

Om aske- og sandbestemmelse i roetop

Af E. J. NØRGAARD PEDERSEN

A. Indledning

Almindeligvis er det ikke muligt at bjerge roetop i fuldstændig ren tilstand. At rense toppen ved vaskning er som regel ikke gennemførligt, og i forsøg er man derfor henvist til at korrigere tørstofudbyttet for jordindblanding. Korrektionen kan enten bestå i beregning af organisk stof (tørstof ÷ aske) eller sandfrit tørstof (tørstof ÷ sand). Imidlertid er ingen af disse korrektioner fuldstændige. I organisk stof indgår den brændbare del af den indblandede jord og i sandfrit tørstof indgår desuden den del af jordasken, der er opløselig i saltsyre. Hertil kommer, som det senere skal vises, at der sker en reaktion mellem planteaske og jordaske.

Hverken sandfrit tørstof eller organisk stof kan derfor betragtes som helt tilfredsstillende mål for en jordblandet afgrødes foder-værdi. Det rigtige ville være at bestemme jordfrit tørstof eller jordfrit organisk stof. I det følgende vil forskellen mellem henholdsvis jordfrit tørstof og sandfrit tørstof og mellem jordfrit organisk stof og organisk stof blive betegnet som fejl. I denne afhandling skal på grundlag af nogle forsøg udført på Ødum forsøgsstations laboratorium diskuteres, hvor betydelige disse fejl er, og om der er mulighed for at imødegå dem.

B. Forsøgene og deres resultater

1. FORSØGENES UDFØRELSE

Princippet i forsøgene var, at prøver af ren roetop blev tilsat stigende mængder jord, hvorefter aske og sand bestemtes på sædvanlig måde.

Til forsøgene benyttedes tre jordtyper: lerjord fra Ødum forsøgsstation og sandjorder fra Tylstrup og Studsgaard forsøgsstationer, og to toptyper, kålroetop og bederoetop (Rød Øtofte).

Jordprøverne blev tørret og sigtet. Topprøverne blev så godt som muligt befriet for jord ved vaskning og blev derefter tørret og finmalet.

I jordprøverne bestemtes aske og sand efter de sædvanlige metoder. Til analyserne udvejedes af hver jordprøve 12 fællesprøver varierende fra 0,4 til 10,0 g. Det viste sig, at analyseresultaterne var uafhængige af prøvestørrelsen. Det gennemsnitlige indhold af aske og sand ses af tabel 1.

Tabel 1

Jord	% aske	% sand
Ødum.....	95.80	92.19
Tylstrup.....	96.16	94.71
Studsgaard.....	96.63	94.81

Forsøgene blev udført på følgende måde: Af den vaskede og tørrede topmasse udvejedes 12 prøver à ca. 3,5 g til bestemmelse af aske og sand. Prøverne tørredes derefter ved ca. 80° i 4 timer og finvejedes derpå til analyse. Samtidig udvejedes et antal prøver til jordindblanding. I forsøget med bederoetop var prøvestørrelsen ca. 10 g, i forsøget med kålroetop ca. 3,5 g. Disse prøver tørredes i 4 timer ved 80°. Toptørstoffet sammenblandedes meget grundigt med afvejede mængder af jord, der ligeledes var tørret i 4 timer ved 80°, og hele portionen benyttedes til analyse, hvorved den meget vanskelige prøveudtagning i jordblandet materiale blev undgået. I forsøget med bederoetop benyttedes tre digler pr. prøve, i forsøget med kålroetop kun en. Foraskningen skete i alle tilfælde ved 550°. Asken blev kogt ca. 2 min. med 20 procents saltsyre, og papirfiltrene blev bortglødet ved 660°.

2. FORSØGSRESULTATER

Analysen af den rene top ses af tabel 2.

Tabel 2

Topprøve	% aske	% sand
Bederoetop.....	16.01	0.51
Kålroetop.....	12.97	0.27

Tabel 3

Bederøetop

<i>Ødum</i>			<i>Tylstrup</i>			<i>Studsgaard</i>		
% jord	% aske	% sand	% jord	% aske	% sand	% jord	% aske	% sand
0.00	15.57	0.00	0.00	15.57	0.00	0.00	15.57	0.00
1.66	16.62	1.57	2.04	17.24	1.94	1.95	17.47	2.11
2.75	17.56	2.46	3.00	17.83	2.74	2.93	18.19	2.97
3.73	17.98	3.06	3.90	18.44	3.45	3.87	18.82	3.76
4.60	18.68	3.98	4.82	19.38	4.34	4.71	19.61	4.56
5.37	19.21	4.50	5.75	19.91	5.02	6.04	20.23	5.59
6.40	19.94	5.50	6.56	20.60	6.07	6.80	20.89	6.29
7.68	20.79	6.53	7.57	21.35	6.84	7.53	21.44	6.89
8.32	21.98	7.84	8.34	21.87	7.33	8.21	21.94	7.55
10.13	23.06	8.83	9.19	22.21	8.23	10.51	23.34	9.57
11.81	24.30	10.18	11.75	24.40	10.15	11.76	24.47	10.77
13.96	25.94	12.16	14.03	26.15	12.54	14.07	26.26	12.80
16.17	27.58	14.41	17.68	29.06	16.33	17.51	29.23	16.34
20.74	30.84	18.51	20.86	30.86	19.15	20.76	31.60	19.64
24.05	33.47	21.49	24.01	33.32	22.00	23.67	34.41	22.62
26.96	36.44	23.97	26.64	35.68	24.78	26.86	36.83	25.47
30.05	38.71	26.80	29.18	37.58	27.84	29.41	38.70	28.01
34.17	41.69	30.60	34.41	42.13	32.13	33.93	42.13	32.02
38.47	45.05	34.69	38.33	44.70	36.15	38.22	45.69	35.98
45.18	50.56	40.60	44.84	49.98	42.41	44.94	50.99	42.64
50.85	55.22	46.20	50.56	54.72	48.08	50.62	55.65	48.03

Kålroetop

0.00	12.73	0.00	0.00	12.73	0.00	0.00	12.73	0.00
2.43	15.33	2.25	1.95	14.79	2.11	2.38	14.97	2.34
3.72	16.10	3.55	4.07	16.55	4.11	4.03	16.58	4.28
6.95	19.07	6.58	6.30	18.12	6.24	6.74	18.79	6.87
11.22	22.33	10.28	11.02	22.16	10.53	9.27	21.02	9.27
14.58	24.93	13.22	15.07	25.51	14.49	11.76	23.17	11.68
18.60	28.88	16.93	17.49	27.43	16.47	15.14	26.00	14.52
22.38	31.71	20.80	21.89	31.20	20.84	20.58	30.35	19.78
27.05	35.18	24.66	26.04	34.41	24.57	25.80	34.51	24.63
30.69	38.10	27.93	30.49	38.06	28.88	32.12	39.73	30.46
34.49	41.36	31.30	34.68	41.57	32.74	34.86	42.24	33.27
39.95	45.56	36.09	39.11	45.40	37.84	39.97	46.39	37.92
46.02	50.70	41.85	45.60	50.57	42.98	46.40	51.54	43.92
51.59	55.30	47.03	51.93	55.98	48.41	52.71	57.01	49.73

Trods vaskningen af toppen var der lidt sand i prøverne¹. Da der kun er tale om små mængder, kan man med meget god tilnærmelse beregne, hvor meget jord og aske, der svarer til sandmængden.

Forsøgenes resultater fremgår af tabel 3. I % jord er medregnet de små jordmængder, der svarer til sand i ren top, og askeprocenten ved jordprocenten 0 er ligeledes beregnet.

I fig. 1 til 6 er grafisk vist relationerne mellem jordindhold og indhold af aske og sand.

Det ses, at for alle tre jordtyper og begge toptyper gælder, at sandprocenten er en retlinet funktion af jordprocenten, hvilket kan udtrykkes ved ligningen:

$$y = Bx, \quad (1)$$

hvor y er sandprocenten, x jordprocenten og B hældningskoefficienten. For kålroetoppens vedkommende er askeprocenten ligeledes en retlinet funktion af jordprocenten for alle tre jordtyper. For bederoetoppen synes sammenhængen bedst at kunne gengives ved to rette linier, en gældende for jordprocenter op til ca. 20 og

Fig. 1. Ødum Lerjord. Bederoetop.

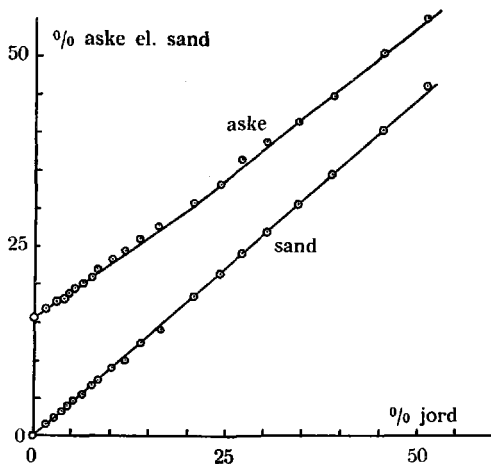
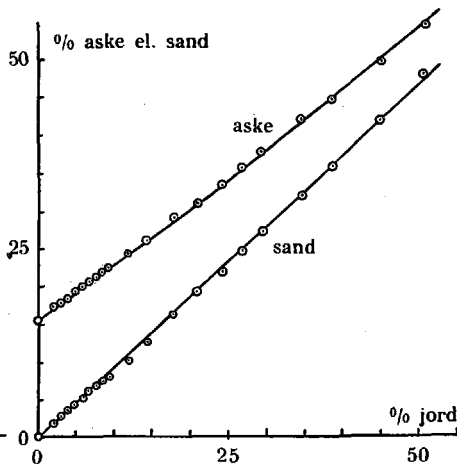


Fig. 2. Tylstrup sandjord. Bederoetop.



1. Der er ingen tvivl om, at langt den største del af de meget små mængder uopløseligt aske i diglerne virkelig var sand, da sandkornene tydeligt kunne ses med det blotte øje.

Fig. 3. Studsgaard sandjord. Bederoetop.

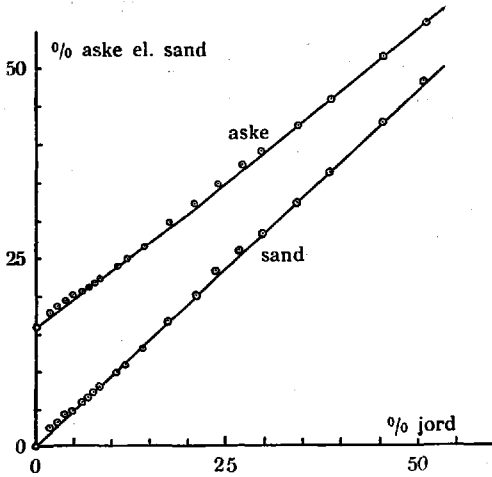


Fig. 4. Ødum lerjord. Kålroetop.

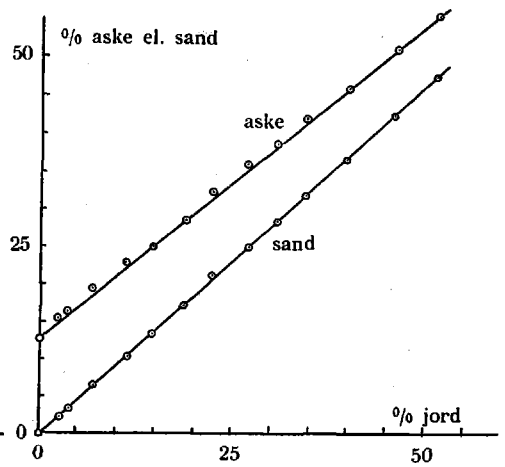


Fig. 5. Tylstrup sandjord. Kålroetop.

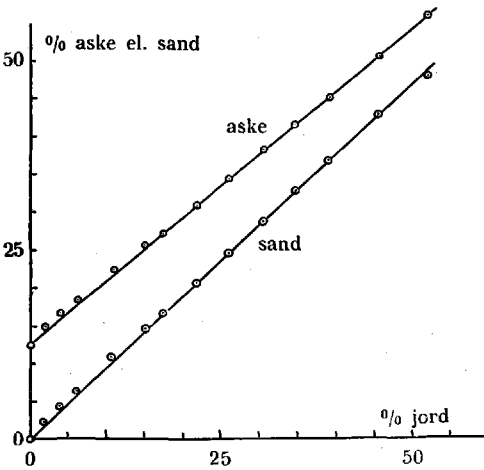
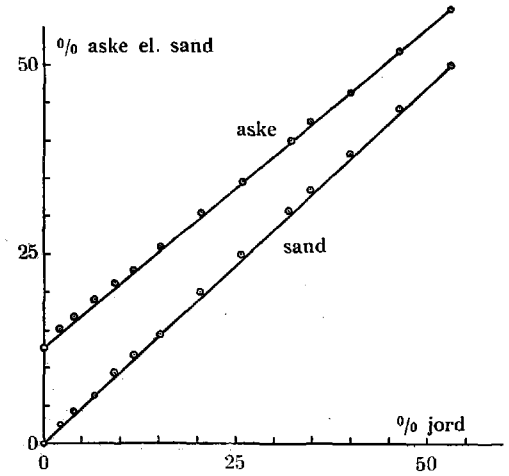


Fig. 6. Studsgaard sandjord. Kålroetop.



Tabel 4

	$x = \% \text{ jord, } y = \% \text{ sand, } z = \% \text{ aske}$	
	Ligninger bestemt grafisk	Ligninger beregnet ud fra % aske eller sand i jord
<i>Ødum, bederoetop</i>	$y = 0.900x$ $z = 15.57 + 0.722x_1$ $z = 13.80 + 0.807x_2$	$y = 0.922x$ $z = 15.57 + 0.802x$
<i>Tylstrup, bederoetop</i>	$y = 0.940x$ $z = 15.57 + 0.734x_1$ $z = 13.95 + 0.807x_2$	$y = 0.947x$ $z = 15.57 + 0.806x$
<i>Studsgaard, bederoetop</i>	$y = 0.944x$ $z = 15.57 + 0.754x_1$ $z = 14.50 + 0.815x_2$	$y = 0.948x$ $z = 15.57 + 0.811x$
<i>Ødum, kálroetop</i>	$y = 0.912x$ $z = 12.73 + 0.820x$	$y = 0.922x$ $z = 12.73 + 0.831x$
<i>Tylstrup, kálroetop</i>	$y = 0.944x$ $z = 12.73 + 0.831x$	$y = 0.947x$ $z = 12.73 + 0.834x$
<i>Studsgaard, kálroetop</i>	$y = 0.944x$ $z = 12.73 + 0.840x$	$y = 0.948x$ $z = 12.73 + 0.839x$

en gældende for højere jordprocent. Relationen mellem jordprocent og askeprocent kan i alle tilfælde udtrykkes ved ligningen:

$$z = q + ax, \quad (2)$$

hvor z er askeprocenten, x jordprocenten og q og a konstanter.

Det bemærkes, at linierne er tegnet efter skøn. Herved opnås, at de går gennem begyndelsespunktet (dette gælder dog ikke linierne for askeprocent i bederoetop ved højt jordindhold).

Ud fra figurerne kan beregnes ligninger for linierne. I tabel 4 er de således beregnede ligninger anført. For bederoetop er beregnet to ligninger for relationen mellem askeprocent og jordprocent, en gældende for jordprocenter op til ca. 20 og en gældende for højere jordprocent.

1. Ligninger gældende for jordprocenter under ca. 20.

2. Ligninger gældende for højere jordprocenter.

3. INDHOLD AF ASKE OG SAND I TOP OG JORD HVER FOR SIG OG I BLANDING

a. Problemstilling

Man kunne på forhånd tænke sig, at indholdet af aske og sand i jordblandet top simpelthen var summen af disse stoffer i jord og top. Dette er imidlertid ikke tilfældet.

Antages det, at jordasken og planteasken ikke reagerer med hinanden, vil relationen mellem jordprocent og procent aske og sand kunne udtrykkes ved ligningerne:

$$y = bx, \text{ og} \quad (3)$$

$$z = p + \left(k \div \frac{P}{100}\right)x, \quad (4)$$

hvor y er sandprocenten, z askeprocenten, x jordprocenten og b , p og k konstanter, hvis værdi er givet ved:

$$b = \frac{\text{sandprocenten i jord}}{100}, \quad (5)$$

$$p = \% \text{ aske i ren top}, \quad (6)$$

$$k = \frac{\text{askeprocenten i jord}}{100}. \quad (7)$$

Ligninger beregnet efter (3) og (4) er anført i tabel 4.

I det følgende vil ligninger beregnet ud fra fig. 1—6 og formlerne (3) og (4) blive betegnede som henholdsvis fundne og beregnede. De samme betegnelser vil blive benyttet om ligningernes konstanter.

Sker der ingen reaktion mellem jordaske og planteaske skulle de fundne og beregnede ligninger være ens, hvorfor en sammenligning vil vise, om en reaktion har fundet sted.

b. Relationen mellem jordprocent og sandprocent

Af tabel 4 ses, at de fundne og de beregnede ligninger for sandjordens vedkommende er omtrent ens, idet der dog er en svag tendens i retning af, at de fundne hældningskoefficienter er lavere end de beregnede. For lerjordens vedkommende er de fundne hældningskoefficienter betydeligt lavere end de beregnede, og forskellen er størst for bederoetop. Dette skyldes utvivlsomt, at

en del af jordens i syre uopløselige partikler i nogen grad angribes af den alkaliske planteaske (alkalismeltning), hvorved dannes syreopløselige forbindelser. Dette kan direkte iagttages ved analyserne, idet aske af top blandet med Ødum lerjord ved kogning med saltsyre danner kiselsyregeler, medens dette ikke blev iagttaget ved aske af top blandet med sandjord og ej heller ved aske af ren lerjord.

c. Relationen mellem jordprocent og askeprocent

For kålroetop ses det, at de fundne og de beregnede ligninger for alle tre jordtyper falder næsten sammen, dog med en antydning af, at de fundne hældningskoefficienter er lidt lavere end de beregnede for Ødum lerjords vedkommende. For bederoetop er der kun ringe overensstemmelse mellem de fundne og de beregnede ligninger. (Der kan naturligvis kun beregnes en ligning for hver jordtype). Der er dog en vis sammenhæng. Ved lave jordprocenter falder begyndelsespunkterne sammen; medens der er betydelig forskel på hældningskoefficienterne. For høje jordprocenter er der kun ringe forskel på hældningskoefficienterne, men stor forskel på begyndelsespunkterne.

For nærmere at undersøge sammenhængen mellem de fundne og de beregnede ligninger skrives førstnævnte på formen:

$$z = q + \left(c \div \frac{q}{100} \right) x, \quad (8)$$

hvor z er askeprocenten, x jordprocenten og q og c konstanter. Formlen er analog med (4) og har den fordel frem for (2), at hældningskoefficienten er delt i sine bestanddele, og c er den brøkdelen af den tilsatte jord, der findes som aske ved analysen.

I tabel 5 er givet en oversigt over værdierne af q og c samt af p og k .

Tabel 5

Jord	Bederøetop indtil ca. 20 % jord		Bederøetop over ca. 20 % jord		Kålroetop		
	c	$p = q$	c	q	c	$p = q$	k
Ødum.....	0.878	15.57	0.951	13.80	0.947	12.73	0.958
Tylstrup.....	0.890	15.57	0.947	13.95	0.958	12.73	0.962
Studsgaard.....	0.910	15.57	0.960	14.50	0.967	12.73	0.967

En sammenligning af værdierne viser, at for bederoetop ved lavt jordindhold, indtil ca. 20 %, falder *q*- og *p*-værdierne sammen, medens der er stor forskel på *c*- og *k*-værdierne. For bederoetop ved højt jordindhold, over ca. 20 %, er der stor forskel på *q*- og *p*-værdierne, medens der kun er ringe forskel på *c*- og *k*-værdierne. Dette betyder, at indtil en vis grænse stiger askeindholdet ikke med en værdi svarende til askeindholdet i den indblandede jord, men betydelig mindre, og over denne grænse, som altså ligger ved ca. 20 % jord, er stigningen i askeindholdet praktisk taget lig med stigningen i askeindhold i den indblandede jord. For kålroetop falder *q*- og *p*-værdierne sammen, og der er ringe eller ingen forskel på *c*- og *k*-værdierne.

Disse forhold kan forklares ud fra den antagelse, at aske af ren top indeholder karbonat, som ved indblanding af jord helt eller delvis erstattes med silikat. Askemængden vil da vel stige med vægten af asken i den indblandede jord, men samtidig falde med vægten af kuldioxydet i det erstattede karbonat. Skal denne hypotese passe på de foreliggende data, skal karbonatindholdet i aske af bederoetop være betydelig højere end i aske af kålroetop, og ved en jordindblanding på ca. 20 % skal karbonatindholdet være lavt.

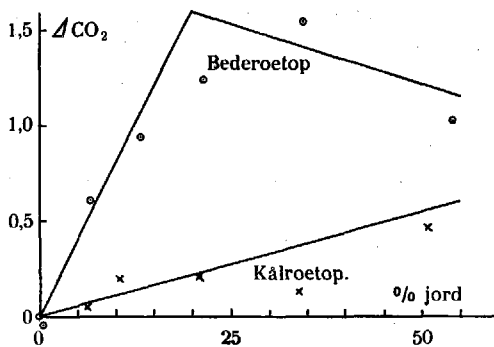
For at undersøge hypotesen nærmere blev der foretaget bestemmelse af karbonat — udtrykt ved procent kuldioxyd — i prøver af bederoetop og kålroetop iblandet stigende mængder Ødum lerjord (samme topprøver og jordprøver som benyttet i de øvrige forsøg).

Resultaterne ses af tabel 6.

Tabel 6

Bederøetop		Kålroetop	
% jord	% CO ₂	% jord	% CO ₂
	i aske		i aske
0.51	19.7	0.27	12.4
6.80	11.2	6.28	8.1
13.14	7.0	10.52	5.8
21.18	3.9	20.63	3.6
34.24	1.2	33.73	2.3
53.90	0.7	50.56	0.6
100.00	0.0		

Fig. 7.



Det ses, at kuldioxydprocenten i asken falder stærkt med jordprocenten. Dette skyldes dels, at indblanding af karbonatfri jordaske selvfølgelig formindsker kuldioxydprocenten, men også, at kulsyremængden beregnet i procent af den jordfri aske falder med stigende jordprocent i overensstemmelse med hypotesen. I tabel 7 er kuldioxydmængden omregnet til procent af tørstoffet, hvorved opnås, at den angives i samme enhed som askeprocenten.

Tabel 7

% jord	CO ₂ i % af tørstoffet	Beregnet CO ₂ - %	ΔCO_2
<i>Bederoetop</i>			
0	3.114	3.114	0
0.51	3.140	3.098	÷ 0.042
6.80	2.294	2.902	0.608
13.14	1.754	2.706	0.951
21.18	1.210	2.454	1.244
34.24	0.500	2.048	1.548
53.90	0.403	1.436	1.033
<i>Kålroetop</i>			
0	1.604	1.604	0
0.27	1.606	1.600	÷ 0.006
6.28	1.448	1.503	0.055
10.52	1.239	1.435	0.196
20.63	1.067	1.279	0.212
33.73	0.929	1.063	0.134
50.56	0.325	0.793	0.468

ten, så de to tal bliver direkte sammenlignelige. Endvidere er i tabellen anført, »beregnet kuldioxyd-%«, d.v.s. den kuldioxydprocent, der ville være funden, hvis kuldioxydmængden i forhold til jordfrit tørstof var konstant. Endelig er beregnet differensen mellem de to størrelser. Denne differens er lig med den formindskelse i askeprocent, som skyldes erstatningen af kuldioxyd med silikat. I fig. 7 er denne differens — ΔCO_2 — vist som funktion af jordprocenten (punkterne). De indtegnede linier er ikke tegnet så de passer bedst muligt til punkterne, men viser differensen — udtrykt i % aske — mellem de beregnede og de fundne ligninger fra tabel 4 som funktion af jordprocenten. Som det ses, er der kun ringe forskel på denne differens og ΔCO_2 . ΔCO_2 kan altså praktisk taget forklare afvigelsen mellem de fundne og de beregnede ligninger.

C. Fejlens størrelse

1. FORUDSÆTNINGER FOR BEREGNINGERNE

Som tidligere nævnt begås der en fejl ved at anvende organisk stof eller sandfrit tørstof som mål for næringsstofmængden. I dette afsnit søges belyst, hvor store disse fejl er, idet fejlene beregnes ud fra de fundne ligninger, og der gås ud fra, at disse er rigtige, selv om de naturligvis er fejlbehæftede og strengt taget kun gælder for vedkommende prøver.

2. SANDFRIT TØRSTOF

Procent sandfrit tørstof er defineret ved ligningen:

$$\% \text{ sandfrit tørstof} = 100 \div \% \text{ sand}, \quad (9)$$

medens procent jordfrit tørstof er defineret ved

$$\% \text{ jordfrit tørstof} = 100 \div \% \text{ jord}. \quad (10)$$

Fejlen ved at benytte sandfrit tørstof bliver således:

$$f = \% \text{ jord} \div \% \text{ sand}. \quad (11)$$

Da relationen mellem procent jord og procent sand er retlinet og kan udtrykkes ved ligningen:

$$y = Bx, \quad (12)$$

hvor y er sandprocenten, x jordprocenten og B hældningskoefficienten, fås:

$$f = (1 \div B)x. \quad (13)$$

I (13) er f udtrykt i procent af tørstoffet. Rigtigere ville det være at udtrykke fejlen i procent af jordfrit tørstof eller

$$F = \frac{100 f}{100 \div x}. \quad (14)$$

I tabel 8 er givet en oversigt over fejlens størrelse ved forskellig jordprocent beregnet ud fra (13) og (14), idet der for B er benyttet de fundne hældningskoefficienter (se tabel 4).

Tabel 8

% jord	% sand	Fejl i %	Fejl i %	% jord	% sand	Fejl i %	Fejl i %
		af tørstoffet f	af jordfrit F			af tørstoffet f	af jordfrit F
<i>Ødum, bederoetop</i>				<i>Ødum, kålroetop</i>			
5	4.50	0.50	0.53	5	4.56	0.44	0.46
10	9.00	1.00	1.11	10	9.12	0.88	0.98
20	18.00	2.00	2.50	20	18.24	1.76	2.20
30	27.00	3.00	4.39	30	27.36	2.64	3.77
40	36.00	4.00	6.67	40	36.48	3.52	5.87
50	45.00	5.00	10.00	50	45.60	4.40	8.80
<i>Tylstrup, bederoetop</i>				<i>Tylstrup, kålroetop</i>			
5	4.70	0.30	0.32	5	4.72	0.28	0.29
10	9.40	0.60	0.67	10	9.44	0.56	0.62
20	18.80	1.20	1.50	20	18.88	1.12	1.40
30	28.20	1.80	2.57	30	28.32	1.68	2.40
40	37.60	2.40	4.00	40	37.76	2.24	3.73
50	47.00	3.00	6.00	50	47.20	2.80	5.60
<i>Studsgaard, bederoetop</i>				<i>Studsgaard, kålroetop</i>			
5	4.72	0.28	0.29	5	4.72	0.28	0.29
10	9.44	0.56	0.62	10	9.44	0.56	0.62
20	18.88	1.12	1.40	20	18.88	1.12	1.40
30	28.32	1.68	2.40	30	28.32	1.68	2.40
40	37.76	2.24	3.73	40	37.76	2.24	3.73
50	47.20	2.80	5.60	50	47.20	2.80	5.60

3. ORGANISK STOF

Procent organisk stof er defineret ved ligningen:

$$\% \text{ organisk stof} = 100 \div \% \text{ aske.} \quad (15)$$

Imidlertid burde man bestemme procent organisk toptørstof defineret ved:

$$\% \text{ organisk toptørstof} = \quad (16)$$

$$(100 \div \% \text{ jord}) \frac{100 \div \% \text{ aske i ren top}}{100}$$

Fejlen ved at benytte organisk stof bliver således:

$$g = \% \text{ jord} \div \% \text{ aske} + \frac{(100 \div \% \text{ jord}) \% \text{ aske i ren top}}{100}, \quad (17)$$

Tabel 9

% jord	% aske	Fejl i %	Fejl i %	% jord	% aske	Fejl i %	Fejl i %
		af tør- stoffet	af orga- nisk top- tørstof			af tør- stoffet	af orga- nisk top- tørstof
		g	G			g	G
<i>Ødum, bederoetop</i>				<i>Ødum, kålroetop</i>			
5	19.18	0.61	0.76	5	16.88	0.26	0.31
10	22.79	1.22	1.61	10	20.93	0.53	0.67
20	30.01	2.45	3.63	20	29.13	1.05	1.50
30	38.19	2.71	4.59	30	37.33	1.58	2.59
40	46.82	3.02	5.96	40	45.53	2.11	4.03
50	54.45	3.34	7.91	50	53.73	2.64	6.05
<i>Tylstrup, bederoetop</i>				<i>Tylstrup, kålroetop</i>			
5	19.24	0.55	0.69	5	16.89	0.20	0.24
10	22.91	1.10	1.45	10	21.04	0.42	0.53
20	30.25	2.21	3.27	20	29.35	0.83	1.19
30	38.16	2.74	4.64	30	37.66	1.25	2.05
40	46.23	3.11	6.14	40	45.97	1.67	3.19
50	54.30	3.49	8.27	50	54.28	2.09	4.78
<i>Studsgaard, bederoetop</i>				<i>Studsgaard, kålroetop</i>			
5	19.34	0.45	0.56	5	16.93	0.16	0.19
10	23.11	0.90	1.18	10	21.13	0.33	0.42
20	30.65	1.81	2.68	20	29.53	0.65	0.93
30	38.95	1.95	3.30	30	37.93	0.98	1.60
40	47.10	2.84	4.48	40	46.33	1.31	2.50
50	55.25	2.54	6.02	50	54.73	1.64	3.76

eller med benyttelse af de i (4) og (6) anvendte symboler.

$$g = x \div z + \frac{(100 \div x)p}{100} = \frac{100(1 \div c)x + (100 \div x)(p \div q)}{100} \quad (18)$$

Er $p = q$, hvilket gælder undtagen for bederoetop ved høje jordprocenter simplificeres (18) til

$$g = (1 \div c)x. \quad (19)$$

I (18) og (19) er fejlen angivet i procent af tørstoffet. Et rigtigere mål for fejlen er at angive den i procent af organisk toptørstof eller:

$$G = \frac{100 \text{ g}}{\left(1 \div \frac{p}{100}\right)(100 \div x)} \quad (20)$$

I tabel 9 er givet en oversigt over fejlens størrelse ved forskellig jordprocent beregnet ud fra (18) og (20), idet der for c , p og q er benyttet værdierne i tabel 5.

D. Fejlens betydning

Fejlene, der begås, er altså ikke særlig store, men dog ikke ubetydelige, hverken ved sandfrit tørstof eller organisk stof. Men det må understreges, at ingen af de undersøgte jorder er humusrige — på humusrige jorder kan fejlene naturligvis antage langt større værdier.

Om fejlene må tillægges nogen væsentlig betydning, afhænger selvfølgelig af forsøgets art. I markforsøg vil det sædvanligvis ikke være tilfældet, idet forsøgsleddene påvirkes nogenlunde ens. I forsøg, hvor der er væsentlig forskel på forsøgsleddenes forurening, f.eks. på grund af forskellig optagningstid, forskellig udvikling eller andre årsager, kan fejlen få betydning. Ligeledes i forsøg, hvor udbyttet af roer sammenlignes med udbyttet af andre afgrøder.

I forsøg, hvor roetoppens foderværdi skal bestemmes, kan fejlene få afgørende betydning for de konklusioner, der drages af forsøgene. Dette skal belyses ved et eksempel. Vi tænker os ud-

ført et fordøjelighedsforsøg med bederoetoppen, som er benyttet i foran omtalte undersøgelser, indeholdende 50 % Ødum lerjord i tørstoffet. Fordøjeligheden af det organiske toptørstof antages at være 70 procent.

Vi vil nu bestemme fordøjelighedskoefficienten for organisk stof i den snavsede top, *idet det forudsættes, at fordøjeligheden af roetoppens organiske stoffer er uafhængig af jordindblandingen.* Beregningerne udføres ud fra 100 g toptørstof. 100 g toptørstof indeholder 84,43 g organisk toptørstof. I top, der er tilblandet 100 g jord (= 50 %), finder man ikke denne mængde organisk stof ved analyserne, men 7,91 procent mere (se tabel 9) eller 91,11 g. I gødningstørstoffet findes formentlig al jorden — 100 g, 30 procent af det organiske toptørstof — 25,33 g — og en del af planteasken f.eks. 4,67 g. Gødningstørstoffet indeholder således 76,92 procent jord. Med dette jordindhold findes fejlen på organisk stof i gødning at blive 24,28 procent (ud fra formel 20), og ved analysen findes ikke 30 g organisk stof, men 24,28 % mere eller 37,28 g. Fordøjelighedskoefficienten for organisk stof bliver herefter:

$$\frac{91,11 \div 37,28}{91,11} \times 100 = 59,08.$$

Nedgangen er altså 10,92 eller ca. 14 pct. Ved undersøgelser over forureningens skadelighed finder man almindeligvis en nedgang i fordøjelighedskoefficienten for organisk stof af denne størrelsesorden. D.v.s. at det ikke er umuligt, at hele den nedgang, man finder i fordøjelighedskoefficienten kan forklares ved, at organisk stof er et fejlagtigt mål for organiske plantestoffer i såvel foder som gødning.

Endelig skal nævnes, at hvis der skal udføres foderanalyser i jordblandet top, bliver disse analyser behæftet med store fejl. På organisk stof kan der som tidligere nævnt blive fejl op til ca. 10 procent ved 50 procent jord; men dertil kommer, at jordens humusstoffer hovedsagelig vil indgå i de to grupper, træstof og kvælstoffri ekstraktstoffer, sandsynligvis overvejende i førstnævnte.

E. Muligheden for imødegåelse af fejlene

1. INDLEDNING

At erstatte aske- og sandanalyserne med andre praktisk gennemførlige analyser må anses for vanskeligt eller umuligt. Det vil derfor være af interesse, om man ved beregning ud fra aske- og sandanalyserne, kunne finde bedre udtryk for næringsstofmængde end organisk stof eller sandfrit tørstof.

2. BEREGNING AF JORDFRIT TØRSTOF UD FRA SANDPROCENTEN

Som det fremgår af (12) er sandprocenten en retlinet funktion af jordprocenten : $y = Bx$. Af denne ligning findes jordprocenten udtrykt ved sandprocenten:

$$x = \frac{1}{B} y. \quad (21)$$

Kender man B , kan jordprocenten findes af denne ligning næsten eksakt.

En værdi for B kan bestemmes sikkert på følgende måde: En tørret og finmalet topprøve (i det følgende kaldt grundprøven), der ikke behøver at være helt fri for jord, deles i to dele. Til den ene del sættes f.eks. 15 g tør jord pr. 100 g (*ikke 15 %!*) hvorefter der bestemmes sand i de to prøver. Analyseresultaterne angives i g sand pr. 100 g grundprøve. Differensen mellem de to resultater divideret med den tilsatte jordmængde (15 g) er B . Ønskes B bestemt mere nøjagtigt, deles grundprøven i flere portioner, der tilsættes stigende mængder jord. Når analyseresultaterne angives som ovenfor anført, vil de være en retlinet funktion af den tilsatte jordmængde og hældningskoefficienten vil være B , som så kan bestemmes grafisk.

En B -værdi, bestemt ud fra en given topprøve og en given jordprøve gælder strengt taget kun for vedkommende prøver, men med meget god tilnærmelse vil den også gælde for andre topprøver, da B -værdien kun afhænger lidt af toptypen (se tabel 4).

Endvidere kan man uden at indføre større fejl benytte samme B -værdi for alle marker på forsøgsstationer, hvor jordtypen kun varierer lidt fra mark til mark.

Som eksempel på jordvariationen er i tabel 10 vist indholdet af aske og sand i jordprøver udtaget i forskellige marker på Ødum forsøgsstation.

Tabel 10

Mark	% aske	% sand
A1.....	94.83	91.19
A2.....	95.13	91.38
A4.....	95.68	92.12
A5.....	95.24	91.05
A6.....	95.17	91.28
A7.....	94.25	90.80
A9.....	96.88	93.08
B2.....	95.79	91.96
B3.....	95.34	91.57
B5.....	95.90	91.97
B9.....	95.62	92.15
C1.....	94.98	90.98
C3.....	95.17	91.60
C4.....	95.43	91.60
C6.....	96.24	92.66
D1.....	96.69	93.16
D3.....	96.44	92.85
D5.....	96.88	93.05
H2.....	96.68	92.82
Ø.....	96.86	92.99
V.....	94.98	91.60

I langt de fleste tilfælde vil man således på forsøgsstationerne kunne nøjes med at bestemme en »fast« B -værdi, som benyttes i alle forsøg, evt. kan man bestemme to værdier, een for bederøetop og en for kårøetop. Benyttes sådanne faste B -værdier er beregning af jordprocent meget simpel, kun bestående i at multiplicere sandprocenten med en fast faktor.

Som tilnærmelse for B kan man benytte b (se formel (3) og (5)).

Den fejl, man begår ved at benytte b i stedet for B , er:

$$h = \left(\frac{1}{B} \div \frac{1}{b} \right) y. \quad (22)$$

Fejl beregnet efter (22) bliver angivet i procent af tørstoffet. Beregnet i procent af jordfrit tørstof bliver fejlen:

$$H = \frac{100h}{100 \div x}. \quad (23)$$

Fejlene ved at benytte b i stedet for B er for sandjordens vedkommende ubetydelige. For lerjordens vedkommende er de ret store, ved et jordindhold på 20—30 % af størrelsesordenen 0,5 til 1,0 % af jordfrit tørstof (beregnet ud fra (23)). Da det ikke er væsentligt vanskeligere at bestemme B end b , må det i almindelighed tilrådes at bestemme B .

3. BEREGNING AF JORDFRIT ORGANISK TOPTØRSTOF UD FRA ASKE- OG SANDPROCENT

Som det fremgår af foregående afsnit kan procent jordfrit tørstof beregnes med god tilnærmelse. Vil man beregne procent organisk toptørstof, må asken i den rene top fradrages jordfrit tørstof, og man får således:

$$\begin{aligned} \% \text{ organisk toptørstof} = \\ (100 \div \% \text{ jord}) \left(1 \div \frac{\% \text{ aske i ren top}}{100} \right), \end{aligned} \quad (24)$$

eller med benyttelse af de tidligere anvendte symboler:

$$\% \text{ organisk toptørstof} = (100 \div x) \left(1 \div \frac{p}{100} \right) \quad (25)$$

Indsættes i (25) $x = \frac{1}{B} y$ fås:

$$\% \text{ organisk toptørstof} = \left(100 \div \frac{y}{B} \right) \frac{100 \div p}{100}. \quad (26)$$

I denne formel kan indsættes en værdi for B på samme måde som omtalt i forrige afsnit. Konstanten p — procent aske i ren top — varierer fra prøve til prøve. Beregningen af B er omtalt i forrige afsnit. p kan bestemmes ved, at der i samme prøver bestemmes aske, hvorefter analyseresultaterne angives i g pr. 100 g grundprøve. Udtrykt på denne måde er askeindholdet en retlinet funktion af den tilsatte mængde jord med hældningskoefficienten c , der således kan bestemmes på samme måde som B . Grundprøvens jordprocent, x_0 , beregnes ud fra sandprocenten og p bestemmes derefter af ligningen:

$$z_0 = \frac{100 \div x_0}{100} p + cx_0, \quad (27)$$

hvor z_0 er askeprocenten i grundprøven. Af (27) fås:

$$p = \frac{100(z_0 \div cx_0)}{100 \div x_0}. \quad (28)$$

Det bemærkes, at for bederoetop må grundprøvens jordindhold ikke være ret højt, da jordindholdet efter jordtilsætning ikke må overstige 15—20 %, idet forudsætningen for rigtigheden af (27) er $p = q$, og ved højere jordindhold end ca. 20 % er dette ikke tilfældet, og der bestemmes ved den anførte fremgangsmåde en værdi, som er forskellig fra p . Specielt kan man ved at benytte en grundprøve med 20—25 % jord bestemme en værdi for c gældende for høje jordprocenter.

Værdien af p gælder som nævnt kun for den prøve, for hvilken den er bestemt og kan ikke i almindelighed antages at gælde for andre prøver.

Med større rimelighed kan det antages, at c -værdier kan gælde for andre prøver end dem, de er bestemt ud fra. Antages $p = q$, hvilket gælder for kålroetop og for bederoetop op til ca. 20 % jord, og c er kendt, kan man finde et udtryk for p ud fra (8)

$$p = q = \frac{z \div cx}{1 \div \frac{x}{100}} = \frac{z \div \frac{c}{B} y}{1 \div \frac{y}{100 B}} \quad (29)$$

Af (29) kan p beregnes og den fundne værdi benyttes i (26) eller, hvad der i almindelighed er lettere, det fundne udtryk indsættes i (26) hvorefter fås:

$$\% \text{ org. topt.} = \frac{100 \div \frac{y}{B}}{100} \left(100 \div \frac{z \div \frac{c}{B} y}{1 \div \frac{y}{100 B}} \right) = \quad (30)$$

$$100 \div z \div \frac{1 \div c}{B} y.$$

Som nævnt er betingelsen for beregningens rigtighed, at $p = q$. I bederoetop med mere end 20 procent jord er dette ikke tilfældet,

og det er da ikke muligt ved eksakte regninger at finde en værdi for p . Med god tilnærmelse kan p dog beregnes på følgende måde: Ved lavt jordindhold har man:

$$z = q_1 + \left(c_1 \div \frac{q_1}{100} \right) x, \quad (31)$$

og ved højt jordindhold:

$$z = q_2 + \left(c_2 \div \frac{q_2}{100} \right) x, \quad (32)$$

q_2 bestemmes af (32):

$$q_2 = \frac{z \div c_2 x}{1 \div \frac{x}{100}} = \frac{z \div \frac{c_2}{B} y}{1 \div \frac{y}{100 B}}. \quad (33)$$

Det således bestemte q_2 er forskellig fra p . Imidlertid gælder begge ligningerne (31) og (32) i liniernes skæringspunkt, og man har da, idet $p = q_1$:

$$p = q_1 = q_2 + \frac{(c_2 \div c_1)x^*}{1 \div \frac{x}{100}} = \frac{z \div \frac{c_2}{B} y}{1 \div \frac{y}{100 B}} + \frac{(c_2 \div c_1)x^*}{1 \div \frac{x^*}{100}} \quad (34)$$

hvor x^* er værdien af x i skæringspunktet.

Værdien af x^* afhænger noget af p , men dog ikke mere end at en værdi fundet ved et forsøg med god tilnærmelse kan benyttes for andre prøver.

For Ødum lerjord kan f.eks. findes en værdi for x^* ud fra ligningerne i tabel 4, $z = 15,57 + 0,722x$ og $z = 13,80 + 0,813x$ hvorefter fås:

$$x^* = 19,45.$$

Denne beregnede værdi for x^* indsættes i (34) og den således bestemte værdi for p benyttes i (29).

Beregning af organisk toptørstof er, som det fremgår af foregående, temmelig kompliceret og resultatets rigtighed ret vanskelig at bedømme, og beregningen kan aldrig blive et simpelt rutinearbejde, men må i hvert enkelt tilfælde udføres med kritisk om-

tanke. I langt de fleste markforsøg har askeindholdet kun perifer interesse, og det må derfor tilrådes, at man i almindelighed helt undlader at bestemme aske og nøjes med at bestemme sandprocent, der omregnes til jordprocent, hvorpå beregnes jordfrit tørstof.

4. BEREGNING AF JORDPROCENT UD FRA ASKEPROCENT

I forbindelse med arbejdstekniske undersøgelser f.eks. over forskellige aftopningsmetoder, ønsker man undertiden et udtryk for toppens forurening. Ofte nøjes man af økonomiske grunde med en askebestemmelse. Det er imidlertid meget vanskeligt at bedømme forureningen ud fra askeprocenten, og det vil derfor være af interesse at omregne askeprocent til jordprocent, selv om det kun kan ske med en grov tilnærmelse. En sådan tilnærmelse fås ved at indsætte passende (skønnede) værdier for q_1 og c_1 eller for q_2 og c_2 i henholdsvis (31) eller (32). Af (31) findes f.eks.:

$$x = \frac{z \div q_1}{c_1 \div \frac{q_1}{100}} \quad (35)$$

Det må dog understreges, at tilnærmelsen er temmelig grov — i uheldige tilfælde kan fejlen blive af størrelsesordenen 2—5 *absolute* procent jord. Langt bedre er det at bestemme sandprocenten og her ud fra beregne jordprocenten, idet jordprocenten da, selv om der benyttes en dårlig tilnærmelse for B , kan bestemmes med en fejl, der meget sjældent vil blive større end 2—4 *relative* procent.

Egentlig burde forureningen i sådanne undersøgelser angives i

Tabel 11

% aske	% sand	% jord	kg jord pr. 100 kg top- tørstof
15.57	0	0	0
20.00	5.53	6.14	6.54
30.00	17.99	19.99	24.98
40.00	29.01	32.23	47.56
50.00	40.08	44.53	80.28
60.00	51.15	56.83	131.64

kg jord (tør) pr. 100 kg toptørstof, idet dette er et direkte mål for hvor meget jord, der hænger ved en given mængde top. Med Ødum lerjord og bederoetop som eksempel er i tabel 11 vist hvilken sammenhæng, der er mellem procent aske, procent sand, procent jord og kg jord pr. 100 kg toptørstof.

RESUMÉ

Såvel organisk stof som sandfrit tørstof er dårlige mål for en jordblandet afgrødes foderværdi, idet jordens brændbare stoffer indgår i organisk stof, og i sandfrit tørstof indgår desuden den del af jordasken, som er opløselig i saltsyre. Hertil kommer, at der sker en reaktion mellem jordasken og planteasken. Jordfrit tørstof eller jordfrit organisk stof ville være rigtigere mål for foderværdien og differensen mellem disse størrelser og henholdsvis sandfrit tørstof og organisk stof er betragtet som fejl.

Ved forsøg med tre jordtyper, lerjord fra Ødum forsøgsstation og sandjord fra forsøgsstationerne ved Tylstrup og Studsgaard, og to toptyper, kålroetop og bederoetop (Rød Øtofte), er vist, at sandprocenten er en retlinet funktion af jordprocenten:

$$y = Bx, \quad (I)$$

hvor y er sandprocenten, x jordprocenten og B hældningskoefficienten, der oftest er noget mindre end $1/100$ af sandprocenten i den indblandede jord, hvilket antagelig skyldes, at en del af den i syre uopløselige jordaske ved indvirkning af den alkaliske planteaske bliver opløselig i syre.

Askeprocenten er for kålroetoppens vedkommende en retlinet funktion af jordprocenten. For bederoetoppens vedkommende kan sammenhængen bedst udtrykkes ved to rette linier, en gældende ved lavt jordindhold (indtil ca. 20 % jord) og en gældende for højere jordprocent. Sammenhængen mellem jordprocent og askeprocent kan i alle tilfælde ydtrykkes ved ligningen:

$$z = q + ax, \quad (II)$$

hvor z er askeprocenten, x jordprocenten og q og a konstanter.

Den forøgelse i askeprocenten som fås ved indblanding af jord

er betydeligt mindre end man skulle vente ud fra askeindholdet i den rene jord. Dette skyldes, at aske af ren top indeholder store mængder karbonat som ved indblanding af jord helt eller delvis erstattes med silikat. Dette forhold gør sig navnlig gældende ved bederoetop.

De fejl, der begås ved at benytte sandfrit tørstof eller organisk stof som mål for jordblandet roetops foderværdi er ikke meget store, men kan dog ved et jordindhold på 20—30 % blive ca. 5 procent af henholdsvis jordfrit tørstof og jordfrit organisk stof. Ved stærkere forurening bliver fejlene større, og det bemærkes, at ingen af de undersøgte jorder er humusrige, med humusrig jord kan fejlene naturligvis blive meget større.

Fejl af denne størrelsesorden har i de fleste markforsøg ikke større betydning, da de almindeligvis vil påvirke forsøgsleddene ens. I visse forsøg vil fejlene imidlertid kunne blive anledning til alvorlige fejlvurderinger. I fordøjelighedsforsøg med roetop vil man således af rent analytiske grunde finde et betydeligt fald i fordøjeligheden af organisk stof med stigende forurening, selv om det forudsættes, at fordøjeligheden af de egentlige næringsstoffer er upåvirket af forureningen.

Det synes vanskeligt eller umuligt at erstatte sand- og askeanalyserne med andre praktisk gennemførlige analyser, og man er derfor henvist til at bestemme jordfrit tørstof eller jordfrit organisk stof ved beregning ud fra aske- og sandprocenten.

Jordprocenten beregnes let og sikkert ud fra (I) hvoraf fås:

$$x = \frac{1}{B} y. \quad \text{(III)}$$

Værdien af B bestemmes ved simple forsøg. Værdien af B afhænger kun lidt af toptypen, og på forsøgsstationer, hvor jorderne ikke varierer meget fra mark til mark, vil man i almindelighed kunne nøjes med at bestemme to B -værdier en gældende for kålroetop og en gældende for bederoetop, hvilke værdier derefter benyttes i alle forsøg. Beregningen af jordprocent bliver herefter et simpelt rutinearbejde, blot bestående i at multiplicere sandprocenten med en fast faktor.

Beregning af jordfrit organisk stof ud fra aske- og sandprocenterne er mulig, men besværlig og resultaterne temmelig usikre og

vanskelige at vurdere, så beregningen kan ikke udføres rent rutinemæssigt.

Da askeprocenten i de fleste markforsøg kun er af underordnet interesse, tilrådes det derfor, at man i almindelighed helt undlader at bestemme aske, men nøjes med at bestemme sandprocenten, hvorefter jordprocent og jordfrit tørstof beregnes.

Med en grov tilnærmelse kan jordprocenten beregnes ud fra askeprocenten. Ved arbejdstekniske undersøgelser udtrykkes forureningen oftest ved askeprocenten, men disse tal kan ikke vurderes af en læser uden særlige forudsætninger, og de bør derfor omregnes til jordprocent selv om det kun kan gøres med en grov tilnærmelse. Langt bedre og sikrere er det selvfølgelig at bestemme sandprocenten og her ud fra beregne jordprocenten. Egentlig burde forureningen udtrykkes i kg tør jord pr. 100 kg toptørstof, idet dette er et direkte mål for hvor meget jord, der hænger ved en given mængde top.