H.G., 1976. Methods for use of timber inventory data to estimate averages and upper limits to growth and yield of biomass. Int. Congress of IUFRO, Oslo.
- 201 Soesbergen, G.A. van, C. van Walenburg, K.R. van Lynden en H.A.J. van Lanen, 1988. Rubriek: De interpretatie van bodemkundige gegevens. Systeem voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw.
- 202 Stottlemeyer, J.R. and C.W. Ralston, 1970. Nutrient balance relationship for watersheds on the Fraserr Experimental Forest. Pages 282-359 In: Tree Growth and Forest Soils. Proc. Third N. Am. Forest Soils Conf., Oregon State Univ. Press, Corvallis.
- 203 Swift, M.J., O.W. Heal and J.M. Anderson, 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Studies in Ecology vol. 5. Blackwell scientific publications Oxford, London, Edingburgh and Melbourne.
- 204 Tamm, C.O. and C. Carbonnier, 1961. Vaxtnaringen som skolig produktionsfaktor. Skogs, och Landbruksakademiens Sammantrade tidkrift. 100: 95-124.
- 205 Tamm, C.O., 1975. Plant nutrients as limiting factors in ecosystem dynamics. In: Productivity of World Ecosystems Natl. Acad. Science, Washington, D.C.
- 206 Thomas, W.A., 1970. Weight and calcium losses from decomposing tree leaves on land and in water. J. Appl. Ecol. 7: 237-241.
- 207 Traczka, T., 1981. In: D.E. Reichle (ed.): Dynamic properties of forest ecosystems, p. 610. Cambridge University Press, Cambridge, London, New York and Melbourne.
- 208 Tsutsumi, T. 1971. Accumulation and circulation of nutrient elements in forest ecosystems. Productivity of Forest Ecosystems. Proc. Brussels Symp. 1969. UNESCO, Paris: 543-552.
- 209 Turner, J. and J.N. Long, 1975. Accumulation of organic matter in a series of Douglas fir stands. Can. J. For. Res. 5: 681-690.
- 210 Turner, J., 1975. Nutrient cycling in a Douglas-fir ecosystem with respect to age and nutrient status. Ph. D. Thesis, University of Washington, Seattle, Washington.
- 211 Turner, J., 1977. Effect of nitrogen availability on nitrogen cycling in a Douglas-fir stand. Forest Sci. 23: 307-316.

- 212 Turner, J., 1980. Nitrogen and phosphorus distributions in naturally regenerated Eucalyptus spp. and planted Douglas-fir. In Aust. For. Res. 10: 289-294.
- 213 Turner, J., 1981. Nutrient cycling in an age sequence of western Washington Douglas fir stands. Ann. Bot. 48: 159-169.
- 214 Ulrich, B., R. Mayer and H. Heller (eds), 1974. Data analysis and synthesis of forest ecosystems. Gott. Bodenkundl. Ber. 30.
- 215 Upadhyay, V.P., U. Pandey and J.S. Singh, 1985. Effect of habitat on decomposition of Standard leaf litter species. Biology and Fertility of Soils, Berlin, Springer-Verlag.
- 216 Verslag van de landelijke vitaliteits inventarisatie 1987. Staatsbosbeheer 1987-27.
- 217 Viro, P.J., 1955. Investigations on forest litter. Commun. Inst. For. Finland, 45.
- 218 Visona, L., L. Naviglio, L. Simonetto, I. Azzollini and R. Giovannardi, 1975. Researches on beech forest. I Structure and biomass of the beechwood in the Mount Terminillo IBP Station, Monit Reatini, Lazio. Annal. Bot 34: 143-170.
- 219 Visser, P.H.B. de, 1986. Dutch priority programme on acidification. Interactions between soil, vegetation and atmospheric deposition. Wageningen. Nr. 02-01.
- 220 Vitousek, P., J.R. Gosz, C.C. Grier, J.M. Melillo and V.A. Reiners, 1982. A comparative analysis of potential nitrification and nitrate mobility in forest ecosystems. Ecol. Monogr. 52: 155-177.
- 221 Vries, W. de en A. Breeuwsma, 1984. Gevolgen van de zure regen voor de bodem. 1. Oorzaken van bodemverzuring. Wageningen, STIBOKA, Rapport 1786.
- 222 Vries, W. de and A. Breeuwsma, 1987. The relationship between soil acidification and element cycling, Water, Air and Soil Poll. 35: 293-310.
- 223 Vries, W. de, M.J.P.H. Waltmans, R. van Venendaal en J.J.M. van Jansven, 1988. De Aanpak, structuur, voorlopige procesbeschrijving en formulering van een bodemverzuringmodel voor toepassing op regionale schaal. Wageningen, STIBOKA, Rapport 2014.

- 224 Vries, W. de en J. Kros, 1989. De lange termijn effecten van verschillende depositiescenario's op representatieve bosbodems in Nederland, Wageningen, Staring Centrum, Rapport 30.
- 225 Weaver, G.T., 1975. The quantity and distribution of four nutrient elements in high-elevation forest ecosystems, Balsam Mountains, North Carolina. Pages 715-728 In: F.G Howell et al (eds): Mineral Cycling in Southeastern Ecosystems. Nat. Tech. Inf. Serv., Springfield, Va.
- 226 Webber, B.D., 1977. Biomass and nutrient distribution patterns in a young *Pseudotsuga menziesii* ecosystem. Can. J. Forest Res. 7: 326-334.
- 227 West, D.C., L.K. Mann and N.T. Edwards, 1981. Whole tree harvesting: second year progress report - Impacts on forest nutrient and carbon dynamics. Oak Ridge Natl. lab ESD Pub. 1776.
- 228 Wilde, S.A., 1971. Forest Humus. Its classification on a genetic basis. Soil Science vol. 11 nr. 1.
- 229 Will, G.M., 1959. Nutrient return in litter and rainfall under some exotic conifer stands in New Zealand. N.Z. J. Agric. Res. 2: 719-134.
- 230 Winkler Prins atlas, (Nieuwe) 1963. Uitgeverij Elsevier, Brussel en Amsterdam.
- 231 Witkamp, M. and J. van den Drift, 1981. Breakdown of forest litter in relation to environmental factors. Plant and Soil XV no:4 (december 1984).
- 232 Wollum, A.G., 1973. Characterization of the forest floor in stands along a moisture gradient in southern New Mexico. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 637-640.
- 233 Wright, T.W. and G.M. Will, 1958. The nutrient content of Scotch and Corsican pines growing on sand dunes. J. For. 31: 13-25.
- 234 Yoshimura, K., 1967. Growth and biomass of Norway spruce forest in Ashu experimental forest. Bull. Kyoto Univ. For. 39: 27-34.
- 235 Zajaczkowski, J. and A. Lech, 1981. The effect of different initial growth space on above-ground biomass of Sch pine ckthicket. In: Kyoto Biomass Studies. School of Forestry and Natural Resources, University of Maine, USA: 163-171.

AANHANGSEL 1

Produktie en dunning van stammen van grove den, Corsicaanse den, Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk (La Bastide and Faber, 1972) voor drie boniteiten.

GROVE DEN

Leeftijd (jr)	Boniteit ($m^3 \cdot ha^{-1}$)					
	I		II		III	
	produktie	dunning	produktie	dunning	produktie	dunning
15	55	9	42	5	24	1
20	82	22	64	14	41	4
25	117	40	90	27	58	10
30	146	62	112	43	72	17
35	170	85	131	60	84	25
40	190	109	147	78	95	34
45	207	132	161	97	104	43
50	222	154	173	116	111	52
55	235	175	184	134	118	61
60	246	193	193	150	124	
65	256	209	201	163		
70	265	223	207	175		
75	274	235	212	186		
80	282	244	216	195		
85	290	251	220	202		
90	298		223			

CORSICAANSE DEN

Leeftijd (jr)	Boniteit ($m^3 \cdot ha^{-1}$)					
	I		II		III	
	produktie	dunning	produktie	dunning	produktie	dunning
20	93	25				
25	137	56	90	23		
30	183	95	122	43	93	25
35	229	141	153	67	118	41
40	274	192	185	94	143	59
45	316	246	215	122	168	78
50	355	302	244	151	191	98
55	391	358	270	181	212	118
60	424	414	295	211	232	138
65	454	468	317	240	251	157
70	533		338	268	268	176
75			356	295	283	194
80			373	320	297	211
85			389	344	310	227
90			402	366	322	242
95			435		332	256
100					354	

OOSTENRIJKSE DEN

Leeftijd (jr)	Boniteit ($m^3 \cdot ha^{-1}$)					
	I		II		III	
	produktie	dunning	produktie	dunning	produktie	dunning
25	110	26				
30	145	52	114	29	85	7
35	179	83	142	50	105	20
40	212	117	168	73	126	34
45	243	153	194	97	146	49
50	272	190	218	122	164	64
55	299	227	240	147	182	79
60	323	263	261	172	198	94
65	345	298	280	196	213	109
70	365	332	297	219	226	123
75	383	364	312	241	238	137
80	399	394	326	262	250	150
85	414	422	338	282	260	162
90	453		350	300	269	173
95			360	317	277	184
100			384		294	

DOUGLAS

Leeftijd (jr)	Boniteit ($m^3 \cdot ha^{-1}$)					
	I		II		III	
	produktie	dunning	produktie	dunning	produktie	dunning
15	84	36	66	22		
20	139	67	110	43	68	23
25	196	104	155	69	97	36
30	251	145	200	97	126	50
35	303	187	241	126	153	65
40	350	229	280	155	179	80
45	392	269	314	183	202	94
50	429	306	344	209	222	107
55	461	340	371	233	240	119
60	489	371	394	255	256	130
65	513	398	413	274	269	140
70	533	422	430	291	281	149
75	551	443	445	306	291	157
80	584		470		306	

FIJNSPAR

Leeftijd (jr)	Boniteit ($m^3 \cdot ha^{-1}$)					
	I		II		III	
	produktie	dunning	produktie	dunning	produktie	dunning
25	75	17	46	4		
30	131	42	85	18	45	4
35	196	76	130	37	72	13
40	263	116	177	60	102	24
45	329	160	225	86	131	36
50	391	206	270	113	160	49
55	448	252	311	139	187	62
60	499	296	349	164	212	74
65	543	337	382	188	233	86
70	582	374	411	210	253	97
75	616	407	437	230	269	107
80	674		476		293	

LARIKS

Leeftijd (jr)	Boniteit ($m^3 \cdot ha^{-1}$)					
	I		II		III	
	produktie	dunning	produktie	dunning	produktie	dunning
10	47	18	38	10		
15	101	59	82	40	46	17
20	155	106	126	74	72	33
25	200	150	163	106	95	48
30	235	187	193	133	113	60
35	262	216	215	154	127	70
40	281	238	231	170	137	77
45	294	254	242	182	144	82
50	315		259		153	

ZOMEREIK

Leeftijd (jr)	Boniteit ($m^3 \cdot ha^{-1}$)					
	I		II		III	
	produktie	dunning	produktie	dunning	produktie	dunning
20	67	6	42	0		
25	75	34	62	8	30	0
30	93	62	76	29	54	13
35	119	90	95	50	66	27
40	147	118	116	71	79	41
45	176	146	137	92	93	55
50	203	174	157	113	107	69
55	226	202	176	134	121	83
60	245	230	193	155	134	97
65	261	258	206	176	147	111
70	274	286	221	197	158	125
75	284	314	231	218	169	139
80	292	342	240	239	178	153
85	296	370	248	260	186	167
90	303	398	254	281	193	181
95	305	426	258	302	198	195
100	306	453	261	323	202	209
105	307	479	264	343	204	223
110	307	504	266	362	206	236
115	307	528	267	380	206	249
120	305	551	268	397	209	261
125	304	573	268	413	209	272
130	302	595	269	428	210	282
135	301	616	269	442	210	291
140	300	636	269	455	210	299
145	299	655	269	468	211	306
150	296	673	268	480	211	312

BEUK

Leeftijd (jr)	Boniteit ($m^3 \cdot ha^{-1}$)					
	I		II		III	
	produktie	dunning	produktie	dunning	produktie	dunning
20	32	0				
25	69	7	40	0		
30	88	35	61	12	26	0
35	111	63	76	33	41	9
40	135	91	94	54	53	23
45	162	119	113	75	66	37
50	189	147	133	96	80	51
55	216	175	155	117	94	65
60	242	203	176	138	109	79
65	266	231	196	159	125	93
70	288	259	216	180	139	107
75	307	287	233	201	154	121
80	323	315	249	222	176	135
85	338	342	263	243	179	149
90	351	368	275	264	190	163
95	364	393	286	284	200	177
100	376	417	297	303	206	191
105	396	439	306	321	215	205
110	398	461	315	339	222	218
115	404	483	323	356	228	230
120	411	504	329	372	233	242
125	416	525	335	388	239	253
130	420	545	339	404	243	264
135	424	565	343	419	246	275
140	427	584	346	434	248	285
145	430	603	348	449	249	295
150	429	622	347	464	250	305

AANHANGSEL 2

Elementgehalten in de stam van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd en bodem.

GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						
			N	P	K	Ca	Mg	S	Lit.
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	23	zand, plantage	0,13	0,01	0,08	0,13	0,02	-	168k
"	28	zand (stuifduin), plantage	0,09	0,01	0,06	0,04	0,02	-	233k
Nederland	30	haarpodzol	0,18	0,01	0,06	0,11	0,02	-	122
Engeland	33	zware klei, plantage	0,08	0,01	0,07	0,10	0,02	-	167kc
Nederland	62	holtpodzol	0,11	0,03	0,04	0,11	0,02	-	122
Engeland	64	zand (stuifduin), plantage	0,08	0,01	0,04	0,07	0,02	-	233k
Duitsland	80-100	-	0,15	0,02	0,02	0,09	0,01	-	192
Overige klimaten:									
Finland	28	fijn zand, podzol	0,06	0,01	0,04	0,06	-	-	134
Zweden	44	-	0,08	0,01	0,03	0,05	0,02	-	100k
Finland	45	grof zand, podzol	0,07	0,01	0,03	0,06	-	-	134
"	47	fijn zand, podzol	0,07	0,01	0,03	0,05	-	-	"
Rusland	71	humus podzol	0,19	0,01	0,08	0,15	0,02	0,06	192
"	>95	-	0,11	0,01	0,10	0,09	0,02	-	192
Zweden	20-150	-	0,05	0,01	0,03	0,05	0,01	0,01	45k
Rusland	200	humus podzol	0,23	0,02	0,08	0,19	0,03	0,03	192

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						
			N	P	K	Ca	Mg	S	Lit.
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	18	zand (stuifduin), plantage	0,08	0,01	0,06	0,09	0,02	-	233k
"	28	zand (stuifduin), plantage	0,06	0,01	0,04	0,06	0,01	-	"
"	40	-	0,07	0,01	0,04	0,05	0,01	-	148k
"	46	-	0,11	0,01	0,05	0,05	0,02	-	171k
"	48	zand (stuifduin), plantage	0,07	0,01	0,05	0,07	0,02	-	233k

DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						
			N	P	K	Ca	Mg	S	Lit.
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	21	-	0,11	-	0,07	0,06	0,01	-	171k
"	22	-	0,12	-	0,05	0,13	0,01	-	"
Nederland	34	holtpodzol	0,11	0,01	0,04	0,06	0,01	-	122
"	45	"	0,11	0,01	0,02	0,04	0,01	-	"
Engeland	47	-	0,08	0,01	0,04	0,05	0,01	-	171k
Overige klimaten:									
Amerika	20	lage produktie	0,08	0,01	0,02	0,04	0,01	-	199c
Canada	15-20	bruin, basisch (pH 5,6-6,0)	0,07	0,01	0,01	0,04	0,01	-	226k
Amerika	22	leem, natuurlijke opstand	0,09	0,02	0,08	0,07	0,01	-	199c
Canada	23	-	0,08	0,01	0,03	0,04	0,01	-	32k
"	"	-	0,06	0,01	0,07	0,04	0,01	-	"
"	"	-	0,08	0,01	0,03	0,04	0,01	-	"
Amerika	30	leem, natuurlijke opstand	0,08	0,01	0,06	0,05	0,01	-	199c
"	36	leem/zand, plantage	0,05	0,01	0,04	0,04	-	-	62k
"	38	lage produktie	0,05	0,01	0,04	-	-	-	199c
"	42	plantage	0,05	0,01	0,04	0,05	0,01	-	"
"	42	leem, natuurlijke opstand	0,09	0,01	0,04	0,04	0,01	-	"
"	49	leem, plantage	0,06	0,01	0,03	0,05	0,01	-	"
"	53	lage produktie	0,12	0,02	0,06	-	-	-	31k
"	"	hoge produktie	0,17	0,02	0,08	-	-	-	"
"	73	leem, natuurlijke opstand	0,05	0,01	0,06	0,04	0,01	-	199c
"	95	natuurlijke opstand	0,06	0,01	0,04	0,04	0,01	-	"

FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						
			N	P	K	Ca	Mg	S	Lit.
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	20	-	0,17	0,02	0,09	0,12	0,02	-	171k
Duitsland	34	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6), plantage	0,10	0,01	0,10	0,19	0,02	-	65k
Nederland	35	haarpodzol in dekzand	0,19	0,02	0,07	0,24	0,01	-	122
"	45	kammpodzol	0,11	0,01	0,09	0,11	0,02	-	"

Vervolg FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)					Lit.	
			N	P	K	Ca	Mg		S
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	47	-	0,07	0,01	0,03	0,11	0,02	-	171k
"	47	-	0,10	0,01	0,04	0,10	0,02	-	"
Duitsland	85	-	0,09	0,01	0,09	0,10	0,02	-	214k
"	87	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6), plantage	0,13	0,01	0,05	0,14	0,02	-	65k
"	115	bodgrond, zuur (pH 3,2-4,6 plantage	0,13	0,02	0,05	0,14	0,02	-	"
Overige klimaten:									
Rusland	45	humus ijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	0,22	0,02	0,07	0,18	0,02	-	113kc
Zweden	52	-	0,10	0,01	0,06	0,10	0,02	-	204k
"	55	leem, zuur (pH 4,0- 4,5), plantage	0,07	0,01	0,04	0,05	0,01	0,01	158k
"	58	-	0,07	0,01	0,06	0,14	-	-	204k
"	60	-	0,10	0,01	0,07	0,11	0,02	-	158k
"	60-70	-	0,07	0,01	0,03	0,07	0,01	-	100k
"	65-132	-	0,06	0,01	0,03	0,07	0,01	-	159k

LARIKS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)					Lit.	
			N	P	K	Ca	Mg		S
Gematigd zeeklimaat:									
Nederland	35	holtpodzol	0,11	0,01	0,04	0,05	0,01	-	122
"	38	haarpodzol	0,13	0,01	0,04	0,06	0,01	-	122
Overige klimaten:									
Japan	28	-	0,12	0,02	0,16	0,06	0,03	-	207c

ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)					Lit.	
			N	P	K	Ca	Mg		S
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	47	-	0,14	0,01	0,11	0,16	0,02	-	171k
"	80	-	0,18	0,01	0,15	0,40	0,01	-	65k
België	115-160	-	0,18	0,01	0,10	0,37	0,03	-	73k
Overige klimaten:									
Rusland	22	-	0,28	0,02	0,34	0,56	0,07	-	192
"	40	zand/leem (grijs)	-	0,02	0,17	0,46	0,11	-	"
Amerika	30-80	-	0,19	0,01	0,13	0,55	-	-	65k
"	60-200	-	0,18	0,01	0,13	0,34	0,03	-	"

BEUK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)					Lit.	
			N	P	K	Ca	Mg		S
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	39	-	0,13	0,02	0,10	0,08	0,03	-	171k
Duitsland	80	zuur (pH 3,5-3,7)	0,16	0,01	0,10	0,17	0,04	-	65k
"	122	zuur (pH 3,5-3,7)	0,15	0,01	0,09	0,09	0,02	-	"
"	125	-	0,12	0,02	0,09	0,08	-	-	214k
Overige klimaten:									
Zweden	45-130	leem, zuur (pH 4,0-4,5)	0,10	0,01	0,09	0,05	0,02	0,01	158k

AANHANGSEL 3

Biomassa van stammen en takken en tak-stam verhoudingen van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd en bodem.

GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Gematigd zeeklimaat:						
Zweden	9	zand, ijzerpodzol	9600	8900	0,93	8c
Engeland	7	zand, plantage	1000	1000	1,00	166kc
"	11	zand, natuurlijke opstand	5200	4300	0,83	"
"	14	"	8400	7800	0,93	"
"	17	zand, plantage	16200	9400	0,58	"
"	18	zand (stuifduin), plantage	35700	13100	0,44	209k
"	20	zand, plantage	27100	12000	0,37	166kc
"	23	"	44300	13800	0,31	168k
"	28	zand (stuifduin), plantage	75400	14000	0,24	209k
"	31	zand, plantage	81700	9400	0,19	166kc
"	33	zware klei, plantage	118800	14000	0,17	167kc
"	35	zand, plantage	98800	9600	0,13	111c
"	46	-	87300	20700	0,12	"
"	55	zand, plantage	96700	12300	0,12	"
"	64	zand, (stuifduin), plantage	97400	16700	0,10	226k

Overige klimaten:

Zweden	9	zand, ijzerpodzol	9600	8900	0,93	8c
"	12	"	7300	3600	0,49	"
"	13	zand, ijzerpodzol (steenrijk), plantage	9600	4900	0,51	"
"	14	zand, ijzerpodzol	21800	6000	0,28	"
"	14	"	15500	6400	0,41	"
Polen	17	podzol, zuur (pH 3,7-4,7)	28600	14200	0,50	234c
"	17	"	30400	14200	0,47	"
"	17	podzol, zuur (pH 3,6-4,7)	33200	13100	0,39	"
"	17	"	27100	17800	0,66	"
Zweden	26	zand, ijzerpodzol	84300	10700	0,13	7c
"	27	"	74100	9100	0,12	"
"	28	"	75900	10600	0,14	"
Finland	28	fijn zand, podzol	11600	4100	0,35	134
Zweden	29	zand, ijzerpodzol	68200	12400	0,18	7c
"	34	"	66700	6900	0,10	111c
"	44	-	27200	8700	0,32	100k
Finland	45	fijn zand, podzol	60900	10600	0,17	134
"	47	grof zand, podzol	30400	8000	0,26	"
Zweden	50	zand, ijzerpodzol	65400	6100	0,09	111c
"	77	"	66900	6900	0,10	7c

Vervolg GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Overige klimaten:						
Spanje	80	kalkrijk (goed ontwaterd)	146100	35000	0,24	10c
Zweden	84	zand (bovengrond) ijzerpodzol	108600	10700	0,10	7c
Polen	85	-	202200	30800	0,15	110
Zweden	100	zand, ijzerpodzol	71300	9300	0,13	7c
Polen	110	-	252400	35800	0,14	110
Zweden	120-150	-	48300	9500	0,20	111
Finland	volw.	-	55100	10400	0,19	172c
"	volw.	-	44000	8100	0,10	"

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Gematigd zeeklimaat:						
Frankrijk	15	plantage	39100	8100	0,21	184c
Engeland	18	zand (stuifduin), plantage	16200	6400	0,40	226k
Nederland	22	duinzand, plantage	45500	27700	0,61	152c
Engeland	28	zand (stuifduin), plantage	52700	12900	0,24	226k
"	40	-	100000	16700	0,17	148k
"	48	zand (stuifduin), plantage	95300	11200	0,12	226k

DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Gematigd zeeklimaat:						
Frankrijk	24	-	158000	21000	0,13	58
België	70	zuur (pH 3,9), plantage	367000	29000	0,08	75c
Overige klimaten:						
Amerika	9	-	7100	1800	0,25	208
Canada	15-20	basisch (pH 5,6-6,0)	42900	12600	0,29	221k
Amerika	20	lage produktie	50400	13000	0,26	208
"	22	-	112500	8900	0,08	"
"	22	leem (steenrijk), natuurlijk opstand	113300	13200	0,12	213c

Vervolg DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Overige klimaten:						
Canada	23	-	35000	13300	0,38	32k
"	"	-	45900	13900	0,30	"
"	"	-	41200	5500	0,13	"
Amerika	"	-	140900	15400	0,11	35k
"	"	-	218200	24600	0,11	"
"	30	leem (steenrijk), plantage	145900	10200	0,07	208
"	"	leem (steenrijk), natuurlijke opstand	137400	9400	0,07	208k
"	"	-	11400	3200	0,28	63
"	28-32	leem (steenrijk), zuur (was bemest)	22900	6300	0,28	97k
"	32	-	11600	2300	0,20	63
"	"	-	174800	17900	0,10	"
"	"	zand/leem, zuur	23300	4600	0,20	97k
"	36	zand/leem (steenrijk, goed ontwaterd), plantage	140415	13886	0,10	70c
"	38	-	34900	4300	0,12	63
"	"	-	65000	7000	0,11	"
"	"	leem (steenrijk), zuur (was bemest)	69800	8500	0,12	97k
"	"	zand/leem, zuur	129900	13900	0,11	"
"	35-50	leem (steenrijk, goed ontwaterd basisch (pH 5,2))	212900	22800	0,11	83c
"	40	lössgrond (colluvium)	424000	27700	0,07	117
"	"	zand/leem (steenrijk)	221500	17700	0,08	97k
"	42	-	21000	1400	0,07	63
"	"	leem (steenrijk), plantage	206200	23200	0,11	212c
"	49	"	178400	13600	0,08	63
Australië	50	rode permeabele grond, plantage	357000	30500	0,09	210c
Amerika	53	-	134000	19700	0,15	31k
"	"	-	281000	24800	0,09	"
"	73	leem (steenrijk), natuurlijke opstand	267400	26300	0,10	213c
"	95	-	320000	15300	0,05	62k
"	90-110	silt, klei, leem (steenrijk, rood/bruin)	601100	49000	0,08	84c
"	125	-	407000	30000	0,07	88c
"	450	-	472600	48500	0,10	89k

FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Gematigd zeeklimaat:						
Duitsland	34	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6) plantage	105100	18700	0,18	79c
België	55	zuur (pH 3,9)	170000	16600	0,10	75c
Duitsland	76	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6) plantage	268000	38300	0,14	71c
"	85	-	212000	28000	0,13	209k
"	87	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6) plantage	198400	28200	0,14	79c
"	115	"	195800	24600	0,13	"
Overige klimaten:						
Zweden	13	-	10200	7500	0,74	205k
Rusland	22	humus ijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	13900	6500	0,47	113k
Zweden	23	-	46500	12900	0,28	205k
Japan	30	bosgrond, plantage	120200	31300	0,26	233k
Rusland	37	humus ijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	42300	10600	0,25	113k
"	"	eluvium depris, zuur (pH 3,3)	16500	6100	0,37	"
"	38	zandpodzol, zuur (pH 4,6)	65300	12200	0,19	"
"	39	humus ijzerpodzol, zuur (pH 4,2)	48200	11200	0,23	"
Amerika	40	-	99700	35100	0,35	119
Rusland	41	veen, basisch (pH 6,0)	26000	8200	0,32	113k
Amerika	"	-	104400	17000	0,16	58
"	42	plantage	106400	36900	0,35	199c
"	"	"	139200	39300	0,28	"
"	"	"	135200	27900	0,21	"
Rusland	"	veen, zuur (pH 3,6)	21000	7000	0,33	113k
"	43	zandpodzol, zuur (pH 4,4)	58500	12500	0,21	"
"	45	humus ijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	56300	12100	0,21	"
Japan	"	bosgrond, plantage	94100	12200	0,13	196c
Rusland	"	humus ijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	29000	8700	0,30	113k
Zweden	52	-	105800	15600	0,15	204k
Rusland	54	humus ijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	73000	14200	0,19	113k
Zweden	55	leem, zuur (pH 4,0-4,5), plantage	262000	28000	0,11	158k
"	58	-	85200	14300	0,17	204k
"	60	-	262000	25000	0,10	158k
Rusland	68	humus ijzerpodzol, zuur (pH 4,3)	106000	15100	0,14	113k
Zweden	60-70	-	127700	29300	0,23	100k

Vervolg FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Overige klimaten:						
Rusland	82	humus ijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	116000	16800	0,14	113k
"	98	"	157900	16500	0,10	"
"	109	"	165000	17600	0,11	"
"	110	klei(week) podzol, zuur (pH 4,0-4,5)	168500	23500	0,14	111c
Zweden	65-132	-	138400	25700	0,19	159k
Rusland	125	arme grond	97800	21300	0,22	192
"	126	humus ijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	183900	16600	0,09	113k
"	138	"	176000	17100	0,10	"
Finland	260	podzol (slecht ontwaterd), zuur (pH 4,7)	67300	17100	0,25	94c

LARIKS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Overige klimaten:						
Japan	21	bosgrond, plantage	69200	12200	0,18	196c
"	28	-	82100	13200	0,16	197c
"	39	diep vulkanisch as, plantage	145400	15500	0,11	196c

ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Gematigd zeeklimaat:						
Nederland	-	zand (gemengd), zuur	77400	10000	0,13	218
"	-	"	138200	22300	0,16	"
"	-	"	123100	22300	0,18	"
België	66	zuur (pH 3,8-3,9), plantage	130500	36900	0,28	116c
"	80	-	75200	36400	0,48	73k
"	90	moder, pseudogely, basisch (pH 5,2)	93200	37000	0,40	74c
België	120	mull, basisch (pH 6,2)	210000	88200	0,42	74c
"	135	moder, basisch (pH 5,2)	120900	75800	0,63	74c

Vervolg ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Overige klimaten:						
Amerika	60	-	66700	7500	0,11	192
Polen	100	uitgeloogd	206400	17500	0,08	142c
Amerika	160	-	67100	7200	0,11	103c
Zweden	43-200	stenen bovengrond	54500	20300	0,37	14c
"	125-190	bosgley (bruin), zuur (pH 4,4-5,0)	111000	41000	0,37	"

BEUK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)		Tak/ stam (kg.kg ⁻¹)	Lit.
			stam	tak		
Gematigd zeeklimaat:						
Duitsland	59	zuur (pH 3,5-3,7)	110100	41500	0,38	79c
"	80	"	129600	25900	0,20	"
Denemarken	85-90	podzol (grijs/bruin) zuur (pH 4,5-4,8)	170400	43200	0,25	99c
Duitsland	122	zuur (pH 3,5-3,7)	238400	32500	0,14	79c
"	125	-	221000	32000	0,57	209c
België	+130	leem. zuur (pH 3,8-3,9) plantage	213600	122400	0,16	58
"	144	"	318500	50800	0,25	"
Frankrijk	150-270	mix van podzol en uitgeloogde grond, zuur (pH 3,4-4,8)	232000	58000	0,25	127c
"	150-270	"	185000	46000	0,25	"
"	150-270	"	195000	48000	0,25	"

Overige klimaten:

Roemenië	21-40	-	112600	14900	0,13	369c
Italië	60	mull bosgrond, basisch (pH 5,5), coppice	108000	36000	0,33	214c
Bulgarije	+100	bosgrond, plantage	364700	49100	0,13	85c
"	+100	"	280000	31600	0,11	"
"	+100	"	169600	24200	0,14	"
Zweden	45-130	leem, zuur (pH 4,0-4,5)	221000	99000	0,45	158k

AANHANGSEL 4

Elementgehalten in de takken van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd en bodem.

GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	23	zand, plantage	0,43	0,04	0,20	0,25	0,07	-	168k
"	28	zand (stuifduin)							
		plantage	0,43	0,06	0,27	0,18	0,06	-	233k
"	33	zware klei, plantage	0,33	0,04	0,18	0,18	0,04	-	167kc
"	40	-	0,41	0,04	0,22	0,15	0,04	-	233k
"	64	zand (stuifduin)							
		plantage	0,32	0,04	0,17	0,21	0,05	-	"
Overige klimaten:									
Finland	28	fijn zand, podzol	0,39	0,05	0,22	0,35	-	-	219
Zweden	44	-	0,44	0,06	0,19	0,30	0,06	-	100k
Finland	45	fijn zand, podzol	0,41	0,05	0,21	0,26	-	-	219
"	47	grof zand, podzol	0,43	0,05	0,18	0,24	-	-	"

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	18	zand (stuifduin), plantage	0,34	0,05	0,25	0,44	0,08	-	233k
"	28	"	0,22	0,03	0,18	0,46	0,07	-	"
"	40	-	0,34	0,03	0,18	0,31	0,06	-	148k
"	48	zand (stuifduin), plantage	0,32	0,04	0,26	0,45	0,08	-	233k

DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Overige klimaten:									
Amerika	20	lage produktie	0,32	0,07	0,23	0,49	0,05	-	129
Canada	15-20	basisch (pH 5,6-6,0)	0,30	0,06	0,18	0,54	0,06	-	226k
Amerika	22	leem, natuurlijke opstand	0,21	0,09	0,49	0,43	0,10	-	38c
"	30	"	0,25	0,06	0,21	0,58	0,05	-	129
"	36	-	0,32	0,07	0,25	0,48	0,02	-	"
"	38	lage produktie	0,26	0,06	0,23	-	-	-	"
"	42	plantage	0,36	0,07	0,21	0,51	0,05	-	"
"	42	leem, natuurlijke opstand	0,22	0,09	0,35	0,35	0,10	-	"
"	49	leem, plantage	0,32	0,06	0,22	0,18	0,05	-	"
"	53	lage produktie	0,26	0,04	0,06	-	-	-	32k
"	"	hoge produktie	0,41	0,05	0,15	-	-	-	"
"	73	leem, natuurlijke opstand	0,40	0,04	0,39	0,47	0,05	-	129
"	95	natuurlijke opstand	0,39	0,08	0,21	0,61	0,05	-	"

FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:									
Duitsland	34	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6), plantage	0,53	0,12	0,60	0,19	0,11	-	65k
"	85	-	0,60	0,12	0,60	0,20	0,07	-	214k
"	87	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6), plantage	0,86	0,06	0,65	0,27	0,07	-	65k
"	115	"	0,86	0,06	0,65	0,27	0,07	-	"
Overige klimaten:									
Rusland	45	-	0,46	0,04	0,13	0,37	0,05	-	113kc
Zweden	52	-	0,47	0,06	0,17	0,28	0,05	-	204k
"	58	-	0,42	0,06	0,20	0,44	-	-	"
"	60-70	-	0,58	0,07	0,17	0,55	0,06	-	100k
"	65-132	-	0,37	0,05	0,14	0,46	0,06	-	159k

ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	80	-	0,17	0,01	0,18	0,41	0,02	-	65k
België	115-160	-	0,33	0,03	0,18	0,43	0,03	-	73k
Overige klimaten:									
Rusland	12	leem/zand (grijs)	0,41	0,04	0,23	0,67	0,05	-	192
"	40	"	-	0,04	0,63	1,08	0,07	-	"
Amerika	30-80	-	0,50	0,03	0,20	1,11	0,07	-	65k
"	60-200	-	0,45	-	0,18	0,52	-	-	"

BEUK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:									
Duitsland	80	zuur (pH 3,5-3,7)	0,38	0,04	0,14	0,27	0,02	-	65k
"	122	"	0,40	0,03	0,13	0,24	0,02	-	"
"	125	"	0,30	0,05	0,12	0,20	-	-	214k
Overige klimaten:									
Zweden	45-130	leem, zuur (pH 4,0-4,5)	0,67	0,06	0,23	0,38	0,04	0,04	158k

AANHANGSEL 5

Biomassa van de naalden van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd, bodem en naaldjaargang.

GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Engeland	11	zand, natuurlijke opstand	totaal	5800	166kc
"	14	"	"	6700	"
"	17	zand, plantage	"	9000	"
"	18	zand (stuifduinen), plantage	"	6200	210
"	"	-	"	6100	"
"	20	zand, plantage	"	12500	"
"	"	"	"	10500	192
"	23	-	"	5500	168k
"	28	-	"	4500	233k
"	"	zand (stuifduinen), plantage	"	4700	166kc
"	31	zand, plantage	"	8300	55c
Zwitserland	32	plantage	"	4800	"
"	"	"	"	5400	"
"	"	"	"	5100	210
Engeland	33	-	"	7300	192
"	35	-	"	9800	210
"	46	-	"	11200	192
"	"	-	"	9800	"
"	55	-	"	7200	"
"	"	zand	"	10400	210
"	64	zand (stuifduinen), plantage	"	4700	233k
Zwitserland	70	plantage	"	5200	55c

Overige klimaten:

Zweden	9	ijzerpodzol	totaal	9100	7c
"	12	"	"	3300	"
"	13	"	"	3600	"
"	14	"	"	4300	"
"	14	"	"	6100	"
Polen	17	podzol, zuur (pH 3,7-4,7)	"	7300	235c
"	17	"	"	5700	"
"	17	"	"	7700	"
"	17	"	"	7800	"
Zweden	26	ijzerpodzol	"	10300	7c
"	27	"	"	4900	"

Vervolg GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:					
Finland	28	fijn zand	1	730	134
"	"	"	2	900	"
"	"	"	3	353	"
"	"	"	4	155	"
"	"	"	totaal	2320	"
Zweden	34	-	"	5400	129
"	44	-	"	3500	100k
Finland	45	fijn zand	1	1410	134
"	"	"	2	1570	"
"	"	"	3	850	"
"	"	"	4	600	"
"	"	"	totaal	4430	"
Finland	47	grof zand	1	1130	"
"	"	"	2	1160	"
"	"	"	3	855	"
"	"	"	4	395	"
"	"	"	totaal	3540	"
Zweden	50	-	"	4400	7c
Rusland	71	-	"	13900	192
Spanje	80	kalkrijk	"	11500	10c
Zweden	84	ijzerpodzol	"	7800	7c
Polen	85	podzol	"	5230	110
"	"	podzol, zuur (pH 3,7-4,7)	"	2300	207c
Rusland	100	veen humuspodzol	"	6200	192
"	"	-	"	15100	183k
Polen	110	podzol	"	2990	110
Zweden	120-150	-	1	1260	45k
"	"	"	2	2675	"
"	"	"	totaal	3935	"

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Frankrijk	15	plantage	totaal	13800	184c
"	"	"	"	5600	"
Engeland	18	zand (stuifduinen), plantage	"	3100	233k
"	28	"	"	4800	"
"	40	-	"	11300	148k
"	48	zand (stuifduinen), plantage	"	5600	233k

DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Frankrijk	24	-	totaal	14000	58
België	70	bruin , zuur (pH 3.9)	"	7700	75c
Overige klimaten:					
Amerika	-	-	1	2200	210
"	-	-	totaal	9400	"
"	9	-	1	360	"
"	"	-	totaal	1040	"
"	20	lage kwaliteit	"	10874	"
Canada	15-20	-	1	2044	226k
"	"	-	totaal	9381	"
Amerika	22	leem, natuurlijke opstand	1	2100	210
"	"	"	totaal	4995	"
Canada	23	-	"	9600	32k
"	"	-	"	9900	"
"	"	-	"	3390	"
Amerika	"	-	"	15480	35k
"	"	-	"	11000	"
"	30	leem, natuurlijke opstand	1	3142	210
"	"	"	totaal	6211	"
"	"	leem, zuur	"	8019	"
"	"	leem, plantage	1	2100	"
"	"	"	totaal	6540	"
"	32	zand/leem, zuur	"	5309	"
"	36	zand/leem, plantage	"	7800	70c
"	"	"	1	1990	"
"	"	"	totaal	9097	"
Amerika	38	zand/leem, zuur	totaal	8982	210
"	"	"	"	7997	"
"	40	goede grond	"	16000	117
"	"	leem/zand, arm	"	10000	"
"	42	leem, natuurlijke opstand	1	2230	210
"	"	"	totaal	8274	"
"	"	leem, plantage	1	2440	"
"	"	"	totaal	9440	"
"	49	"	1	2200	"
"	"	"	totaal	9390	"
"	35-50	leem basisch (pH 5,2-5,7)	"	14700	83c
"	52	-	"	11950	210
"	53	lage produktie	"	11100	31k
"	"	hoge produktie	"	12300	"
"	72	-	"	10800	210
"	73	leem, natuurlijke opstand	1	2280	"
"	"	"	totaal	10745	"

vervolg DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:					
"	95	natuurlijke opstand	1	2147	210
"	"	"	totaal	9390	"
"	90-110	silt klei leem	"	11100	84c
"	125	-	"	12000	88c

FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Frankrijk	24	-	totaal	14000	58c
Duitsland	34	zuur (pH 3,2-4,6), plantage	"	18870	65k
Zwitserland	40	plantage	"	19800	55c
"	"	"	"	16200	"
België	55	zuur (pH 3,9)	"	16100	116c
Duitsland	76	zuur (pH 3,2-4,6)	"	15900	71c
"	85	-	"	18000	214k
"	87	zuur (pH 3,2-4,6)	"	17880	65k
"	115	"	"	12660	"

Overige klimaten:

Zweden	13	-	totaal	8620	205k
Rusland	22	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	"	5500	113kc
Zweden	23	-	"	13400	205k
Japan	30	bosgrond.plantage	"	24600	234c
Rusland	37	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	"	9100	113kc
"	"	zuur (pH 3,3)	"	5700	"
"	38	zandpodzol, zuur (pH 4,6)	"	9900	"
"	39	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,2)	"	10200	"
Japan	"	-	"	16900	192
Rusland	41	veen, basisch (pH 6,0)	"	7500	113kc
"	42	veen, zuur (pH 3,6)	"	6500	"
Amerika	"	plantage	"	15500	199c
"	"	"	"	18400	"
"	"	"	"	15800	"
Rusland	43	zandpodzol, zuur (pH 4,4)	"	9500	113kc
"	45	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	"	9800	"

vervolg FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:					
Japan	"	bosgrond, plantage	"	16900	196c
Rusland	45	humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8)	"	8200	113kc
Japan	46	-	"	18600	204k
Zweden	52	-	"	10800	113kc
Rusland	54	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	"	10900	204k
Zweden	55	leem, zuur (pH 4,0-4,5), plantage	"	18000	158k
"	58	-	"	9100	204k
"	60	-	"	18000	"
Rusland	68	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,3)	"	11500	113kc
Zweden	60-70	-	"	15900	100k
Rusland	82	humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	"	11400	113kc
"	83	veenpodzol	"	19400	192
"	98	Humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	"	10800	113kc
"	109	"	"	9700	"
"	110	podzol weinig klei, zuur (pH 4,0-4,5)	"	12500	111c
"	125	arme grond	"	7300	192
"	126	humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	"	8100	113kc
"	130	veen gley (arm)	"	12300	192
Zweden	65-132	-	"	14900	159kc
Rusland	138	humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	"	7400	113kc

LARIKS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:					
Japan	21	plantage bosgrond	totaal	4900	196c
"	28	-	"	4500	208k
"	39	plantage vulkaan as	"	3600	196c

ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
België	20-25	mull, gley, zuur (pH 3,9-4,5)	totaal	3100	115c
Frankrijk	40	coppice	"	2200	17c
België	66	zuur (pH 3,8-3,9)	"	3600	115c
Engeland	80	-	"	3505	65k
België	"	-	"	3485	73k
"	90	moder.pseudo gley, basisch (pH 5,2)	"	3200	72c
"	120	mull .basisch (pH 6,2)	"	4000	"
"	135	moder, basisch (pH 5,2)	"	3200	"
"	115-160	-	"	3500	73k
Overige klimaten:					
Rusland	12	leem/zand (grijs)	totaal	3300	192
"	22	-	"	3700	"
"	40	uitgeloogd	"	4100	"
"	43	leem/zand (grijs)	"	3800	"
"	48	"	"	3600	"
Amerika	60	-	"	4300	"
"	30-80	-	"	5600	65k
Polen	100	uitgeloogd	"	2000	142c
Amerika	160	-	"	2600	192
Zweden	125-190	gley, zuur (pH 4,4-5,0)	"	3000	12c
"	43-200	gronddek met veel stenen	"	1600	103c
Amerika	60-200	-	"	5584	65k
Rusland	220	leem/zand (grijs)	"	3700	192

BEUK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Denemarken	47	rode alluvale grond	totaal	2100	154c
"	54	"	"	2200	"
"	58	"	"	2500	"
Duitsland	59	zuur (pH 3,5-3,7)	"	3200	79c
"	80	"	"	3294	65k
Zwitserland	"	plantage	"	3200	54c
Denemarken	85-90	podzol (grijs/bruin), zuur (pH 4,6)	"	2100	99c
Zwitserland	98	plantage	"	3000	57c

vervolg BEUK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Denemarken	118	rode alluvale grond	"	2600	154c
Duitsland	122	zuur (pH 3,5-3,7)	"	3100	65k
"	125	-	totaal	3000	214k
België	+130	leem, zuur (pH 3,8-3,9), plantage	"	2900	58
"	144	"	"	3000	"
Denemarken	150	rode alluvale grond	"	2900	154c
"	200	"	"	2600	"
Frankrijk	150-270	podzol, uitgeloogd (gemengd), zuur (pH 3,4-4,8)	"	3500	127c
"	"	"	"	3000	"
"	"	"	"	3200	"
Overige klimaten:					
Roemenië	21-40	-	"	3000	69k
Italië	60	mull type, basisch (pH 5,5)	"	3000	218c
Zweden	90	leem, zuur (pH 4,0-4,5)	"	3600	158k
Bulgarije	+100	bosgrond, plantage	"	3800	85c
"	"	"	"	2900	"
"	"	"	"	4700	"

AANHANGSEL 6

Elementgehalten in de naalden van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd, bodem en naaldjaargang.

GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:										
Engeland	-	zuur, steenrijk	gem.	-	0,13	0,56	0,62	0,09	-	192
"	20	zand, plantage	gem.	1,33	0,13	0,56	0,43	0,07	-	"
Nederland	27-28	holtpodzol	1	1,63	0,11	0,56	0,06	0,06	-	-
"	"	"	2	1,77	0,10	0,43	0,15	0,05	-	-
"	"	"	gem.	1,70	0,11	0,50	0,11	0,06	-	-
Engeland	28	zand, stuifduin,	gem.	1,37	0,15	0,53	0,30	0,09	-	233k
"	33	plantage zware klei								
"	40	plantage	gem.	1,22	0,12	0,59	0,49	0,08	-	167k
"	64	-	gem.	1,29	0,12	0,59	0,18	0,08	-	119
"	64	zand, stuifduin,	gem.	1,04	0,11	0,39	0,46	0,08	-	233k
"		plantage								
Duitsland	-	-	1	1,56	0,12	0,53	0,14	0,08	0,03	192
"	-	-	3	1,18	0,03	0,12	0,31	0,09	0,04	"
"	-	-	gem.	1,37	0,15	0,33	0,23	0,09	0,04	"
Overige klimaten:										
Rusland	-	-	1	1,36a	0,12a	0,56a	0,16a	0,17a	0,05a	192
"	-	-	2	-	0,08b	0,28b	0,38b	0,16b	0,03b	"
"	-	-	4	1,12b	-	-	-	-	-	"
"	-	-	gem.	1,24	0,10	0,42	0,27	0,17	0,04	"
Rusland	25	-	4	1,05c	0,05c	0,21c	0,46c	0,16c	0,09c	192
Finland	28	fijn zand	1	1,22	0,16	0,73	0,21	-	-	134
"	"	"	2	1,12	0,11	0,42	0,43	-	-	"
"	"	"	3	1,00	0,10	0,36	0,55	-	-	"
"	"	"	4	0,80	0,09	0,31	0,58	-	-	"
"	"	"	gem.	1,04	0,12	0,46	0,44	0,13	-	"
Zweden	44	-	gem.	1,35	-	0,49	0,34	-	-	100k
Finland	45	fijn zand	1	1,30	0,16	0,75	0,19	-	-	134
"	"	"	2	1,30	0,13	0,55	0,39	-	-	"
"	"	"	3	1,20	0,11	0,47	0,48	-	-	"
"	"	"	4	1,08	0,10	0,39	0,51	-	-	"
"	"	"	gem.	1,22	0,13	0,54	0,39	-	-	"
"	47	grof zand	1	1,27	0,15	0,58	0,16	-	-	134
"	"	"	2	1,22	0,13	0,47	0,27	-	-	"
"	"	"	3	1,21	0,12	0,38	0,32	-	-	"
"	"	"	4	1,19	0,12	0,39	0,37	-	-	"
"	"	"	gem.	1,22	0,13	0,46	0,28	-	-	"

Vervolg GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Overige klimaten:										
Rusland	71	-	gem.	1,18	0,19	0,72	0,52	0,11	0,21	192
"	95	-	gem.	1,29	0,16	0,45	0,34	0,10	0,11	"
"	100	-	4	0,80c	0,04c	0,27c	0,34c	0,08c	0,03c	"
Zweden	120-150	-	1	1,19a	0,26a	0,53a	0,14a	0,08a	0,05a	45k
"	"	-	2	1,35b	0,01b	0,45b	0,31b	0,06b	0,06b	"
"	"	-	gem.	1,27	0,13	0,49	0,23	0,07	0,06	"

a) naalden < 1 jaar b) oudere naalden c) bij val

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:										
Engeland	-	zuur, steenrijk	1	1,15	0,07	0,38	0,74	0,12	-	192
"	18	arme aolain, zandduin, plantage	1	0,97	0,16	0,59	0,59	0,10	-	233k
"	28	arme aolain, zandduin, plantage	1	0,65	0,10	0,51	0,47	0,08	-	"
"	40	-	1	1,55	0,13	0,68	0,34	0,11	-	148k
"	48	arme aolain, zandduin, plantage	1	0,88	0,12	0,61	0,46	0,12	-	233k

DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:										
Engeland	-	-	1	1,27	0,09	0,38	0,74	0,17	-	192
Nederland	36	duinvaaggrond	1	2,31	0,09	0,48	0,20	0,13	0,21	163
"	"	"	2	3,11	0,09	0,39	0,25	0,10	0,29	"
"	"	"	3	3,08	0,09	0,34	0,28	0,07	0,29	"
"	"	"	4	3,42	0,08	-	-	-	-	"
"	"	"	gem.	2,98	0,09	0,40	0,24	0,10	0,26	"
"	37	haarpodzol	1	2,02	0,08	0,49	0,30	0,11	0,16	"
"	"	"	2	2,80	0,08	0,33	0,37	0,09	0,20	"
"	"	"	3	2,94	0,07	0,26	0,39	0,06	0,21	"
"	"	"	4	3,20	0,07	-	-	-	-	"
"	"	"	gem.	2,74	0,08	0,36	0,36	0,09	0,19	"

Vervolg DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:										
Nederland	38	holtpodzol	1	1,66	0,11	0,65	0,26	0,12	0,20	163
"	"	"	2	1,88	0,10	0,49	0,31	0,11	0,20	"
"	"	"	3	1,95	0,10	0,46	0,31	0,09	0,21	"
"	"	"	4	1,95	0,10	-	-	-	-	"
"	"	"	gem.	1,86	0,10	0,53	0,29	0,11	0,21	"
"	40	veldpodzol	1	2,19	0,09	0,61	0,18	0,10	0,18	"
"	"	"	2	2,93	0,09	0,45	0,28	0,08	0,21	"
"	"	"	3	3,03	0,09	0,39	0,29	0,06	0,20	"
"	"	"	4	3,00	0,08	-	-	-	-	"
"	"	"	gem.	2,79	0,09	0,48	0,25	0,08	0,20	"
"	45	holtpodzol	1	2,01	0,08	0,51	0,24	0,10	0,17	"
"	"	"	2	2,85	0,09	0,37	0,28	0,08	0,25	"
"	"	"	3	3,30	0,08	0,30	0,34	0,05	0,27	"
"	"	"	4	3,50	0,10	-	-	-	-	"
"	"	"	gem.	2,91	0,09	0,39	0,29	0,08	0,23	"
"	45	duinvaaggrond	1	2,00	0,09	0,61	0,20	0,09	0,18	"
"	"	"	2	2,63	0,09	0,50	0,27	0,09	0,24	"
"	"	"	3	2,71	0,08	0,39	0,32	0,07	0,25	"
"	"	"	4	2,97	0,07	-	-	-	-	"
"	"	"	gem.	2,58	0,08	0,50	0,26	0,08	0,22	"
"	50	veldpodzol	1	2,14	0,09	0,49	0,25	0,11	0,19	"
"	"	"	2	3,06	0,10	0,36	0,39	0,11	0,24	"
"	"	"	3	3,25	0,09	0,31	0,46	0,09	0,24	"
"	"	"	4	3,41	0,08	-	-	-	-	"
"	"	"	gem.	2,97	0,09	0,39	0,37	0,11	0,22	"
"	50	haarpodzol	1	2,11	0,10	0,52	0,16	0,11	0,19	"
"	"	"	2	2,79	0,10	0,39	0,19	0,09	0,26	"
"	"	"	3	2,87	0,09	0,33	0,20	0,08	0,25	"
"	"	"	4	3,01	0,09	-	-	-	-	"
"	"	"	gem.	2,70	0,10	0,42	0,18	0,09	0,23	"
Overige klimaten:										
Amerika	-	-	<1	0,98	0,20	0,66	0,63	-	-	210
"	-	-	1	1,11	0,23	0,61	0,60	-	-	"
"	-	-	2	1,00	0,24	0,53	0,56	-	-	"
"	-	-	3	0,90	0,26	0,51	0,49	-	-	"
"	-	-	4	0,80	0,27	0,46	0,41	-	-	"
"	-	-	gem.	0,96	0,24	0,55	0,53	-	-	"
Canada	15-20	-	<1	0,95a	0,14a	0,62	0,39a	0,08	-	226
"	"	-	4	1,11b	0,18b	0,53	0,97b	0,10	-	"
"	"	-	gem.	1,07	0,17	0,55	0,68	0,10	-	"
Amerika	20	lage produktie	gem.	1,50	0,32	0,69	1,41	0,22	-	210
"	22	leem, steenrijk	<1	1,42	0,22	1,02	0,33	0,14	-	"
"	"	"	gem.	1,30	0,25	0,85	0,54	0,12	-	"

Vervolg DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Overige klimaten:										
Canada	23	-	gem.	0,93	0,21	0,59	0,49	0,09	-	32k
"	"	-	gem.	1,11	0,11	0,55	0,42	0,07	0,21	"
"	"	-	gem.	1,62	0,09	0,51	0,52	0,09	0,24	"
Amerika	30	leem, steenrijk	1	0,80	0,17	0,72	0,32	0,10	-	210
"	"	"	gem.	0,87	0,22	0,68	0,64	0,11	-	"
"	36	zand, leem	1	1,21	0,25	0,80	0,35	-	-	62k
"	"	"	4	1,10	0,34	0,65	0,93	-	-	"
"	"	"	gem.	1,12	0,32	0,67	0,79	-	-	"
"	38	zand, leem, zuur	gem.	0,98	0,35	0,91	-	-	-	210
"	42	leem, steenrijk	1	1,07	0,21	0,80	0,38	0,12	-	"
"	"	"	gem.	1,04	0,22	0,71	0,77	0,15	-	"
"	42	"	1	1,37	0,24	1,12	0,37	0,14	-	"
"	"	"	gem.	1,28	0,27	0,89	0,82	0,12	-	"
"	49	"	1	1,18	0,23	0,86	0,32	0,14	-	"
"	"	"	gem.	1,15	0,01	0,70	0,73	0,16	-	"
"	53	lage produktie	gem.	1,20	0,20	0,43	-	-	-	31k
"	"	hoge produktie	gem.	0,84	0,22	0,52	-	-	-	"
"	73	leem, steenrijk	1	1,22	0,17	0,87	0,51	0,10	-	210
"	"	"	gem.	1,06	0,23	0,70	1,07	0,13	-	"
"	95	-	1	0,92	0,15	0,80	0,35	0,09	-	"
"	"	-	gem.	0,84	0,22	0,51	0,78	0,12	-	"

a) naalden < 1 jaar b) oudere naalden

FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		
Gematigd zeeklimaat:											
Duitsland	34	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6)	plantage	1	1,31	0,16	0,70	0,32	0,09	-	65k
"	85	-	1	1,50	0,16	0,70	0,40	0,05	-	214k	
"	87	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6)	plantage	1	1,28	0,08	0,66	0,39	0,03	-	65k
"	115	"	1	1,27	0,11	0,66	0,39	<u>0,32</u>	-	"	

Overige klimaten:

Amerika	-	-	1	1,02	0,09	0,39	<u>1,96</u>	0,3	-	192
Rusland	45	humus ijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	1	1,04	0,12	0,51	0,97	0,14	-	113k
Zweden	52	-	1	1,19	0,19	0,45	0,46	0,08	-	204k

Vervolg FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Overige klimaten:										
Zweden	55	leem , zuur (pH 4,0 4,5) plantage	1	1,22	0,12	0,68	0,47	0,05	0,12	158k
"	58	-	1	1,00	0,16	0,62	0,84	-	-	204k
"	60	-	1	1,22	0,12	0,68	0,47	0,05	-	158k
"	60-70	-	1	1,32	0,21	0,41	0,81	0,14	-	100k
"	65-132	-	1	1,04	0,10	0,43	0,80	0,10	-	159k

LARIKS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:										
Nederland	40	humuspodzol gezonde bomen	1	1,70	0,34	1,11	0,48	0,15	-	48
Overige klimaten,										
Japan	28	-	1	1,97	0,14	0,81	0,38	0,18	-	208k

ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:										
Nederland	-	pH KCl 4,51	1	2,55	0,11	0,72	0,54	0,17	-	161
"	-	pH KCl 3,48	1	2,40	0,12	0,71	0,45	0,14	-	"
Engeland	80	-	1	2,45	0,13	1,11	1,20	0,27	-	65k
België	"	-	1	2,09	0,13	1,03	1,55	0,13	-	73k
"	115-160	-	1	2,37	0,17	1,14	0,97	0,20	-	"
Overige klimaten:										
Rusland	22	-	1	1,93	0,19	1,54	2,12	0,39	0,31	192
"	40	zand/leem	1	-	0,10	1,59	1,61	0,41	-	"
"	48	"	1	2,18	0,24	1,79	1,39	0,24	0,32	"
"	50	yield class 3	1	2,19	0,24	1,76	0,87	-	-	186
Amerika	30-80	-	1	1,20	0,11	0,95	1,25	0,30	-	65k
"	60-200	-	1	1,70	-	0,82	0,88	-	-	"

BEUK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Jaar- gang	Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:										
Duitsland	80	pH 3,5-3,7	1	2,90	0,17	0,95	0,53	0,08	-	65k
"	122	"	1	2,74	0,15	0,80	0,30	0,07	-	"
"	125	-	1	3,00	0,20	0,90	0,40	-	-	214k
Overige klimaten:										
Zweden	90	leem, zuur (pH 4,0-4,5)	1	2,78	0,17	0,64	0,56	0,19	0,12	158k

AANHANGSEL 7

Biomassa van de wortels van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd en bodem.

GROVE DEN

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Type wortels	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Engeland	7	zand, plantage	totaal	3400	166kc
"	11	zand, natuurlijke opstand	"	10600	"
"	14	"	"	10400	"
"	17	zand, plantage	"	12800	"
"	20	"	"	14000	"
"	23	"	"	28100	168k
"	31	"	"	27700	166kc
"	33	zware klei, plantage	"	36100	167kc
"	55	zand, plantage	"	34100	166kc

Overige klimaten:

Zweden	9	ijzerpodzol	totaal	2500	7c
"	12	"	"	1400	"
"	13	"	"	900	"
"	14	"	"	3500	"
"	14	"	"	2800	"
"	26	"	"	10900	"
"	27	"	"	10100	"
Finland	28	fijn zand	"	7040	134
"	45	"	"	19280	"
"	47	grof zand	"	12390	"
Rusland	71	humus podzol	"	63600	192
Zweden	84	ijzerpodzol	"	16900	7c
Polen	85	podzol	"	63320	110
"	85	podzol, zuur (pH 3,7-4,7)	"	137600	207c
Rusland	100	veenhumuspodzol	"	17800	192
Zweden	120-150	-	"	20090	45k

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Type wortels	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Frankrijk	15	plantage	totaal	8600	58
"	"	"	"	2800	"
Engeland	40	-	"	33300	148k

DOUGLAS

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Type wortels	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
België	70	bruin, zuur (pH 3,9)	totaal	67000	116c
Overige klimaten:					
Amerika	9	-	totaal	930	210
"	32	leem/zand, zuur	"	20700	97kc
"	28-32	leem (was bemest), zuur	"	25100	"
"	36	leem/zand, plantage	"	32980	210
"	38	leem (was bemest), zuur	"	10000	97kc
"	"	leem/zand, zuur	"	16900	"
"	40	leem basisch (pH 5,2-5,7)	"	49300	117
"	"	lage produktie	"	57600	"
"	52	leem/zand, zuur	"	12300	97kc
Finland	volw	veen, zuur (pH 3,1-3,6)	"	27800	172c
"	"	"	"	25300	"

FIJNSPAR

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Type wortels	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Duitsland	34	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6), plantage	totaal	35560	65k
België	55	zuur (pH 3,9), plantage	"	70000	119
Duitsland	85	-	grof(+stronk)	70000	214k
"	"	-	fijn	2000	"
"	"	-	totaal	72000	"
"	87	bosgrond, zuur (pH 3,2-4,6), plantage	"	71700	65k
"	115	"	"	74900	"
Overige klimaten:					
Rusland	22	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	totaal	6200	113kc
Zweden	23	-	grof(+stronk)	11070	205k
"	"	-	fijn	4740	"
"	"	-	totaal	15810	"
Rusland	37	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,1-4,4)	"	14100	"
"	37	zuur (pH 3,3)	"	6600	"

Vervolg FIJNSPAR

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Type wortels	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:					
Rusland	38	zandpodzol zuur, (pH 4,6)	totaal	18300	113k"
"	39	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,2)	"	14600	113kc
"	41	veen, basisch (pH 6,0)	"	9500	"
"	42	veen, zuur (pH 3,6)	"	8000	"
"	43	zandpodzol, zuur (pH 4,4)	"	16800	"
"	45	humusijzerpodzol, zuur (4,1-4,4)	"	15800	"
"	"	humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8)	"	10100	"
"	54	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,3)	"	21600	"
Zweden	55	leem, zuur (pH 4,0-4,5)	grof(+stronk)	52000	158k
"	"	-	middel grof	4500	"
"	"	-	fijn	2000	"
"	"	-	totaal	58500	"
"	60	-	"	59000	"
Rusland	68	humusijzerpodzol, zuur (pH 4,3)	"	29100	113kc
"	82	humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	"	33200	"
"	83	veenpodzol	"	77600	192
"	98	humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	"	41000	113kc
"	109	humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	"	45000	"
"	110	klei podzol, zuur (pH 4,0-4,5)	"	68100	111c
"	125	arme grond	"	40700	192
"	126	humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	"	46000	113kc
"	130	arme veen gley	"	65700	192
"	138	humusijzerpodzol, zuur (pH 3,8-4,1)	"	47500	113kc

LARIKS

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Type wortels	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:					
Japan	39	vulkanisch as, plantage	totaal	34800	196c

ZOMEREIK

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Type wortels	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Nederland	-	zand (gemengd), zuur	totaal	11300	219
"	-	"	"	20800	"
"	-	"	"	18500	"
België	20-25	gley, mull, zuur (pH 3,9-4,5)	"	19200	"
"	66	zuur (pH 3,8-3,9), plantage	"	41800	74c
Engeland	80	-	"	24218	"
België	"	-	"	34600	73k
"	90	gley, moder, basisch (pH 5,2)	"	31100	74c
"	120	mull, basisch (pH 6,2)	"	51200	"
"	135	podzol, gley, zuur (pH 3,5)	"	36200	"
"	115-160	-	"	35300	73k
Overige klimaten:					
Rusland	12	zand/leem	totaal	22700	192
"	22	-	"	97300	"
"	40	donker cinnamon-bruin, uitgeloogd	"	31800	"
"	43	zand/leem	"	45900	"
"	48	"	"	70200	"
Amerika	60	-	"	16750	"
"	30-80	-	"	33000	65k
Polen	100	uitgeloogd, basisch (pH 5,2)	"	50000	142k
Amerika	160	-	"	27000	192
Zweden	125-190	bosgrond gley, zuur (pH 4,4-5,0)	"	21900	12c
Amerika	60-200	-	"	52525	65k

BEUK

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Type wortels	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:					
Duitsland	59	zuur (pH 3,5-3,7)	totaal	24000	58
"	80	"	"	22080	65k
Denemarken	85-90	podzol (grijs/bruin), zuur (pH 4,5-4,8)	"	43200	99c
Duitsland	122	zuur (pH 3,5-3,7)	"	30000	"
België	+130	leem, zuur (pH 3,8-3,9), plantage	"	68000	58
"	144	"	"	74000	"
Frankrijk	150-270	podzol (gemengd, uitgeloogd), zuur (pH 3,4-4,8)	totaal	49000	127c
"	"	"	"	39000	"
"	"	"	"	41000	"

Vervolg BEUK.

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Type wortels	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:					
Roemenië	21-40	-	totaal	27000	69k
Polen	70-80	leem, uitgeloogd, basisch (pH 5,2)	"	50000	142c
Zweden	90	leem, zuur (pH 4,0-4,5)	grof(+stronk)	37000	158k
"	"	"	middel grof	8000	"
"	"	"	fijn	6000	"
"	"	"	totaal	51000	"
Bulgarije	+100	bosgrond, plantage	"	54700	85c
"	"	"	"	37500	"
"	"	"	"	49700	"
Zweden	80-100	gley, basisch (pH 6,0-7,5)	"	41000	158k
"	80-120	podzol, zuur (pH 4,0-4,5)	"	34000	"

AANHANGSEL 8

Elementgehalten in de wortels van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd en bodem.

GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem		Elementgehalten (%)						Lit.
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:										
Engeland	20	zand, plantage		0,62	0,07	0,21	0,14	0,06	-	192
"	23	"		0,67	0,04	0,12	0,17	0,06	-	168k
"	33	zware klei, plantage		0,22	0,03	0,12	0,09	0,04	-	167kc
Overige klimaten:										
Finland	28	fijn zand	a)	0,10	0,02	0,08	0,07	-	-	134
"	"	"	b)	0,13	0,02	0,08	0,07	-	-	"
"	"	"	c)	0,48	0,10	0,27	0,22	-	-	"
"	"	"	d)	0,24	0,05	0,14	0,12	-	-	"
"	45	"	a)	0,11	0,01	0,08	0,07	-	-	"
"	"	"	b)	0,11	0,01	0,08	0,07	-	-	"
"	"	"	c)	0,50	0,10	0,28	0,33	-	-	"
"	"	"	d)	0,24	0,04	0,15	0,16	-	-	"
"	47	grof zand	a)	0,09	0,02	0,07	0,06	-	-	"
"	"	"	b)	0,09	0,01	0,08	0,06	-	-	"
"	"	"	c)	0,41	0,08	0,30	0,15	-	-	"
"	"	"	d)	0,20	0,04	0,15	0,09	-	-	"
Rusland	71	humus podzol	a)	-	-	-	-	-	-	192
"	"	"	b)	-	-	-	-	-	-	"
"	"	"	c)	-	-	-	-	-	-	"
"	"	"	d)	0,23	0,06	0,17	0,20	0,03	0,03	"
"	95	-	a)	-	-	-	-	-	-	"
"	"	-	b)	-	-	-	-	-	-	"
"	"	-	c)	0,36	0,06	0,15	0,33	0,07	0,14	"
"	"	-	d)	-	-	-	-	-	-	"
Zweden	120-150	-	a)	0,08	0,01	0,07	0,04	0,01	0,01	45k
"	"	-	b)	0,12	0,02	0,11	0,07	0,02	0,02	"
"	"	-	c)	0,18	0,04	0,17	0,11	0,06	0,04	"
"	"	-	d)	0,13	0,02	0,12	0,07	0,03	0,02	"

a) grove wortels (> 5 cm) + stronk
c) fijne wortels (< 1 cm)

b) middel grove wortels (1-5 cm)
d) gemiddelde waarde voor alle wortels

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:									
Engeland	40	-	0,25	0,04	0,13	0,06	0,04	-	148k

DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Overige klimaten:									
Amerika	9	-	0,25	0,10	0,16	0,22	0,03	-	210k
"	32	leem/zand, zuur	0,35	0,07	0,28	-	-	-	97kc
"	28-32	leem, zuur (was bemest)	0,36	0,07	0,34	-	-	-	98k
"	38	"	0,35	0,07	0,28	-	-	-	97kc
"	"	leem/zand, zuur	0,33	0,06	0,27	-	-	-	"
"	52	"	0,40	0,09	0,17	-	-	-	"

FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.	
			N	P	K	Ca	Mg	S		
Gematigd zeeklimaat:										
Duitsland	85	-	a)	0,60	0,12	0,60	0,34	0,07	-	214k
"	"	-	c)	0,60	0,12	0,60	0,20	0,07	-	"
"	"	-	d)	0,60	0,12	0,60	0,27	0,07	-	124k
Overige klimaten:										
Rusland	45	humus-ijzerpodzol, zuur (pH 3,8)		0,62	0,08	0,23	0,44	0,06	-	113kc
Zweden	55	leem, zuur	a)	0,10	0,01	0,10	0,04	0,01	0,02	158k
"	"	(pH 4,0-4,5),	b)	0,44	0,04	0,18	0,31	0,04	0,06	"
"	"	plantage	c)	1,00	0,08	0,30	0,40	0,08	0,08	"
"	"		d)	0,51	0,04	0,19	0,25	0,04	0,05	"

a) grove wortels (+ stronk)

b) middel grove wortels

c) fijne wortels

d) gemiddelde waarde voor alle wortels

ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:									
België	80	-	0,35	0,03	0,27	1,08	0,06	-	73k
Engeland	"	-	0,92	0,05	0,47	0,97	0,13	-	65k
België	115-160	-	0,84	0,08	0,32	0,85	0,08	-	73k
Overige klimaten:									
Rusland	22	-	0,09	0,08	0,61	0,79	-	0,09	192
"	48	leem/zand	0,40	0,04	0,25	1,26	0,08	0,04	"
"	50	yield class 3	0,58	0,10	0,54	0,68	0,07	-	"
Amerika	30-80	-	0,39	0,07	0,41	0,74	0,06	-	65k
"	60-200	-	0,83	-	0,32	0,53	-	-	"

BEUK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	
Gematigd zeeklimaat:									
Duitsland	80	zuur (pH 3,5-3,7)	0,43	0,03	0,14	0,08	0,01	-	65k
"	122	"	0,36	0,06	0,18	0,15	0,04	-	"
Overige klimaten:									
Zweden	90	leem, zuur a)	0,19	0,02	0,11	0,06	0,02	0,02	158k
"	"	(pH 4,0-4,5) b)	0,50	0,07	0,27	0,15	0,03	0,04	"
"	"	" c)	0,67	0,08	0,32	0,15	0,06	0,06	"
"	"	" d)	0,45	0,09	0,23	0,12	0,04	0,04	"

a) grove wortels (+ stronk)
c) fijne wortels

b) middel grove wortels
d) gemiddelde waarde voor alle wortels

AANHANGSEL 9

Biomassa van vers naald/bladstrooisel van grove den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk het klimaat (land), leeftijd van de opstand en bodem (humuslaag).

GROVE DEN

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
Schotland	46	-	3500	129
Engeland	-	-	4100	114k
Overige klimaten:				
Finland	50	-	1700	217k
"	58	-	1600	"
"	88	-	1200	"
Zweden	135	-	930	45k
"	15	-	1000	26
"	55	podzol	1760	39
"	"	"	1540	"
Rusland	20	-	2500	192
"	40	-	2300	"
"	60	-	1900	"
"	80	-	2000	"
"	100	-	1300	"

DOUGLAS

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:				
N. Zeeland	31	-	2090	229k
"	39	-	1440	"
Amerika	60	-	1930	191k
"	-	-	2010	2k
"	45	-	1900	211k
"	22	-	2680	210
"	30	-	2920	"
"	42	-	1710	"
"	73	-	2280	"
"	95	-	2360	"
"	30	-	1300	"
"	32	-	960	"

Vervolg DOUGLAS

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:				
Amerika	38	-	2130	210
"	"	-	1800	"
"	52	-	1480	"

FIJNSPAR

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
Denemarken	-	-	1600	42k
Overige klimaten:				
Finland	68	-	1900	217k
"	78	-	1700	"
Amerika	24	-	3900	61k
Noorwegen	39	-	2500	157k
Zweden	80	podzol	1450	"
"	50	mull	2400	"
"	"	"	3000	"
"	35	"	1700	"
"	"	"	1670	"
"	55	podzol	2820	"
"	"	"	2880	"

LARIKS

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:				
Amerika	30	"	1470	210
"	"	"	2290	"
"	"	"	3170	"

ZOMEREIK

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
Engeland	-	-	3260	12k
Overige klimaten:				
Zweden	-	-	3300	12k
Amerika	-	-	3700	"
"	-	-	3600	"
"	-	-	6100	"
"	-	-	3600	"
"	-	-	1800	"
"	-	-	3900	"
"	-	-	3500	"
"	-	-	5000	"
"	-	-	4800	"

BEUK

Land	Leeftijd (jr)	Bodem	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
Engeland	-	-	3570	158
"	-	-	3400	139k
Denemarken	48	-	2600	154k
Overige klimaten:				
Zweden	-	-	3600	12k
"	25	mull	2100	39
"	"	"	2800	"
"	"	"	2860	"
"	80	"	1570	"
"	"	"	2500	"

AANHANGSEL 10

Biomassa van het totale boomstrooisel van grove den, Corsicaanse/-Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd van de opstand en strooisellaag.

GROVE DEN

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel-laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
Engeland	7	totaal	15900	168/169
"	11	"	12100	"
"	14	"	9900	"
"	17	"	17400	"
"	20	"	26400	"
"	23	"	39800	"
"	31	"	31500	"
"	35	"	36700	"
"	55	"	45000	"
"	46	L	1200	"
"	"	F+H	11600	"
"	"	totaal	12800	"
"	20	"	13200	166k
"	55	"	9200	"
"	23	"	14900	"
"	33	"	55300	"
"	47	"	6400	"
Schotland	46	L	4500	129

Overige klimaten:

Zweden	130	L+F	7000	45k
"	"	H	20000	"
"	"	totaal	27000	"

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel-laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
Schotland	40	L	10800	150/149k
"	"	H	13100	"
"	"	totaal	23900	"
Engeland	19	L	8200	"
"	"	F+H	15500	"
"	"	totaal	23700	"

Vervolg CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel- laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
Engeland	21	L	3900	168
"	"	F+H	14300	"
"	"	totaal	18200	"
"	46	L	2400	"
"	"	F+H	19300	"
"	"	totaal	21700	"

DOUGLAS

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel- laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:				
Amerika	-	totaal	17700	227k
"	-	"	13900	"
"	300	"	12000	220
"	53	"	17600	31k
"	"	"	13900	"
"	45	"	18000	220
"	23	"	21500	32k
"	25	"	14000	41k
"	41	"	25000	"
"	22	L	11400	210
"	"	H	8500	"
"	"	totaal	19900	"
"	30	L	5900	"
"	"	H	9400	"
"	"	totaal	15300	"
"	42	L	2400	"
"	"	H	14700	"
"	"	totaal	17100	"
"	73	L	11000	"
"	"	H	28400	"
"	"	totaal	39400	"
"	95	L	9200	"
"	"	H	34200	"
"	"	totaal	43400	"
"	450	"	50900	2k
"	-	H	12000	64k
Canada	120	L	5700	60k
"	"	totaal	45000	"
"	"	L	7100	"
"	"	totaal	45700	"
"	"	L	4700	"
"	"	totaal	25200	"

Vervolg DOUGLAS

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel- laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:				
Canada	23	"	33600	34
"	> 100	L+F	27300	"
"	23	totaal	22100	36
"	"	"	7000	"
Amerika	-	"	38200	232
"	-	"	44500	"
"	-	"	82000	220

FIJNSPAR

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel- laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
Duitsland	34	totaal	52000	214k
"	87	"	49000	"
"	115	"	111000	"
Engeland	19	L	9700	"
"	"	F+H	16300	"
"	"	totaal	26000	"
"	21	L	5200	165
"	"	F+H	12200	"
"	"	totaal	17400	"
"	46	L	5000	"
"	"	F+H	20000	"
"	"	totaal	25000	"

Overige klimaten:

Rusland	37	totaal	18700	113k
"	-	L	2900	187k
"	-	F	8200	"
"	-	H	10100	"
"	-	totaal	21200	"
"	45	"	19300	"
"	39	"	19800	"
"	43	"	20600	"
"	38	"	20000	"
"	22	"	17400	"
"	37	"	18500	"
"	45	"	19200	"
"	54	"	22000	"
"	58	"	24700	"
"	82	"	26000	"
"	98	"	29600	"

Vervolg FIJNSPAR

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel- laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:				
Rusland	109	totaal	32800	187k
"	126	"	35500	"
"	138	"	39000	"
"	42	"	33800	"
"	41	"	61000	"
Zweden	60	"	18500	158
Amerika	-	L	2800	202k
"	-	F	3700	"
"	-	H	11200	"
"	-	totaal	17700	"
"	40	"	91000	225k

LARIKS

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel- laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
Engeland	21	L	1800	165
"	"	F+H	12300	"
"	"	totaal	14100	"
"	22	L	7100	"
Overige klimaten:				
Japan	-	totaal	13000	212

ZOMEREIK

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel- laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
België	130	L	5600	73k
"	"	totaal	5600	"
Engeland	46	L	700	165
"	"	F+H	3100	"
"	"	totaal	3800	"
"	-	L	200	"
"	-	F+H	3500	"
"	-	totaal	3700	"
"	-	L	1900	192
"	-	totaal	1900	"

Vervolg ZOMEREIK

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel- laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Overige klimaten:				
N-England	65	totaal	58200	192
"	50	"	59600	"
Amerika	81	"	19400	220
"	-	L	4600	185k
"	-	"	4700	"

BEUK

Land	Leeftijd (jr)	Strooisel- laag	Biomassa (kg.ha ⁻¹)	Lit.
Gematigd zeeklimaat:				
Duitsland	-	L	5200	192
"	59	totaal	29000	214k
"	80	"	39000	"
"	122	"	29700	"
Engeland	38	L	1600	165
"	"	F+H	9200	"
"	"	totaal	10800	"
"	39	L	5400	"
Overige klimaten:				
Zweden	-	L	5200	158

AANHANGSEL 11

Elementgehalten van vers naald/bladstrooisel van grove den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd van de opstand en bodem (humuslaag).

GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)						Lit.	
			N	P	K	Ca	Mg	S		C
Gematigd zeeklimaat:										
Schotland	46	-	0,73	0,05	0,18	0,33	0,05	-	-	129
"	40	-	0,44	0,08	0,15	0,58	0,10	-	-	119
Zweden-zuid	53	mull	0,39	0,02	0,11	0,75	0,07	-	-	108
"	58	mor	0,43	0,02	0,03	0,40	0,04	-	-	"
"	59	"	0,38	0,02	0,08	0,34	0,04	-	-	"
"	60	mull	0,41	0,03	0,07	0,51	0,04	-	-	"
Overige klimaten:										
Zweden	53	moder	0,41	0,03	0,07	0,71	0,04	-	-	108
"	"	mor/model	0,45	0,04	0,10	0,56	0,07	-	-	"
"	57	mull	0,38	0,02	0,11	0,79	0,08	-	-	"
"	70	mor	0,41	0,03	0,08	0,75	0,05	-	-	"
"	-	-	0,24	0,01	0,07	0,51	0,05	-	-	"
"	-	-	0,40	0,03	0,24	0,88	-	-	-	"
"	-	-	0,38	0,02	0,11	0,49	0,11	-	-	20
"	-	-	0,39	0,03	0,09	0,61	0,06	-	-	"
"	135	-	0,41	0,03	0,08	0,35	0,04	0,04	-	45k
"	-	-	0,34	0,02	0,06	0,47	0,04	0,03	-	20
"	-	-	0,36	0,01	0,05	0,53	0,05	0,03	-	"
"	-	-	0,40	0,02	0,05	0,49	0,04	0,04	-	"
"	-	-	0,43	0,03	0,09	0,47	0,06	0,05	-	"
"	55	-	0,47	0,03	0,07	0,50	0,06	-	-	39
"	"	-	0,57	0,03	0,05	0,46	0,05	-	-	"
"	15	-	-	-	-	-	-	-	-	26
"	-	-	0,41	0,02	0,43	1,15	0,26	-	-	"
"	-	-	0,43	0,03	0,09	0,47	0,06	0,05	-	20
"	-	-	0,36	0,02	0,04	0,64	0,06	-	-	28
"	-	-	0,41	0,02	0,05	0,77	0,05	-	-	"
"	-	-	0,38	-	-	-	-	-	-	119
"	15	podzol	0,38	0,02	0,07	0,65	0,04	0,04	51,1	27
"	"	"	0,34	0,02	0,06	0,47	0,04	0,03	50,8	"
"	"	"	0,40	0,02	0,05	0,49	0,04	0,04	-	"
"	"	"	0,42	0,02	0,07	0,54	0,05	0,03	50,5	"
"	"	"	0,41	0,02	0,09	0,60	0,04	0,04	-	"
"	"	"	-	0,02	0,06	0,55	0,06	0,03	54,6	"
Noorwegen	-	-	0,54	0,04	0,07	0,45	-	-	-	157k

Vervolg GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)							Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	C	
Overige klimaten:										
Finland	-	-	0,51	0,04	0,11	0,49	0,11	-	-	-
Amerika	-	-	0,70	0,12	0,36	0,86	0,16	-	-	210
"	30	-	0,63	0,14	0,21	1,09	0,11	-	-	"
"	42	-	1,23	0,13	0,39	2,09	0,37	-	-	"
"	73	-	0,75	0,10	0,27	1,51	0,19	-	-	"
"	95	-	1,15	0,13	0,22	1,61	0,14	-	-	"

DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)							Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	C	
Overige klimaten:										
Amerika	45	-	0,74	-	-	-	-	-	-	211k
"	-	-	1,16	0,13	0,17	0,90	-	-	-	119
"	60	-	1,04	0,10	0,12	1,45	0,07	0,15	-	191k
"	-	-	0,44	0,12	0,16	1,71	0,10	-	-	2k
"	450	-	0,82	-	-	-	-	-	50,8	82

FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)							Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	C	
Gematigd zeeklimaat:										
Zweden zuid	53	mull	0,45	0,07	0,16	2,12	0,15	-	-	108
"	"	mor	0,54	0,12	0,16	0,27	0,08	-	-	"
"	55	"	0,51	0,05	0,14	0,56	0,14	-	-	"
"	57	mull	0,51	0,07	0,18	0,89	0,10	-	-	"
Overige klimaten:										
Zweden	53	moder	0,58	0,08	0,11	2,13	0,10	-	-	108
"	55	mor	0,54	0,06	0,25	1,09	0,13	-	-	"
"	70	"	0,47	0,10	0,21	1,94	0,06	-	-	"
"	57	mull	0,53	0,04	0,32	3,17	0,10	-	-	"
"	-	-	0,53	0,07	0,13	0,32	0,10	-	-	119
"	-	-	1,14	0,10	0,17	0,89	0,10	-	-	39
"	-	-	0,40	0,04	0,10	1,31	0,09	-	-	29
"	35	mull	0,94	0,10	0,16	1,25	0,10	-	-	"

Vervolg FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)							Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	C	
Overige klimaten:										
Zweden	35	mull	0,99	0,10	0,15	1,30	0,08	-	-	29
"	50	"	1,16	0,10	0,13	0,84	0,10	-	-	"
"	"	"	1,23	0,11	0,21	0,93	0,11	-	-	"
"	55	podzol	1,10	0,10	0,19	0,91	0,10	-	-	"
"	"	"	1,05	0,10	0,16	0,98	0,08	-	-	"
"	80	"	0,82	0,10	0,17	1,16	0,09	-	-	"
"	"	"	0,83	0,09	0,16	1,15	0,09	-	-	"
Noorwegen	-	-	1,03	0,08	0,21	1,96	-	-	-	157k
"	-	-	1,05	0,08	0,29	1,21	-	-	-	"
"	-	-	0,87	0,07	0,16	1,79	-	-	-	"
Rusland	-	-	0,60	0,02	0,02	0,93	0,10	-	-	135k
"	-	-	1,22	0,05	0,13	1,35	0,09	-	-	174k
Amerika	24	-	0,95	0,08	0,36	1,80	0,21	-	-	61k

LARIKS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)							Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	C	
Overige klimaten:										
Zweden	30	mull	0,89	0,05	0,09	0,45	-	-	-	82
"	"	"	0,75	0,04	0,11	0,59	0,14	-	-	"
"	"	"	0,90	0,04	0,06	0,42	0,07	-	-	"

ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)							Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	C	
Gematigd zeeklimaat:										
Engeland	-	mull	1,29	0,06	0,38	1,60	0,18	-	-	67
"	-	"	1,50	0,06	0,41	2,00	0,23	-	-	9

BEUK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Elementgehalten (%)							Lit.
			N	P	K	Ca	Mg	S	C	
Overige klimaten:										
Zweden	80	mull	1,02	0,07	0,14	1,18	0,13	-	-	39
"	"	"	0,97	0,08	0,09	1,04	0,11	-	-	"
"	25	"	1,07	0,07	0,31	1,22	-	-	-	"
"	"	"	1,27	0,08	0,37	1,32	0,20	-	-	"
"	"	"	1,37	0,07	0,12	1,21	0,14	-	-	"

AANHANGSEL 12

Elementgehalten van het totale boomstrooisel grove den, Corsicaanse/-Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd van de opstand, bodem en strooisellaag.

GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Gematigd zeeklimaat:											
Engeland	7	-	tot.	0,99	0,06	0,06	0,16	0,05	-	-	168/
"	11	-	"	0,96	0,06	0,09	0,39	0,06	-	-	169
"	14	-	"	0,92	0,07	0,12	0,64	0,06	-	-	"
"	17	-	"	1,12	0,08	0,09	0,44	0,05	-	-	"
"	20	-	"	1,27	0,08	0,09	0,48	0,04	-	-	"
"	23	-	"	0,55	0,07	0,08	0,47	0,06	-	-	"
"	31	-	"	0,90	0,06	0,10	0,39	0,05	-	-	"
"	35	-	"	0,94	0,06	0,09	0,35	0,07	-	-	"
"	55	-	"	0,91	0,06	0,08	0,31	0,07	-	-	"
"	46	-	L	1,29	-	-	-	-	-	59,5	"
"	"	-	F+H	1,53	-	-	-	-	-	53,8	"
"	"	-	tot. 1)	1,51	-	-	-	-	-	54,3	"
Schotland	"	-	L	0,82	0,05	0,17	0,27	0,04	-	-	129
Overige klimaten:											
Zweden	130	-	L+F	1,04	0,08	0,16	0,35	0,05	0,10	-	45k
"	"	-	H	0,80	0,05	0,09	0,23	0,06	0,08	-	"
"	"	-	tot. 1)	0,86	0,06	0,11	0,26	0,06	0,09	-	"
Rusland	-	-	tot.	0,73	0,05	0,27	1,10	0,16	0,06	-	135k
"	-	-	"	1,25	0,07	0,28	0,75	0,22	0,21	-	193
Finland	-	-	L	0,87	0,06	0,10	0,34	-	-	-	134
"	-	-	L	1,03	0,07	0,09	0,15	-	-	-	"
"	-	-	L	1,42	0,13	0,24	0,33	-	-	-	"

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Gematigd zeeklimaat:											
Schotland	40	-	tot.	1,27	0,24	0,16	0,36	0,11	-	-	149
Engeland	19	-	L	1,29	-	-	-	-	-	59,4	165
"	"	-	F+H	1,69	-	-	-	-	-	51,5	"
"	"	-	tot. 1)	1,60	-	-	-	-	-	53,2	"

Vervolg CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Gematigd zeeklimaat:											
Engeland	21	-	L	0,36	-	-	-	-	-	49,6	165
"	"	-	F+H	0,64	-	-	-	-	-	47,4	"
"	"	-	tot. 1)	0,54	-	-	-	-	-	48,2	"
Engeland	46	-	L	0,66	-	-	-	-	-	61,1	165
"	"	-	F+H	1,34	-	-	-	-	-	54,6	"
"	"	-	tot. 1)	1,30	-	-	-	-	-	55,3	"

DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Gematigd zeeklimaat											
Nederland	38	holt-	tot.	1,63	0,10	0,08	0,22	0,04	0,20	38,1	121
"	"	podzol	"	1,63	0,10	0,07	0,23	0,05	0,20	44,2	"
"	"	"	"	1,85	0,08	0,06	0,20	0,04	0,23	44,5	"
"	"	"	"	1,54	0,07	0,08	0,22	0,05	0,17	37,6	"
"	"	"	"	1,84	0,09	0,08	0,28	0,05	0,21	42,0	"
"	45	holt-	"	1,54	0,11	0,08	0,27	0,05	0,20	43,5	"
"	"	podzol	"	1,19	0,06	0,09	0,21	0,05	0,15	28,3	"
"	"	"	"	1,21	0,05	0,08	0,19	0,05	0,15	32,5	"
"	"	"	"	2,03	0,08	0,08	0,35	0,05	0,21	46,4	"
"	"	"	"	1,96	0,07	0,08	0,32	0,06	0,18	47,3	"
"	50	haar-	"	1,79	0,07	0,06	0,22	0,05	0,19	49,8	"
"	"	podzol	"	2,02	0,07	0,09	0,23	0,05	0,25	43,9	"
"	"	"	"	1,68	0,07	0,07	0,20	0,05	0,22	42,6	"
"	"	"	"	1,83	0,06	0,09	0,22	0,06	0,22	44,3	"
"	"	"	"	1,90	0,07	0,06	0,22	0,05	0,20	47,0	"
"	37	haar-	"	1,66	0,06	0,07	0,29	0,04	0,18	40,7	"
"	"	podzol	"	1,77	0,06	0,06	0,37	0,05	0,21	42,1	"
"	"	"	"	1,43	0,06	0,07	0,34	0,04	0,17	33,9	"
"	"	"	"	1,80	0,05	0,06	0,33	0,04	0,20	40,7	"
"	"	"	"	1,76	0,05	0,07	0,30	0,04	0,19	39,2	"
"	40	veld-	"	1,84	0,13	0,08	0,52	0,05	0,21	45,9	"
"	"	podzol	"	1,81	0,14	0,08	0,48	0,05	0,21	40,0	"
"	"	"	"	1,89	0,14	0,06	0,48	0,04	0,25	42,2	"
"	"	"	"	1,28	0,12	0,07	0,44	0,05	0,19	40,6	"
"	"	"	"	1,60	0,12	0,08	0,53	0,04	0,20	41,8	"

Vervolg DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Gematigd zeeklimaat:											
Nederland	40	veld-	"	2,19	0,06	0,08	0,34	0,05	0,21	36,8	"
"	"	podzol	"	2,42	0,07	0,08	0,38	0,05	0,28	44,6	"
"	"	"	"	1,98	0,08	0,08	0,36	0,05	0,21	45,6	"
"	"	"	"	1,79	0,07	0,09	0,31	0,05	0,19	33,7	"
"	"	"	"	2,00	0,07	0,08	0,29	0,04	0,20	35,9	"
"	44	duin-	"	1,99	0,08	0,08	0,43	0,06	0,22	44,6	121
"	"	vaag	"	2,45	0,10	0,09	0,43	0,07	0,26	43,9	"
"	"	grond	"	2,39	0,10	0,11	0,41	0,06	0,25	44,8	"
"	"	"	"	2,17	0,12	0,10	0,39	0,06	0,24	45,6	"
"	"	"	"	2,08	0,11	0,10	0,39	0,06	0,24	44,8	"
"	36	duin-	"	2,23	0,10	0,06	0,36	0,05	0,22	45,4	"
"	"	vaag	"	1,56	0,10	0,08	0,38	0,06	0,18	42,8	"
"	"	grond	"	1,87	0,12	0,07	0,44	0,05	0,23	43,3	"
"	"	"	"	1,74	0,09	0,09	0,26	0,05	0,19	43,3	"
"	"	"	"	2,06	0,14	0,08	0,41	0,06	0,24	44,8	"
Overige klimaten:											
Amerika	-	-	tot.	1,28	0,12	0,15	-	-	-	-	227k
"	-	-	"	1,46	0,14	0,20	-	-	-	-	"
"	300	-	"	0,92	-	-	-	-	-	38,4	220
"	53	-	"	1,22	0,12	0,15	-	-	-	-	31k
"	"	-	"	1,35	0,14	0,19	-	-	-	-	"
"	45	-	"	0,97	-	-	-	-	-	35,5	220
"	23	-	"	1,32	-	-	-	-	-	-	33
"	25	-	"	1,07	-	-	-	-	-	-	41k
"	40	-	"	1,04	-	-	-	-	-	-	"
"	22	-	L	0,64	0,13	0,19	0,44	0,27	-	-	157k
"	"	-	H	1,18	0,13	0,19	0,71	0,27	-	-	"
"	"	-	tot. 1)	0,87	0,13	0,19	0,56	0,27	-	-	"
"	30	-	L	0,78	0,12	0,16	0,80	0,28	-	-	"
"	"	-	H	1,03	0,12	0,16	0,81	0,28	-	-	"
"	"	-	tot. 1)	0,93	0,12	0,16	0,81	0,28	-	-	"
"	42	-	L	0,85	0,12	0,16	0,63	0,16	-	-	"
"	"	-	H	0,97	0,14	0,06	0,71	0,17	-	-	"
"	"	-	tot. 1)	0,95	0,14	0,07	0,70	0,17	-	-	"
"	73	-	L	0,39	0,12	0,12	0,41	0,03	-	-	"
"	"	-	H	1,10	0,12	0,12	0,65	0,15	-	-	"
"	"	-	tot. 1)	0,90	0,12	0,12	0,58	0,12	-	-	"
"	95	-	L	0,95	0,10	0,14	0,71	-	-	-	"
"	"	-	L	0,95	0,10	0,14	0,71	-	-	-	"
"	"	-	H	0,95	0,10	0,14	0,71	-	-	-	"
"	"	-	tot. 1)	0,95	0,10	0,14	0,71	-	-	-	"

Vervolg DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Overige klimaten:											
Amerika	-	-	H	1,01	0,16	0,13	0,71	-	-	-	66k
"	450	-	tot.	0,81	0,10	0,20	0,79	0,11	0,07	-	2k
Canada	23	-	tot.	1,49	0,18	0,05	0,71	0,15	-	-	34
"	100	-	L+F	>1,38	0,10	0,10	0,89	0,26	-	-	36
"	23	-	tot.	1,28	0,19	0,07	0,72	0,23	-	-	"
"	"	-	tot.	0,51	0,20	0,09	0,44	0,24	-	-	"
"	-	-	L	0,86	-	-	-	-	0,08	-	132
"	-	-	F	0,96	-	-	-	-	0,11	-	"
"	-	-	H	1,04	-	-	-	-	0,13	-	"
Amerika	-	-	tot.	0,70	0,07	0,88	2,10	0,31	0,15	-	232
"	-	-	tot.	0,88	-	-	-	-	-	-	"

FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Zeeklimaat:											
Duitsland	34	mull	tot.	2,75	0,38	0,20	0,14	0,09	-	57,9	214k
"	87	"	"	1,96	0,11	0,08	0,17	0,04	-	57,9	"
"	115	"	"	2,04	0,09	0,10	0,23	0,04	-	58,2	"
Engeland	19	-	L	1,62	-	-	-	-	-	55,2	165
"	"	-	F+H	1,72	-	-	-	-	-	41,9	"
"	"	-	tot. 1)	1,69	-	-	-	-	-	45,9	"
"	46	-	L	1,66	-	-	-	-	-	57,4	"
"	"	-	F+H	1,39	-	-	-	-	-	42,1	"
"	"	-	tot. 1)	1,49	-	-	-	-	-	47,8	"
"	"	-	L	1,52	-	-	-	-	-	57,4	"
"	"	-	F+H	1,77	-	-	-	-	-	54,9	"
"	"	-	tot. 1)	1,72	-	-	-	-	-	55,4	"

Overige klimaten:

Rusland	-	-	L	1,17	0,14	0,24	1,23	0,31	0,13	46,4	187k
"	-	-	F	1,45	0,11	0,13	1,18	0,30	0,08	40,9	"
"	-	-	H	1,32	0,09	0,09	0,76	0,30	0,08	37,0	"
"	-	-	tot. 1)	1,35	0,10	0,13	0,99	0,30	0,09	40,0	"
"	37	-	tot.	1,66	0,05	0,06	0,58	0,30	0,10	50,8	"
"	45	podzol	"	1,19	0,06	0,09	0,82	0,20	0,06	49,7	113k
"	39	"	"	1,33	0,08	0,15	0,45	0,08	0,07	50,0	"
"	43	"	"	1,61	0,06	0,17	1,29	0,10	0,09	50,0	"
"	38	"	"	1,76	0,05	0,12	0,76	0,19	0,06	50,0	"
"	22	podzol	"	1,33	0,08	0,15	0,45	0,08	0,07	50,0	"

Vervolg FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Overige klimaten:											
Rusland	37	podzol	tot.	1,33	0,08	0,15	0,44	0,08	0,07	50,0	113k
"	45	"	"	1,33	0,10	0,15	0,34	0,08	0,07	50,0	"
"	54	"	"	1,33	0,10	0,15	0,45	0,08	0,07	50,0	"
"	58	"	"	1,33	0,10	0,15	0,44	0,08	0,07	50,0	"
"	82	"	"	1,32	0,10	0,15	0,45	0,08	0,07	50,0	"
"	98	"	"	1,33	0,09	0,15	0,45	0,08	0,07	50,0	"
"	109	"	"	1,33	0,08	0,15	0,45	0,08	0,07	50,0	"
"	126	"	"	1,33	0,07	0,15	0,45	0,08	0,07	50,0	"
"	138	"	"	1,33	0,08	0,15	0,45	0,08	0,07	50,0	"
"	42	peat	"	1,87	0,05	0,12	0,48	0,20	0,10	50,0	"
"	41	"	"	2,03	0,09	0,07	0,18	0,35	0,08	50,0	"
Zweden	60	-	tot.	1,32	0,08	0,08	0,26	0,04	0,14	49,2	158
Amerika	-	-	L	-	-	0,06	0,78	0,33	-	-	202k
"	-	-	F	-	-	0,10	0,78	0,41	-	-	"
"	-	-	H	-	-	0,10	0,78	0,54	-	-	"
"	-	-	tot. ¹⁾	-	-	0,08	0,78	0,48	-	-	"
"	40	-	tot.	-	0,10	0,32	0,36	0,23	-	-	225k

LARIKS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Gematigd zeeklimaat:											
Engeland	21	-	L	0,94	-	-	-	-	-	52,9	165
"	"	-	F+H ₁)	0,91	-	-	-	-	-	51,5	"
"	"	-	tot)	0,91	-	-	-	-	-	51,7	"
Overige klimaten:											
Japan	-	-	tot.	1,54	0,08	0,10	0,79	0,16	-	-	212

ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Zeeklimaat:											
Engeland	46	-	L	1,97	-	-	-	-	-	56,9	165
"	"	-	F+H	1,90	-	-	-	-	-	50,7	"
"	"	-	tot. 1)	1,90	-	-	-	-	-	51,0	"
"	-	-	L	1,53	-	-	-	-	-	44,3	"
"	-	-	F+H	1,87	-	-	-	-	-	48,2	"
"	-	-	tot. 1)	1,81	-	-	-	-	-	47,5	"
"	47	-	tot.	1,85	-	-	-	-	-	-	"
Overige klimaten:											
N-England	65	-	tot.	0,88	-	-	-	-	-	-	220
"	50	-	"	1,42	-	-	-	-	-	-	"
Amerika	81	-	"	1,60	-	-	-	-	-	-	"
Rusland	-	-	"	1,63	0,13	0,14	1,41	0,14	-	-	189
Amerika	-	-	L	0,96	0,12	-	1,08	0,22	-	-	185k

BEUK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Strooisel- laag	Elementgehalten (%)						Lit.	
				N	P	K	Ca	Mg	S		C
Zeeklimaat:											
Duitsland	59	mull	tot.	2,81	0,21	0,29	0,30	0,11	-	-	214
"	80	"	"	2,69	0,18	0,31	0,31	0,11	-	-	"
"	122	"	"	2,73	0,18	0,20	0,31	0,11	-	-	"
Engeland	38	-	L	1,73	-	-	-	-	-	54,9	165
"	"	-	F+H	1,67	-	-	-	-	-	41,8	"
"	"	-	tot. 1)	1,70	-	-	-	-	-	43,7	"
Zweden	-	-	L	1,65	0,12	0,20	0,66	0,09	0,15	51,9	158

1) Hier zijn de elementgehalten van het totale strooiselcompartiment berekend op basis van een dikte gewogen gemiddelde.

AANHANGSEL 13

Gemiddelde waarden, procentuele standaardafwijking, minimum- en maximumwaarden van elementgehalten in het totale boomstrooisel van grove den, Corsicaanse/-Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van klimaat en strooisellaag.

GROVE DEN

Strooisel- laag	Ele- ment	Elementgehalten (%)												
		Zeeklimaat				Overige klimaten				Alle klimaten				
		n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s
L	N	2	1,05	32	0,82	1,29	3	1,11	26	0,87	1,42	5	1,09	24
	P	1	0,05	0	0,05	0,05	3	0,09	44	0,06	0,13	4	0,08	46
	K	1	0,17	0	0,17	0,17	3	0,14	59	0,09	0,24	4	0,15	47
	Ca	1	0,27	0	0,27	0,27	3	0,27	39	0,15	0,34	4	0,27	32
	Mg	1	0,04	0	0,04	0,04	-	-	-	-	-	1	0,04	0
	C	1	59,50	0	59,50	59,50	-	-	-	-	-	1	59,50	0
Tot.	N	10	1,01	25	0,55	1,51	3	0,95	29	0,73	1,25	13	0,99	25
	P	9	0,07	13	0,06	0,08	3	0,06	17	0,05	0,07	12	0,06	14
	K	9	0,09	18	0,06	0,12	3	0,22	43	0,11	0,28	12	0,12	60
	Ca	9	0,40	33	0,16	0,64	3	0,70	60	0,26	1,10	12	0,48	53
	Mg	9	0,06	18	0,04	0,07	3	0,15	55	0,06	0,22	12	0,08	68
	S	-	-	-	-	-	3	0,12	66	0,06	0,21	3	0,12	66
	C	1	54,30	0	54,30	54,30	-	-	-	-	-	1	54,30	0

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Strooisel- laag	Ele- ment	Elementgehalten (%)												
		Zeeklimaat				Overige klimaten				Alle klimaten				
		n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s
L	N	3	0,77	62	0,36	1,29	-	-	-	-	-	3	0,77	62
	C	3	56,70	11	49,60	61,10	-	-	-	-	-	3	56,70	11
F+H	N	3	1,22	44	0,64	1,69	-	-	-	-	-	3	1,22	44
	C	3	51,17	7	47,40	54,60	-	-	-	-	-	3	51,17	7
Tot.	N	4	1,18	38	0,54	1,60	-	-	-	-	-	4	1,18	38
	P	1	0,24	0	0,24	0,24	-	-	-	-	-	1	0,24	0
	K	1	0,16	0	0,16	0,16	-	-	-	-	-	1	0,16	0
	Ca	1	0,36	0	0,36	0,36	-	-	-	-	-	1	0,36	0
	Mg	1	0,11	0	0,11	0,11	-	-	-	-	-	1	0,11	0
	C	3	52,23	7	48,20	55,30	-	-	-	-	-	3	52,23	

DOUGLAS

Strooisel- laag	Ele- ment	Elementgehalten (%)												
		Zeeklimaat					Overige klimaten					Alle klimaten		
		n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s
L	N	-	-	-	-	-	6	0,75	27	0,39	0,95	6	0,75	27
	P	-	-	-	-	-	5	0,12	9	0,10	0,13	5	0,12	9
	K	-	-	-	-	-	5	0,15	17	0,12	0,19	5	0,15	17
	Ca	-	-	-	-	-	5	0,60	28	0,41	0,80	5	0,60	28
	Mg	-	-	-	-	-	4	0,19	63	0,03	0,28	4	0,19	63
	S	-	-	-	-	-	1	0,08	0	0,08	0,08	1	0,08	0
H	N	-	-	-	-	-	7	1,04	8	0,95	1,18	7	1,04	8
	P	-	-	-	-	-	6	0,13	16	0,10	0,16	6	0,13	16
	K	-	-	-	-	-	6	0,13	33	0,06	0,19	6	0,13	33
	Ca	-	-	-	-	-	6	0,72	7	0,65	0,81	6	0,72	7
	Mg	-	-	-	-	-	4	0,22	31	0,15	0,28	4	0,22	31
	S	-	-	-	-	-	1	0,13	0	0,13	0,13	1	0,13	0
Tot.	N	39	1,83	17	1,19	2,45	20	1,04	25	0,51	1,49	59	1,56	30
	P	40	0,08	15	0,05	0,10	14	0,13	27	0,07	0,20	54	0,09	33
	K	40	0,08	15	0,06	0,11	14	0,19	108	0,05	0,88	54	0,11	105
	Ca	40	0,33	29	0,19	0,53	10	0,81	57	0,44	2,10	50	0,43	68
	Mg	40	0,05	15	0,04	0,07	9	0,21	35	0,11	0,31	49	0,08	87
	S	-	-	-	-	-	2	0,11	51	0,07	0,15	2	0,11	51
	C	-	-	-	-	-	2	36,95	6	35,50	38,40	2	36,95	

FIJNSPAR

Strooisel- laag	Ele- ment	Elementgehalten (%)												
		Zeeklimaat					Overige klimaten					Alle klimaten		
		n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s
L	N	3	1,60	5	1,52	1,66	1	1,17	0	1,17	1,17	4	1,49	15
	P	-	-	-	-	-	1	0,14	0	0,14	0,14	1	0,14	0
	K	-	-	-	-	-	2	0,15	85	0,06	0,24	2	0,15	85
	Ca	-	-	-	-	-	2	1,00	32	0,78	1,23	2	1,00	32
	Mg	-	-	-	-	-	2	0,32	4	0,31	0,33	2	0,32	4
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,13	0
	C	3	56,67	2	55,20	57,40	1	46,40	0	46,40	46,40	4	54,10	10
F	N	-	-	-	-	-	1	1,45	0	1,45	1,45	1	1,45	0
	P	-	-	-	-	-	1	0,11	0	0,11	0,11	1	0,11	0
	K	-	-	-	-	-	2	0,12	18	0,10	0,13	2	0,12	18
	Ca	-	-	-	-	-	2	0,98	29	0,78	1,18	2	0,98	29
	Mg	-	-	-	-	-	2	0,36	22	0,30	0,41	2	0,36	22
	S	-	-	-	-	-	1	0,08	0	0,08	0,08	1	0,08	0
	C	-	-	-	-	-	1	40,90	0	40,90	40,90	1	40,90	0

Vervolg FIJNSPAR

Strooisel- laag	Ele- ment	Elementgehalten (%)												
		Zeeklimaat					Overige klimaten					Alle klimaten		
		n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s
F+H	N	3	1,63	13	1,39	1,77	-	-	-	-	-	3	1,63	13
	C	3	46,30	16	41,90	54,90	-	-	-	-	-	3	46,30	16
H	N	-	-	-	-	-	1	1,32	0	1,32	1,32	1	1,32	0
	P	-	-	-	-	-	1	0,09	0	0,09	0,09	1	0,09	0
	K	-	-	-	-	-	2	0,10	7	0,09	0,10	2	0,10	7
	Ca	-	-	-	-	-	2	0,77	2	0,76	0,78	2	0,77	2
	Mg	-	-	-	-	-	2	0,42	40	0,30	0,54	2	0,42	40
	S	-	-	-	-	-	1	0,08	0	0,08	0,08	1	0,08	0
	C	-	-	-	-	-	1	37,00	0	37,00	37,00	1	37,00	0
Tot.	N	6	1,94	23	1,49	2,75	19	1,44	16	1,19	2,03	25	1,56	23
	P	3	0,19	84	0,09	0,38	20	0,08	23	0,05	0,10	23	0,09	68
	K	3	0,13	51	0,08	0,20	21	0,14	39	0,06	0,32	24	0,14	39
	Ca	3	0,18	25	0,14	0,23	21	0,54	48	0,18	1,29	24	0,49	54
	Mg	3	0,06	51	0,04	0,09	21	0,16	75	0,04	0,48	24	0,14	80
	S	-	-	-	-	-	19	0,08	24	0,06	0,14	19	0,08	24
	C	6	53,85	10	45,90	58,20	19	49,46	5	40,00	50,80	25	50,51	7

LARIKS

Strooisel- laag	Ele- ment	Elementgehalten (%)												
		Zeeklimaat					Overige klimaten					Alle klimaten		
		n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s
Tot.	N	2	1,23	36	0,91	1,54	-	-	-	-	-	2	1,23	36
	P	1	0,08	0	0,08	0,08	-	-	-	-	-	1	0,08	0
	K	1	0,10	0	0,10	0,10	-	-	-	-	-	1	0,10	0
	Ca	1	0,79	0	0,79	0,79	-	-	-	-	-	1	0,79	0
	Mg	1	0,16	0	0,16	0,16	-	-	-	-	-	1	0,16	0
	C	1	51,70	0	51,70	51,70	-	-	-	-	-	1	51,70	0

ZOMEREIK

Strooisel- laag	Ele- ment	Elementgehalten (%)												
		Zeeklimaat					Overige klimaten					Alle klimaten		
		n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s
L	N	2	1,75	18	1,53	1,97	-	-	-	-	-	3	1,49	34
	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,12	0
	Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,08	0
	Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,22	0
	C	2	50,60	18	44,30	56,90	-	-	-	-	-	2	50,60	18
F+H	N	2	1,88	1	1,87	1,90	-	-	-	-	-	2	1,88	1
	C	2	49,45	4	48,20	50,70	-	-	-	-	-	2	49,45	4
Tot.	N	5	1,57	27	0,88	1,90	2	1,62	1	1,60	1,63	7	1,58	22
	P	-	-	-	-	-	1	0,13	0	0,13	0,13	1	0,13	0
	K	-	-	-	-	-	1	0,14	0	0,14	0,14	1	0,14	0
	Ca	-	-	-	-	-	1	1,41	0	1,41	1,41	1	1,41	0
	Mg	-	-	-	-	-	1	0,14	0	0,14	0,14	1	0,14	0
	C	2	49,25	5	47,50	51,00	-	-	-	-	-	2	49,25	5

BEUK

Strooisel- laag	Ele- ment	Elementgehalten (%)												
		Zeeklimaat					Overige klimaten					Alle klimaten		
		n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s	min.	max.	n	gem.	%s
L	N	2	1,69	3	1,65	1,73	-	-	-	-	-	2	1,69	3
	P	1	0,12	0	0,12	0,12	-	-	-	-	-	1	0,12	0
	K	1	0,20	0	0,20	0,20	-	-	-	-	-	1	0,20	0
	Ca	1	0,66	0	0,66	0,66	-	-	-	-	-	1	0,66	0
	Mg	1	0,09	0	0,09	0,09	-	-	-	-	-	1	0,09	0
	S	1	0,15	0	0,15	0,15	-	-	-	-	-	1	0,15	0
	C	2	53,40	4	51,90	54,90	-	-	-	-	-	2	53,40	4
	Tot.	N	4	2,48	21	1,70	2,81	-	-	-	-	-	4	2,48
	P	3	0,19	9	0,18	0,21	-	-	-	-	-	3	0,19	9
	K	3	0,27	22	0,20	0,31	-	-	-	-	-	3	0,27	22
	Ca	3	0,31	2	0,30	0,31	-	-	-	-	-	3	0,31	2
	Mg	3	0,11	0	0,11	0,11	-	-	-	-	-	3	0,11	0
	C	1	43,70	0	43,70	43,70	-	-	-	-	-	1	43,70	0

AANHANGSEL 14

Elementgehalten van twijgen, appels, kegels, takken en wortels van grove den en douglas afhankelijk van het klimaat (land).

GROVE DEN

Component	Land	Elementgehalten (%)								Lit.
		N	P	K	Ca	Mg	S	C		
Gematigd zeeklimaat:										
twijg	Schotland	0,69	0,02	0,09	0,11	0,01	-	-		129
appel	"	0,27	0,01	0,11	0,01	0,01	-	-		"
wortel 1- 2mm	Zweden	0,57	0,07	0,31	-	0,09	0,09	51,5		24
wortel 2- 3mm	"	0,34	0,07	0,38	-	0,08	0,08	51,4		"
wortel 3- 5mm	"	0,29	0,06	0,32	-	0,07	0,07	51,1		"
wortel 5- 7mm	"	0,26	0,06	0,31	-	0,07	0,06	51,5		"
wortel 7- 9mm	"	0,25	0,05	0,32	-	0,05	0,05	-		"
wortel 9-11mm	"	0,26	0,04	0,22	-	0,06	0,04	-		"

DOUGLAS

Component	Land	Elementgehalten (%)								Lit.
		N	P	K	Ca	Mg	S	C		
Overige klimaten:										
twijg	Amerika	0,47	0,04	0,04	0,48	0,02	-	47,0		78
twijg	"	0,44	0,04	-	0,36	0,04	-	46,2		"
twijg	"	0,50	0,03	0,03	0,41	0,04	-	48,3		"
twijg	"	0,50	0,03	0,03	0,56	0,04	-	48,9		"
kegel	"	0,15	0,04	0,08	0,12	0,05	-	46,7		"
kegel	"	0,22	0,03	0,02	0,10	0,05	-	44,0		"
kegel	"	0,27	0,02	0,04	0,07	0,04	-	46,3		"
kegel	"	0,30	0,02	0,04	0,12	0,05	-	46,8		"
kegel	"	0,24	-	-	-	-	-	49,3		82
tak	"	0,04	0,01	0,03	0,04	0,01	-	46,3		78
tak	"	0,07	0,01	0,01	0,04	0,01	-	46,5		"
tak	"	0,08	0,01	0,02	0,03	0,01	-	46,2		"

AANHANGSEL 15

Afbraakconstanten van verschillende strooiselcomponenten van grove den, Corsicaanse/Oostenrijkse den, douglas, fijnspar, lariks, zomereik en beuk afhankelijk van het klimaat (land), leeftijd van de opstand, bodem (humuslaag) en methode.

A) STROOISELCOMPONENT = NAALDEN EN BLADEREN

GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Zweden-zuid	58	mor	SZ	totaal	0,33	108
"	59	"	"	"	0,36	"
"	60	moder	"	"	0,34	"
"	68	mor	"	"	0,24	"
Zweden	53	"	"	"	0,33	"
"	"	moder	"	"	0,36	"
"	69	mull	"	"	0,35	"
Zweden-zuid	58	mor	BV/SV	"	0,25	"
"	59	"	"	"	0,31	"
"	60	moder	"	"	0,36	"
"	68	mor	"	"	0,23	"
Zweden	53	"	"	"	0,44	"
"	"	moder	"	"	0,42	"
"	69	mull	"	"	0,45	"

SZ = strooiselmethode

BV/SV = bladval/strooiselvoorraad verhoudingsmethode

DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Amerika	-	-	SZ	totaal	0,27	82
"	450	-	"	"	0,29	"
"	"	-	"	"	0,28	"
"	"	-	"	"	0,26	"
"	"	-	"	"	0,31	"
"	"	-	"	"	0,25	"
"	"	-	"	"	0,24	"
"	"	-	"	"	0,22	"
Canada	120	droog	SZ	"	0,43	60k
"	"	nat	"	"	0,43	"
"	"	vochtig	"	"	0,43	"

SZ = strooiselmethode

FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Zweden-zuid	52	mor	SZ	totaal	0,18	108
"	53	mull	"	"	0,22	"
"	"	mor	"	"	0,21	"
"	55	"	"	"	0,26	"
"	56	"	"	"	0,26	"
"	57	moder	"	"	0,34	"
Zweden	53	"	"	"	0,31	"
"	57	mull	"	"	0,21	"
Zweden-zuid	52	mor	BV/SV	"	0,25	"
"	53	"	"	"	0,22	"
"	55	"	"	"	0,55	"
"	56	"	"	"	0,21	"
"	57	moder	"	"	0,75	"
Zweden	53	"	"	"	0,39	"
"	57	mull	"	"	0,22	"

SZ = strooiselmethode

BV/SV = bladval/strooiselvoorraad verhoudingsmethode

ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Amerika	-	-	SZ	totaal	0,26	38
"	-	-	"	"	0,20	"
"	-	-	"	"	0,70	206k

SZ = strooiselmethode

B) STROOISELCOMPONENT = TOTALE HOEVEELHEID STROOISEL (RUWE HUMUS)

GROVE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Nederland	85	-	TS/OS	C	0,70	153k
"	"	-	"	Cellulose	0,17	"

CORSICAANSE/OOSTENRIJKSE DEN

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Nederland	22	-	TS/OS	C	0,58	153k
"	"	-	"	Cellulose	0,11	"

DOUGLAS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Amerika	22	-	TS/OS	totaal	0,13	211k
"	30	-	"	"	0,16	"
"	"	-	"	"	0,23	"
"	42	-	"	"	0,15	"
"	73	-	"	"	0,09	"

LARIKS

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Japan	10	-	TS/OS	totaal	1,06	198k
"	28	-	"	"	0,30	"
"	48	-	"	"	0,26	"

FIJNSPAR

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Zweden	55	-	BV/SV	N	0,24	158
"	"	-	"	P	0,31	"
"	"	-	"	K	0,71	"
"	"	-	"	Ca	0,41	"
"	"	-	"	Mg	0,41	"
"	"	-	"	S	0,22	"
"	"	-	"	C	0,30	"
"	"	-	"	totaal	0,30	"

ZOMEREIK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Japan	-	-	TS/OS	totaal	0,55	198k
Nederland	-	-	TS/OS	"	0,02	119
Frankrijk	-	-	TS/OS	"	0,39	126k
"	-	-	SZ	"	0,43	"
California	75	-	TS/OS	"	0,12	107k
Amerika	-	-	-	"	0,62	119
"	-	-	SZ	Ca	0,35	187k
"	-	-	"	totaal	0,33	"

BEUK

Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Element	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
Japan	-	-	TS/OS	totaal	0,40	198k
Amerika	-	-	-	"	0,43	119
Zweden	78	-	BV/SV	N	0,80	158
"	"	-	"	P	0,86	"
"	"	-	"	K	1,38	"
"	"	-	"	Ca	0,93	"
"	"	-	"	Mg	0,90	"
"	"	-	"	S	0,83	"
"	"	-	"	C	1,11	"
"	"	-	"	totaal	1,10	"

C) STROOISELCOMPONENTEN ZIJN: KEGELS, TWIJGEN, TAKKEN, SCHORS EN WORTELS

GROVE DEN

Strooisel- component	Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
wortel 1- 2mm	Zweden	120	-	SZ	0,20	24
" 2- 3mm	"	120	-	"	0,15	"
" 3- 5mm	"	120	-	"	0,15	"
" 5- 7mm	"	120	-	"	0,17	"
" 7- 9mm	"	120	-	"	0,17	"
" 9-11mm	"	120	-	"	0,15	"

DOUGLAS

Strooisel- component	Land	Leef- tijd (jr)	Bodem	Methode	Afbraak- constante (jr ⁻¹)	Lit.
twijgen	Amerika	45	-	SZ	0,09	78
kegels	"	45	-	"	0,14	"
"	"	450	-	"	0,07	82
"	"	450	-	"	0,06	"
"	"	450	-	"	0,06	"
"	"	450	-	"	0,07	"
"	"	450	-	"	0,08	"
"	"	450	-	"	0,08	"
takken	"	-	-	"	0,06	78
"	"	450	-	"	0,07	82
"	"	450	-	"	0,09	"
"	"	450	-	"	0,09	"
"	"	450	-	"	0,09	"
"	"	450	-	"	0,09	"
"	"	450	-	"	0,09	"
"	"	450	-	"	0,06	"
"	"	450	-	"	0,06	"
"	"	450	-	"	0,06	"
schors	"	450	-	"	0,05	"

AANHANGSEL 16

Afbraakconstanten van grove dennennaaldenstrooisel bij verschillende incubatietijden afhankelijk van het land leeftijd van de opstand en humuslaag (bodem) (naar Johansson, 1986).

Land	Leef- tijd (jr)	Humuslaag	Afbraakconstante (jr^{-1})				
			1	2	3	4	5
Zweden-zuid	58	mull	0,54	0,47	0,43	0,38	0,33
"	"	mor	0,55	0,50	0,43	0,37	0,32
"	59	"	0,45	0,45	0,40	0,36	0,44
"	60	moder/mull	0,44	0,44	0,39	0,35	0,34
"	68	mor	0,36	0,22	0,30	0,27	0,24
Zweden	45	"	0,22	0,22	0,23	0,23	0,22
"	47	"	0,37	0,33	0,33	0,30	0,30
"	48	"	0,30	0,29	0,30	0,29	0,30
"	53	mor/moder	0,46	0,41	0,37	0,34	0,33
"	"	moder	0,58	0,48	0,42	0,38	0,36
"	69	mull	0,48	0,46	0,40	0,35	0,45
"	70	mor	0,45	0,45	0,42	0,39	0,38
"	97	"	0,20	0,21	0,22	0,24	-
"	118	"	0,12	0,11	0,13	0,14	0,14

1, 2, 3, 4 en 5 is het aantal jaren na incubatie