

Naturvårdsverket
ALLMÄNNA RÅD 87:2

FASTBRÄNSLE- ELDDE ANLÄGGNINGAR.

500 kW—10 MW



NATURVÅRDSVERKET
Biblioteket

071-SNV/a1

SNV23971

[Allmänna råd / Naturvårdsverket ; 87:2]

FASTBRÄNSLE- ELDADE ANLÄGGNINGAR.

500 kW—10 MW

- stoftutsläpp
- skorstenshöjder
- hantering av restprodukter

Naturvårdsverket

STATENS NATURVÅRDSVERK
Biblioteket

BESTÄLLNINGSDRESS:

Naturvårdsverket
Informationsenheten
Box 1302
171 25 Solna

Telefon: 08-799 10 00

eller
Liber distribution
Kundtjänst
162 89 Stockholm

Telefon: 08-739 91 30

ISBN 91-620-0019-5
ISSN 0282-7271

Ansvarig utgivare: Ingvar Bingman
Statens naturvårdsverk
Informationsenheten
Box 1302
171 25 Solna

Upplaga: 1000 ex
Tryckeri: Ingemar Roos AB, 1987

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	FÖRORD	5
	SAMMANFATTNING	7
	ENGLISH SUMMARY	8
1.	INLEDNING	9
2.	BEGRÄNSNING AV STÖFTUTSLÄPP	11
3.	SKORSTENSHÖJD	13
3.1	Referenshöjd	13
3.2	Skorstenstillägg	13
3.2.1	Skorstenstillägg för höga byggnader och terrängförhållanden	13
3.2.2	Skorstenstillägg på grund av nedsug	13
3.3	Total skorstenshöjd	14
3.4	Rökgashastighet	14
4.	BEHANDLING AV RESTPRODUKTER	16
4.1	Hantering av restprodukter	16
4.2	Deponering av restprodukter	16
4.2.1	Separata deponeringsplatser	16
4.2.2	Deponering på upplag för hushållsavfall	17
4.3	Användning av restprodukter	18
BILAGA	Underlag till de allmänna råden	

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

101

102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200

201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300

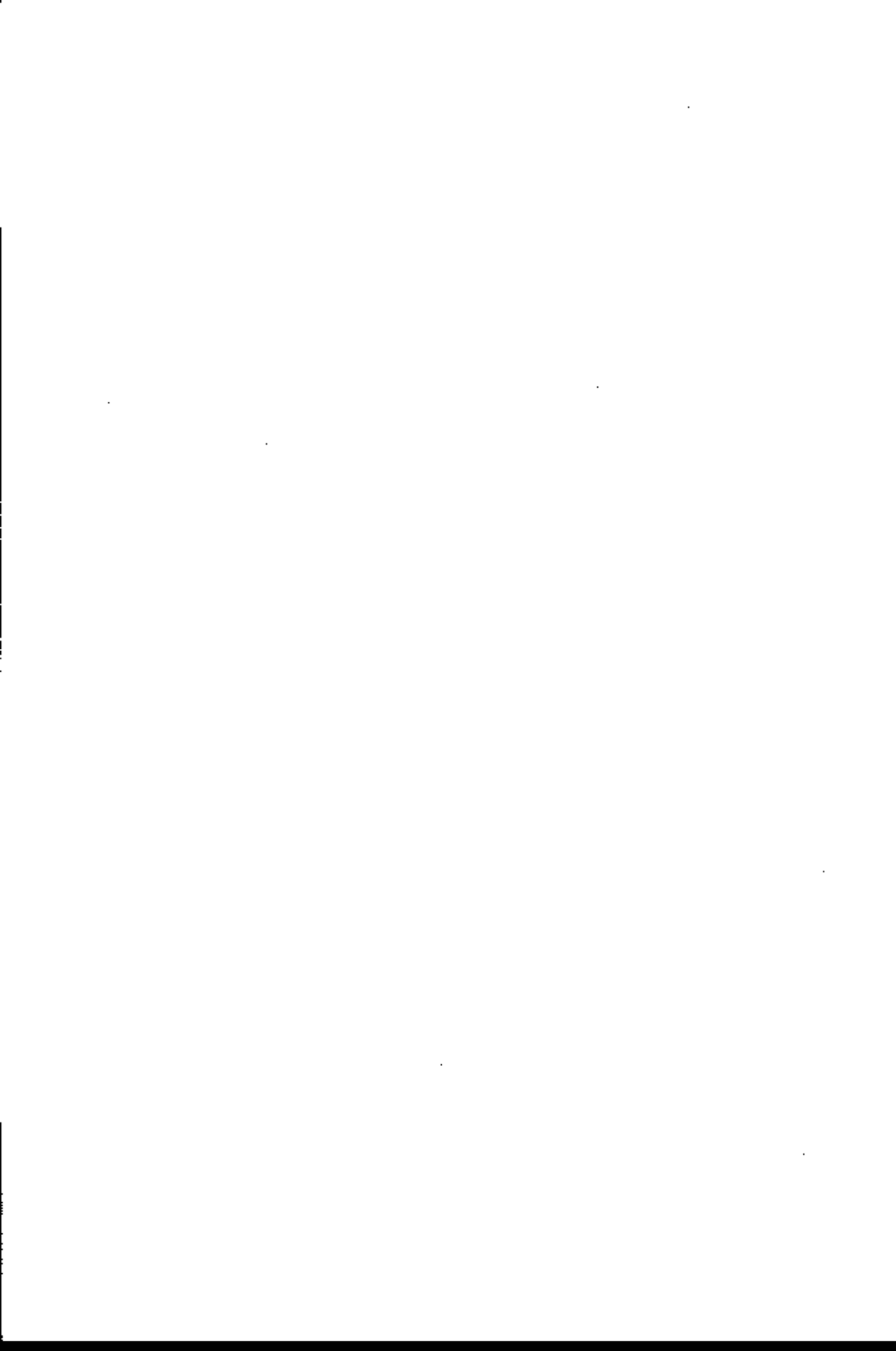
FÖRORD

Föreliggande allmänna råd har utarbetats vid tekniska avdelningens energienhet inom naturvårdsverket. Ett förslag till råd remissbehandlades 1984, varefter det 1985 insändes till regeringen för godkännande enligt begränsningskungörelsen. Regeringen har i beslut 1986-10-23 medgivit naturvårdsverket att efter vissa smärre förändringar ge ut de allmänna råden. Dessa ändringar har införts i de nu föreliggande råden. Statens naturvårdsverk har enligt protokoll 1987-02-09 beslutat om utgivning av de allmänna råden.

Syftet med de allmänna råden är att underlätta bedömningen av vilka miljökrav som i normalfallet bör ställas på fastbränsleeldade anläggningar i storleken 500 kW-10 MW. De vänder sig till länsstyrelserna, tillverkare av pannor och reningsutrustning, konsulter och andra intressenter på området.

Solna i februari 1987

Statens naturvårdsverk



SAMMANFATTNING

Utsläppet av stoft bör vid besiktning inte överstiga nedanstående utsläppsvärden.

Utsläpp av stoft (mg/m³ ntg 13% CO₂)

	Anläggning 0,5-3 MW	Anläggning 3-10 MW
Koleldning	35	35
Torv samt träd- och andra biobränslen:		
tätort 1987-1990	250	100
tätort från 1991	100	100
utom tätort	350	350

Erforderlig skorstenshöjd bestäms som summan av en referenshöjd och skorstenstillägg. Referenshöjden är 10, 15 och 20 m för anläggningar med effekten 0,5-2,5, 2,5-5 respektive 5-10 MW. Skorstenstillägg görs för höga byggnader, terrängförhållanden och nedsug enligt anvisningar i råden.

Separat deponering av restprodukter skall i princip göras så att infiltrationen och därmed lakvattenbildningen minimeras. I råden beskrivs hur askupplag bör förses med tätskikt, dräneringsskikt och moränlager. Begränsad samdeponering med organiskt avfall kan i vissa fall godtas, men detta bör bedömas från fall till fall.

Aska bör inte spridas på jordbruksmark för livsmedelsproduktion. Vissa möjligheter till annan användning av askor finns dock, men några generella regler för detta kan inte anges.

ENGLISH SUMMARY

The guidelines are valid for plants in the size 500 kW-10 MW fired with solid fuels.

The emission of particulates should not exceed the following values at inspections.

Emission of particulates (mg/m^3 standard dry gas at 13% CO_2).

	Plant 0,5-3 MW	Plant 3-10 MW
Coal	35	35
Wood and other biofuels and peat		
within densely built-up areas 1987-1990	250	100
within densely built-up areas from 1991	100	100
outside densely built-up areas	350	350

The stack height is calculated as the sum of a reference height and additions to the reference height. The reference height is 10, 15 and 20 m for plants in the size 0,5-2,5, 2,5-5, and 5-10 MW respectively. Additions to the reference height are made for high buildings, surrounding ground and down-wash effects as described in the guidelines.

Separate deposits for ashes should be made so that the water infiltration and thus also the leachate is minimized. The ash deposit should be provided with a sealing cover and a drainage layer covered with moraine. Limited disposal of ashes in combination with organic wastes can be acceptable in certain cases, but no general guidelines can be given for this.

Ashes should not be spread on agricultural land used for food production. There are certain possibilities for other uses of ashes, but no general guidelines can be given for this.

1. INLEDNING

Förbränningsanläggningar för en tillförd effekt av mellan 500 kW och 10 MW är inte förprövningspliktiga enligt miljöskyddslagen. De skall däremot anmälas till länsstyrelsen om de inte skall eldas med enbart eldningsolja eller bränslegas. Länsstyrelsen har sedan möjlighet att såsom tillsynsmyndighet bli a meddela råd för verksamheten enligt 39 § eller föreskrifter enligt 40 § miljöskyddslagen.

För att underlätta bedömningen av vilka krav som normalt bör gälla för olika typer av miljöfarliga verksamheter har naturvårdsverket bli a givit ut allmänna råd för vissa slag av miljöfarliga anläggningar. Sådana råd är inte bindande föreskrifter utan är avsedda att tjäna som vägledning för berörda myndigheter och för anläggningarnas ägare vid bedömningen av vilka krav från miljöskyddssynpunkt som normalt bör uppställas. Utgångspunkten är härvid strävan att begränsa störningarna till omgivningen med användande av tillgänglig teknik och till en rimlig kostnad. Vid tillämpningen av råden skall hänsyn tas till de förutsättningar som råder för den enskilda anläggningen. De krav som bör ställas på en anläggning kan därför i vissa fall bli strängare och i andra fall lindrigare än vad som anges i råden.

I första hand avser dessa allmänna råd fastbränsleeldade anläggningar för bostadsuppvärmning etc. Råden bör dock kunna vara vägledande för fastbränsleeldning också inom industrin även om där en vägning måste ske gentemot andra miljöskyddsåtgärder. De bränslen som råden omfattar är kol, torv, träd- och andra biobränslen. Eldning av avfall eller tryckimpregnerat virke och liknande behandlas inte.

Vad gäller behandling av restprodukter bör de råd som här anges även kunna tillämpas på befintliga anläggningar. Råden i övrigt avser främst nya anläggningar. Råden bör dock tillämpas även för äldre anläggningar som konverteras till fastbränsleeldning. För

befintliga fastbränsleeldade anläggningar med mindre effektiva stoftavskiljare bör de nya stoftkraven tillämpas i samband med att äldre reningsutrustning måste bytas ut eller när det i det enskilda fallet vid bedömning av de miljömässiga och ekonomiska aspekterna anses rimligt att i förtid kräva utbyte av stoftavskiljare mot mer effektiv sådan. Samma principiella resonemang bör gälla beträffande skorstenar.

2. BEGRÄNSNING AV STOFTUTSLÄPP

Utsläppet av stoft bör vid besiktning inte överstiga nedanstående utsläppsvärden. Med besiktning avses dels förstagångsbesiktning, dels återkommande besiktning. I de fall utsläppsgränsen överskrids skall besiktningen inte avslutas förrän anläggningen justerats så att tillåtet utsläppsvärde uppnås. De åtgärder som skall vidtas vid överskridande är således intrimning av reningsanläggningen, eventuell ombyggnad av denna eller installation av ny reningsanläggning om den befintliga utrustningen trots vidtagna åtgärder inte kan klara uppställda värden.

Anläggning

Utsläppsvärde

Koleldning

Anläggning 0,5-10 MW

35 mg/m³, norm, torr gas,
vid 13% CO₂

Torv_samt träd- och andra biobränslen

Anläggning 0,5-3 MW som är belägen inom tätort och som byggs eller byggs om före den 1 januari 1991

250 mg/m³, norm, torr gas,
vid 13% CO₂

Anläggning 0,5-3 MW som är belägen i tätort och som byggs eller byggs om efter den 1 januari 1991

100 mg/m³, norm, torr gas,
vid 13% CO₂

Anläggning 3-10 MW som är belägen inom tätort

100 mg/m³, norm, torr gas,
vid 13% CO₂

Anläggning 0,5-10 MW som är belägen utanför tätort

350 mg/m³, norm, torr gas,
vid 13% CO₂

Olika utsläppskrav gäller sålunda för anläggningar inom och utom tätort. Bedömningen av om de utsläppsvärden som hänförs till tätort skall tillämpas vid den enskilda anläggningen bör göras från fall till fall. Vid denna bedömning bör bl a beaktas att större anläggningar inom det aktuella intervallet (0,5-10 MW) har större påverkansområde än mindre. Andra faktorer att ta hänsyn till vid bedömningen är näromgivningens karaktär, avstånd till närmaste bostäder och bakgrundsbelastning av föroreningar.

3. SKORSTENSHÖJD

3.1 REFERENSHÖJD

Erforderlig skorstenshöjd bestäms som summan av en referenshöjd och skorstenstillägg.

För skorstenens referenshöjd bör följande värden gälla. Med effekt avses anläggningens totala tillförda bränsleeffekt.

Effekt	0,5-2,5 MW	$H_{ref} = 10$ m
	2,5-5 MW	$H_{ref} = 15$ m
	5-10 MW	$H_{ref} = 20$ m

Dessa schablonvärden bör inte okritiskt användas i större tätorter eller andra områden med hög bakgrundsbelastning. Där bör en särskild beräkning göras.

3.2 SKORSTENSTILLÄGG

3.2.1 Skorstenstillägg för höga byggnader och terrängförhållanden

Tillägget för omgivande byggnader och terräng (ΔH_{tb}) beräknas på följande sätt:

$$\Delta H_{tb} = h_{tb} - 0,3 H_{ref}, \text{ dock kan } \Delta H_{tb} \text{ aldrig vara lägre än } 0$$

h_{tb} = höjd över skorstensfoten för högsta byggnad eller terrängpunkt inom avståndet 2-20 H_{ref} , för anläggning upp till 1 MW dock endast inom avståndet 20-150 m.

3.2.2 Skorstenstillägg på grund av nedsug

Skorstenstillägget på grund av nedsug vid närliggande byggnad, ΔH_{bd} , beräknas enligt figur 3.1. Om högsta byggnad (i allmänhet pannhusbyggnaden) inom ett avstånd $2 H_{ref}$ är lägre än $0,4 (H_{ref} + \Delta H_{tb})$ blir $\Delta H_{bd} = 0$.

3.3 TOTAL SKORSTENSHÖJD

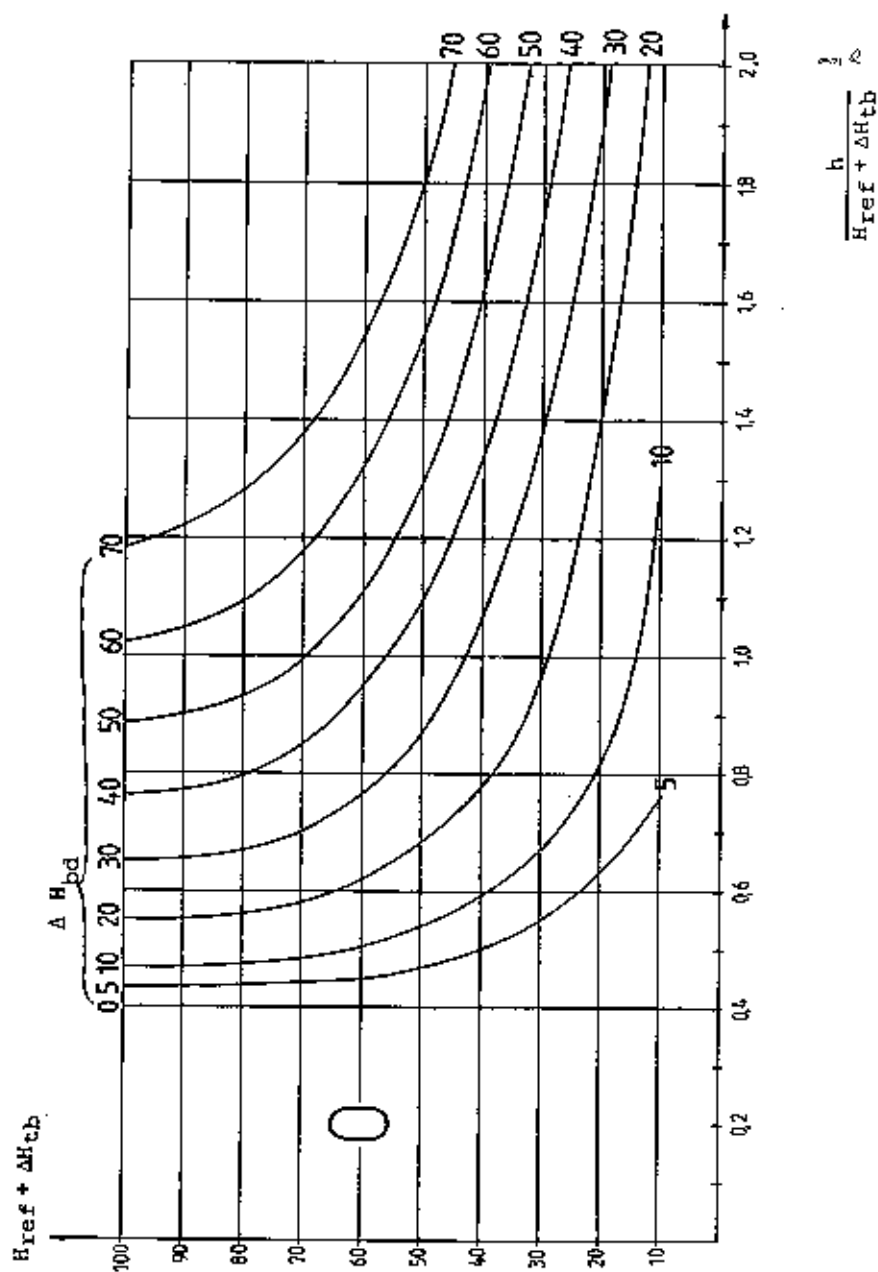
Erforderlig skorstenshöjd utgör summan av referenshöjden och de båda tilläggen dvs

$$H_0 = H_{\text{ref}} + \Delta H_{\text{cb}} + \Delta H_{\text{bd}}$$

Vid bedömningen av erforderlig skorstenshöjd i enskilda fall bör därvid beaktas att råden är avsedda att tillämpas även på befintliga oljeeldade anläggningar som konverteras till fastbränsleeldning. För sådana fall bör man ibland kunna godta en något lägre skorstenshöjd än annars. Det gäller främst i sådana fall då tillämpningen av råden skulle leda till att en ny skorsten måste uppföras och kostnaden härför inte bedöms som rimlig i förhållande till miljövinsten.

3.4 RÖKGASEASTIGHET

Mindre anläggningar körs ofta på låg last med risk för dålig spridning av rökgaserna. Av denna orsak bör rökgashastigheten vid låg last inte understiga 8 m/s.



Figur 3.1 Beräkning av skorstenstillägg på grund av nedsug
 Beräkning av ΔH_{bd}
 h =högsta byggnadens höjd inom $2 H_{ref}$

4. BEHANDLING AV RESTPRODUKTER

4.1 HANTERING AV RESTPRODUKTER

Flygaska avskild i olika typer av stoftavskiljare är mycket finkornig. Hantering av torr flygaska från förbränningsanläggningar bör därför ske i slutna, automatiska system för att förhindra damning. Befuktning minskar också damningsrisken. Transport till deponeringsplatsen bör ske i täckta lastbilar.

4.2 DEPONERING AV RESTPRODUKTER

4.2.1 Separata deponeringsplatser

- Val av lokalisering bör grundas på geohydrologisk undersökning som bl a omfattar studier av markförhållandena, avstånd till grundvattennivåer, strömningsriktning för grundvattnet, utspädningsförhållanden (grundvatten-/ytvattenrecipient), inströmnings/utströmningsområde (inströmningsområde är vanligtvis att föredra) etc.

Vidare bör givetvis sådana faktorer som t ex markutnyttjande, avstånd till bostäder, landskapsbild, kapacitet m m beaktas.

- Upplaget bör arrangeras så att grundvatten inte kan tränga in. Naturliga barriärer i landskapet bör utnyttjas för att hindra tillrinning av ytvatten. Anläggande av avskärande diken uppfyller normalt inte kravet på beständighet under lång tid.
- Under deponeringstiden bör åtgärder vidtas för att hindra damning och erosion, t ex genom vattenbesprutning eller täckning med bottenaska eller moränjord. Öppna ytor med flygaska bör hållas så små som möjligt. Det är viktigt att upplaget packas och läggs så att stabila släntar erhålls.

- Lakvatten och ytavrinningsvatten som uppkommer under uppbyggnadsskedet bör ledas till uppsamlingsbassäng för kontroll av pH och tungmetaller före utsläpp. Det måste avgöras från fall till fall om detta vatten skall rensas eller ledas direkt till recipient. Det lakvatten som uppkommer efter det att upplaget avslutats skall dock kunna tillföras recipienten direkt utan risk.
- Avslutning av askupplaget bör ske genom täckning med ett väl packat skikt av flygaska. Ytterligare tätning erhålls om tätskiktet kompletteras med kalk- eller cementstabiliserad aska. Därpå läggs ett dräneringsskikt, ca 0,3 m, (grus eller dylikt) vilket täcks av minst 1 m moränjord eller motsvarande. Dräneringsskiktet kan uteslutas ur täckningen om de därvid försämrade avrinningsmöjligheterna kompenseras genom förbättring av tätskiktet. Detta alternativ kan vara ekonomiskt fördelaktigt. Upplagets slänter bör vara så utformade att god ytavrinning erhålls. Målsättningen är därvid att
 - * infiltrationen av regnvatten skall begränsas effektivt
 - * genomsläppligheten för vatten skall vara större i upplagets underyta än i dess överyta (= tätare över än under). Därigenom minskar risken för vattenansamling inne i upplaget och ett okontrollerat läckage av förorenat vatten
 - * ett växttäckte skall kunna etableras på ytan av upplaget utan att växtrötterna kommer i direkt kontakt med askan.

4.2.2 Deponering på upplag för hushållsavfall

Förbränningsrester från de flesta små anläggningar kommer sannolikt att deponeras inom område för deponering av hushållsavfall. I dessa fall är lokaliseringen redan fastlagd. I övrigt bör samma deponeringsprincip gälla som för separata askupplag.

Dessutom bör beaktas:

- Askan bör inte blandas med övrigt avfall utan hållas separat innanför upplagets areal. Det är särskilt viktigt att askan inte kommer i kontakt med organiskt avfall. Dräneringssystemet bör utformas så att lakvatten från organiskt avfall inte kommer i kontakt med askan.
- Hushållsavfall deponeras normalt på "tät botten". Risk finns för att infiltrerande regnvatten ger en vattenansamling inne i avfallet vilket i sin tur ger upphov till okontrollerat läckage av förorenat vatten.
- Begränsad samdeponering med organiskt avfall kan i vissa fall godtas. Huruvida samdeponering kan godtas eller inte bör bedömas med utgångspunkt i de tekniska, ekonomiska och miljömässiga aspekterna i varje enskilt fall. Faktorer att väga in är bl a mängd avfall, typ av bränsle, förbränningsmetod, deponeringsplats, recipient och ekonomi.

Forskning pågår i syfte att ta fram ett bättre underlag för att bedöma effekterna av en samdeponering av aska med annat avfall.

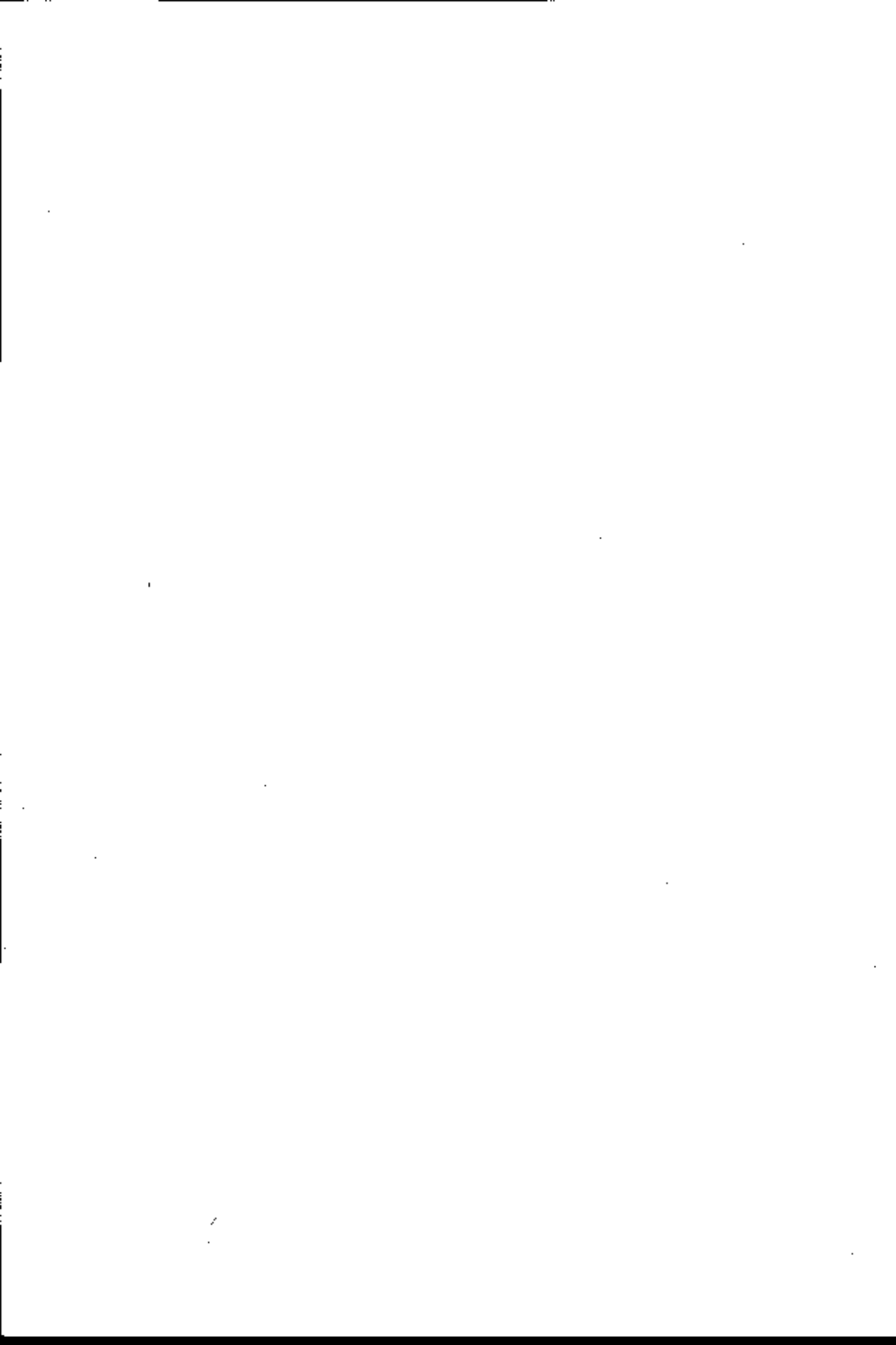
4.3 ANVÄNDNING AV RESTPRODUKTER

Osäkerhet råder om miljöfrågorna vid användning av aska för gödsling eller för att neutralisera markens surhet. Detta gäller främst upptaget av metaller i olika grödor, ackumulationen i mark och utlakningen av metaller vid olika asktillförsel. En omfattande spridning av trädbränsleaska och torvaska på jordbruksmark kan ge en tillförsel av kadmium som är jämförbar med de mängder som tillförs med handelsgödsel. Redan den nuvarande tillförseln av kadmium till åkermark är för hög och arbete pågår för att minska kadmiumhalten i handelsgödsel och slam från kommunala reningsverk. Inga askor bör därför tillföras jordbruksmark för livsmedelsproduktion.

Aska från förbränning av bibränslen och torv bör kunna användas för kalkning och gödsling av skogsmark och annan mark där man odlar annat än livsmedel (energiskog, energigrödor, industriråvaror etc). Forskning pågår inom detta område och preciserade regler för sådan askanvändning kan för närvarande inte anges.

Askor kan också tänkas användas som komponent i olika byggnads-material, liksom i vissa fall som utfyllnad i vägar och planer.

Några generella regler för hur och var askorna kan användas i dessa sammanhang kan inte anges utan de olika tillämpnings-områdena får bedömas från fall till fall.



UNDERLAG TILL ALLMÄNNA RÅD FÖR FASTBRÄNSLELDADE
ANLÄGGNINGAR 500 KW—10 MW

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	SAMMANFATTNING	1
2.	FASTBRÄNSLELDNING 0,5-10 MW	2
2.1	Omfattning	2
2.2	Eldningsanläggningar	3
2.3	Lokalisering	3
2.4	Referenser	4
3	STOFT	5
3.1	Inledning	5
3.2	Förbränningseffektivitet	5
3.3	Reningsteknik	6
3.3.1	Cyklonavskiljare	6
3.3.2	Textilfilter	7
3.3.3	Elfilter	10
3.3.4	Annan stoftreningssteknik	10
3.4	Kostnader för stoftavskiljning	10
3.5	Diffus stoftspridning	13
3.6	Stofthalter i omgivningen	13
3.7	Olägenheter	14
3.8	Hälsoeffekter av stoftutsläpp	15
3.9	Metaller	18
3.10	Slutsatser	21
3.10.1	Kol	21
3.10.2	Torv, träd- och andra biobränslen	22
3.11	Referenser	23
4.	SKORSTENSHÖJD	24
4.1	Referenser	24
5.	RESTPRODUKTER	25
5.1	Inledning	25
5.2	Deponering	26
5.3	Spridning av askor	29
5.4	Referenser	29



1. SAMMANFATTNING

Fastbränsleeldningen ökade kraftigt i Sverige i början av 1980-talet. Under 1986 har denna ökning upphört, främst pga låga oljepriser. En ökning av fastbränsleeldningen kan åter förväntas om elpriset stiger.

Utsläppet av stoft varierar avsevärt vid fastbränsleeldning men är genomgående så högt att stoftrening krävs. Rening i cyklonavskiljare var i början av 1980-talet den allena rådande tekniken vid anläggningar 0,5-10 MW. Fördelen med cyklonavskiljare är den låga kostnaden och att de är relativt okänsliga gentemot varierande förbränningsförhållanden. Nackdelen är att utsläppet är högre jämfört med högeffektiva avskiljare och att reningseffekten är särskilt låg för fina partiklar. De senaste åren har textilfilter börjat användas även vid mindre anläggningar. Fördelen med textilfilter är låga utsläpp och hög reningseffekt även för fina partiklar. Nackdelen är högre kostnader gentemot småcykloner samt större känslighet för pannans driftförhållanden. Merkostnaden för spärrfilter gentemot småcykloner beräknas till 0,5-1 öre/kWh. Även annan reningsteknik är tänkbar såsom rökgaskondensering, våtavskiljare, elektrokrubber och minifilter.

Av betydelse vad gäller föroreningsbilden kring en anläggning är förutom reningseffekten också skorstenshöjden. Erforderlig skorstenshöjd bestäms med utgångspunkt från acceptabla halter i omgivningen av olika föroreningar. Vid här aktuella anläggningar är i allmänhet kväveoxidutsläppen dimensionerande för skorstenshöjden.

Vid förbränning av fasta bränslen bildas stora mängder restprodukter. Dessa restprodukter kan antingen deponeras eller nyttiggöras. Vid askdeponier finns risk för att salter, tungmetaller och vissa organiska ämnen lakas ut och förorenar yt- och/eller grundvatten. Deponering av restprodukter bör ske på sådant sätt att utlakningen minimeras.

2. FASTBRÄNSLEELDNING 0,5-10 MW

2.1 OMFATTNING

Anläggningar med tillförd effekt av 0,5-10 MW svarar för en betydande del av Sveriges energitillförsel. För närvarande används till övervägande del olja i denna typ av anläggningar.

I en delrapport till EK81 (1) anges bl a energiåtgången i blockcentraler år 1980 och sannolik åtgång år 1990.

Tabell 2.1. Värmeleveranser 1980 och 1990 från blockcentraler

Leveranser 1980	Brutto 20,0 TWh
	Netto 15,0 TWh
Sannolika leveranser 1990	Brutto 10,0 TWh
	Netto 7,5 TWh

En halvering av energileveranserna från blockcentraler väntas således ske under 80-talet, främst pga övergång till fjärrvärme. I vissa fall är det dock endast fråga om en organisatorisk förändring där blockcentralen ingår i ett fjärrvärmenät. En utbyggnad av nya blockcentraler kommer också att ske för flerbostadshus i mindre orter och förorter till större orter.

De gruppcentraler som inte ligger inom fjärrvärmeområden kommer i framtiden troligen till stor del att nyttja värmepumpar och fasta bränslen för baslast. De fasta bränslen som främst är aktuella är träbränsle, torv, kol och halm. Byggeforskningsrådet och oljeersättningsdelegationen har utrett förutsättningarna för att ersätta olja i gruppcentraler (4, 5).

I nedanstående tabell anges beräknad energiförbrukning i fastbränsleeldade anläggningar 0,5-10 MW fram till 1995. Prognosen är framtagen ur data från Energiverket. (6).

Tabell 2.2. Energitillförsel (TWh) i anläggningar 0,5-10 MW

	1983	1990	1995
Kol	0,3	0,4	0,5
Torv	0,0	0,5	1,0
Trädbränsle	1,0	1,5	1,5

2.2 ELNINGSANLÄGGNINGAR

Eldning av trädbränsle och torv i anläggningar mellan 0,5 och 10 MW är redan i dag relativt vanligt. Wester (2) har gjort en sammanställning av de panntyper som är aktuella i detta intervall. I flertalet fall eldas trädbränsle och torv på någon typ av rost. I vissa fall förekommer också pulvereldning och eldning i virvelbädd. Flera projekt pågår för att utveckla förbrännings-tekniken och förbättra pannorna.

Eldning av halm förekommer på några platser, främst i södra Sverige. Pannorna är vanligen rosteldade.

Mindre koleldade pannor finns i Sverige nästan enbart inom trädgårdsnäringsen. Det fanns 1983 knappt 60 odlare med kolpannor i intervallet 2-5 MW, varav flertalet i Skåne (3). Den övervägande delen är skruvstokers men även kedjerostar och roterande rost förekommer.

2.3 LOKALISERING

Fastbränsleeldade anläggningar kan ge upphov till störningar i närområdet runt anläggningen. Stoffutsläpp från mindre effektiva stoftavskiljare kan medföra olägenheter vid en lokalisering nära bebyggelse, särskilt i samband med störningar i reningsfunktionen. Fastbränsleeldade anläggningar kan från estetisk synpunkt påverka negativt genom stora byggnader, höga skorstenar, bränslelager och avfallsupplag. Damning och buller i samband med hantering av fasta bränslen och aska kan också orsaka störningar.

Mindre anläggningar kommer i många fall att lokaliseras nära eller i direkt anslutning till bebyggelse, vilket ställer särskilda krav på miljöskyddsåtgärder för reducering av buller och stoftspridning. I vissa fall, t ex eldningsanläggningar inom industrier och bondgårdar, kommer anläggningarna att lokaliseras utanför tätorter med stort avstånd till bebyggelse.

2.4 REFERENSER

1. Så kan vi värma Sverige. Rapport till 1981 års energikomité Ds I 1983:15
2. L Wester: Små fastbränsleeldade pannor SNV PM 1462
3. Koleldade mindre pannor i Svenska handelsträdgårdar AF Kolsektionen, Meddelande nr 29, 1983
4. S Olsson: Potential for using alternative energy technologies in group central heating systems in Sweden, BER D12:1983
5. Oljeersättning med värmepumpar och fasta bränslen i gruppcentraler. Statens Energiverk, september 1983.
6. Energiperspektiv 1970-95. Statens Energiverk 1984:7.

3. STOFF

3.1 INLEDNING

Vid förbränning av fasta bränslen kommer rökgaserna att innehålla en större eller mindre mängd fasta partiklar. Dessa utgörs dels av sot som resultat av ofullständig förbränning, dels av aska som huvudsakligen består av oxider av järn, aluminium, kisel, natrium, kalcium och kalium. Dessutom förekommer andra metaller i varierande mängd. De i bränslet ingående metallerna kommer i många fall att anrikas på de mindre partiklarna i rökgasen. Anrikningen är en följd av att metallerna adsorberas eller kondenserar på partikelytan och eftersom specifika ytan ökar med minskande partikeldiameter får man en anrikning i de mindre fraktionerna.

3.2 FÖRBRÄNNINGSEFFEKTIVITET

Bildningen av aska och oförbränt påverkas dels av anläggningstyp och driftsbetingelser, dels av bränslet.

Anläggningstypen är av avgörande betydelse för möjligheterna att styra förbränningsprocessen så att fullständig förbränning uppnås. Allmänt gäller att goda förbränningsystem kännetecknas av att

- luft- och bränsletillförseln är reglerad, så att kontinuerlig drift med stabila förbränningsförhållanden/luftöverskott möjliggörs,
- förhållandet primär-/sekundärluft är rätt anpassat,
- det är god inblandning av luft, hög turbulens, tillräcklig uppehållstid och hög temperatur i efterförbränningszonen,
- pannan är dimensionerad efter effektbehov, så att drift vid låg last undviks.

För att kontinuerligt uppnå en fullständig förbränning bör ett mätinstrument för att övervaka halten av kolmonoxid eller oförbrända ämnen installeras. Det är också väsentligt att installera ett lämpligt system för styrning och reglering av förbränning.

Från energiförsörjningssynpunkt är det i vissa fall önskvärt att kunna förbränna flera typer av fasta bränslen i samma panna. För vissa typer av rosteldning är detta i princip möjligt med relativt små omställningar. Risken för dålig förbränning och därmed ökade utsläpp är dock stor då en panna eldas med annat bränsle än det pannan är konstruerad för. Förbränning i fluidiserad bädd ger också möjlighet till flerbränsleeldning. Utsläppen blir troligen betydligt lägre om anläggningen eldas med det bränsle som den konstruerats för. Behovet av styrutrustning och mätinstrument är därför större vid pannor som är avsedda för flera bränslen.

Bränslets fukthalt, form och tillförselsätt har betydelse för möjligheten att uppnå en fullständig förbränning. Även i större anläggningar har det visat sig vara svårt att uppnå en tillräckligt hög förbränningstemperatur för bränslen med en fukthalt över 45%. Även bränslets form påverkar förbränningen. Slutförbränningen blir bäst då mindre bränslestycken tillförs eldstaden kontinuerligt. Genom att använda modifierade och homogena bränslen, t ex pellets, och kontinuerlig bränsletillförsel kan en god slutförbränning uppnås.

3.3 RENINGSTEKNIK

3.3.1 Cyklonavskiljare

Avskiljning av stoft i en cyklonavskiljare bygger på att stoftpartiklar av centrifugalkraften separeras från rökgasflödet. Enkla cyklonavskiljare ger låga avskiljningsgrader. För att höja avskiljningsgraden sammankopplas flera små cykloner till ett s k multicyklonaggregat. Även dessa har dock låg avskiljningsgrad för fina partiklar under 5 μm och därmed låga metallavskiljningsgrader.

Småcykloner finns serietillverkade för gasflöden från 500 m³/h (ca 250 kW). Småcykloner är relativt okänsliga för driftstörningar och fungerar i flertalet fall utan problem. De störningar som kan inträffa är igensättningar, bränder och problem vid stoftutmatning. Dessa problem kan vanligen lösas genom god tillsyn och underhåll.

Emissionen av stoft från småcykloner är beroende av mängd bildad flygaska, stoftets partikelstorlek och gasflödet till cyklonen. Bildad mängd flygaska och partikelstorleken beror på en rad faktorer såsom askhalt hos bränslet, storleksfördelning hos bränslet, panntyp, pannbelastning och tillsyn och underhåll. Cyklonens avskiljningsförmåga försämras om gasflödet minskas, men detta kan motverkas med kapacitetsreglering.

Utsläppet vid eldning av fasta bränslen med rening i småcyklon är starkt beroende av eldningssättet men är ofta inom intervallet 250-500 mg/m³ norm. Det finns mätningar som visar stoftemissioner ner till ca 100 mg/m³norm, men vid förändrade driftförhållanden eller förändring av bränsletyp kan utsläppet öka kraftigt, varför detta inte kan sägas vara normala långtidsmedelvärden. Svenska leverantörer av småcykloner anser sig kunna garantera utsläppsnivån 350 mg/m³ norm vid fastbränsleeldning

Genom att öka uppehållstiden för partiklar i cyklonen kan avskiljningsgraden ökas. Teoretiskt kan förbättringar nås till måttlig kostnad men detta har ännu inte visats i praktisk drift. En kombination av förbättrade småcykloner och utvecklad eldningsteknik kan eventuellt nå utsläpp i nivån 200 mg/m³ norm.

3.3.2 Textilfilter

Textilfilter har under senare tid installerats för rökgasrening vid fastbränsleeldade anläggningar i ökande omfattning. Textilfilter har höga avskiljningsgrader även för småpartiklar och därmed även för tungmetaller. I motsats till vad som gäller för elfilter spelar bränslets svavelhalt inte någon roll för textil-

filtrets avskiljningsgrad. Vid eldning av fasta bränslen i kombination med olja bör möjlighet till by-pass av rökgaser från oljeeldningen finnas, då rökgaser från oljeeldning leder till igensättningar i filtret orsakade av klabbigt stoft.

Användning av textilfilter innebär risk för bränder vid dålig förbränning i eldstaden eftersom andelen kol i rågasens stoft kan bli betydande. Risken för dålig förbränning är större ju mindre anläggningen är. Stoftrening i textilfilter ställer därför större krav på hur panna och filter sköts, t ex vid belastningsändringar, start och stopp. Det är därför viktigt med noggranna instruktioner för skötsel av anläggningen samt att genom lämplig styr- och reglerteknik upprätthålla en fullständig förbränning.

Problemen med gnistbildning och ofullständig förbränning är störst vid rosteldning, som är den hittills vanligaste eldnings-typen för pannor under 10 MW. Vid fastbränsleeldning i fluidiserad bädd, vid pulvereldning och vid pelletseldning är de tekniska svårigheterna mindre och textilfilter kan sägas vara etablerad teknik med ett flertal möjliga leverantörer. Textilfilter har de senaste åren installerats vid drygt fyrtio rosteldade fastbränslepannor i storleken 0,5-10 MW. Flertalet anläggningar fungerar på avsett sätt. De störningar som inträffat är bränder till följd av problem vid stoftutmatningen och för stora luftöverskott. Dessa problem kan vanligen lösas genom god tillsyn, underhåll och tillförlitlig övervakningsutrustning.

Vid installation av övervakningsutrustning kan samordning ske med de larm- och övervakningsfunktioner som krävs enligt arbetarskyddsstyrelsens kungörelse om övervakning av fastbränsleeldade anläggningar (1). De funktioner som bör finnas är kontroll av bränslemätning, övervakning av temperatur och syrehalt i rökgasen och kontroll av stoftutmatningen med larm vid bestämda nivåer. Merkostnaden för denna typ av utrustning är ca 50 000-75 000 kr, men det bör poängteras att man då även får möjlighet till en mer ekonomisk panndrift.

I dag offererar svenska leverantörer med garantier textilfilter för olika typer av fastbränsleledning. Garantier kan ges vad gäller stoftutsläpp och livslängd hos filterduk med förbehåll för skador orsakade av bränder. Stoftutsläpp under 35 mg/m^3 norm kan garanteras.

De vanligaste filtermaterialen för textilfilter är polyakrylnitril (t ex Dralon T), aramid (t ex nomex), teflonbehandlad aramid (t ex texoterm), polytetrafluoreten (t ex teflon) och glasfiber.

Val av filtermaterial beror främst på de påfrestningar filterduken utsätts för i fråga om glödande partiklar, fukthalt och syrehalt i rökgasen. Torra och svavelfria bränslen gör det möjligt att använda de billigaste materialen medan motsatsen gäller för svavelhaltiga och fuktiga bränslen.

För textilfilter finns ett antal olika systemlösningar.

1. Textilfilter utan föravskiljare. Tillämpas främst vid stora koleldade pannor i kontinuerlig drift, dock inte i Sverige
2. Textilfilter med föravskiljare. För att förhindra bränder orsakade av medryckta glödande partiklar använder flertalet tillverkare en föravskiljare i kombination med textilfilter. Denna föravskiljare är vanligen en gitteravskiljare eller grovcyklon och är avsedd att ta bort stora partiklar.
3. Textilfilter med föravskiljare och bypass-möjlighet. I vissa fall utnyttjas ett temperaturstyrt bypass-system för att undvika syrakondens vid start och stopp av anläggningar.
4. Textilfilter med föravskiljare och möjlighet till beläggning av filtermaterialet t ex genom kalkdosering vilket är ett alternativ till bypass vid risk för syrakondens.

3.3.3 Elfilter

Elfilter har sedan lång tid använts för rening av rökgaser från skilda eldningstyper och är den vanligaste typen av stoftavskiljare vid större enheter för förbränning av kol, torv, trädbränsle och avfall. Elfilter är i dag inte vanliga vid mindre anläggningar då de vanligen är avsevärt dyrare än andra alternativ, men utvecklingsarbete pågår för att få fram konkurrenskraftiga elfilter för mindre enheter.

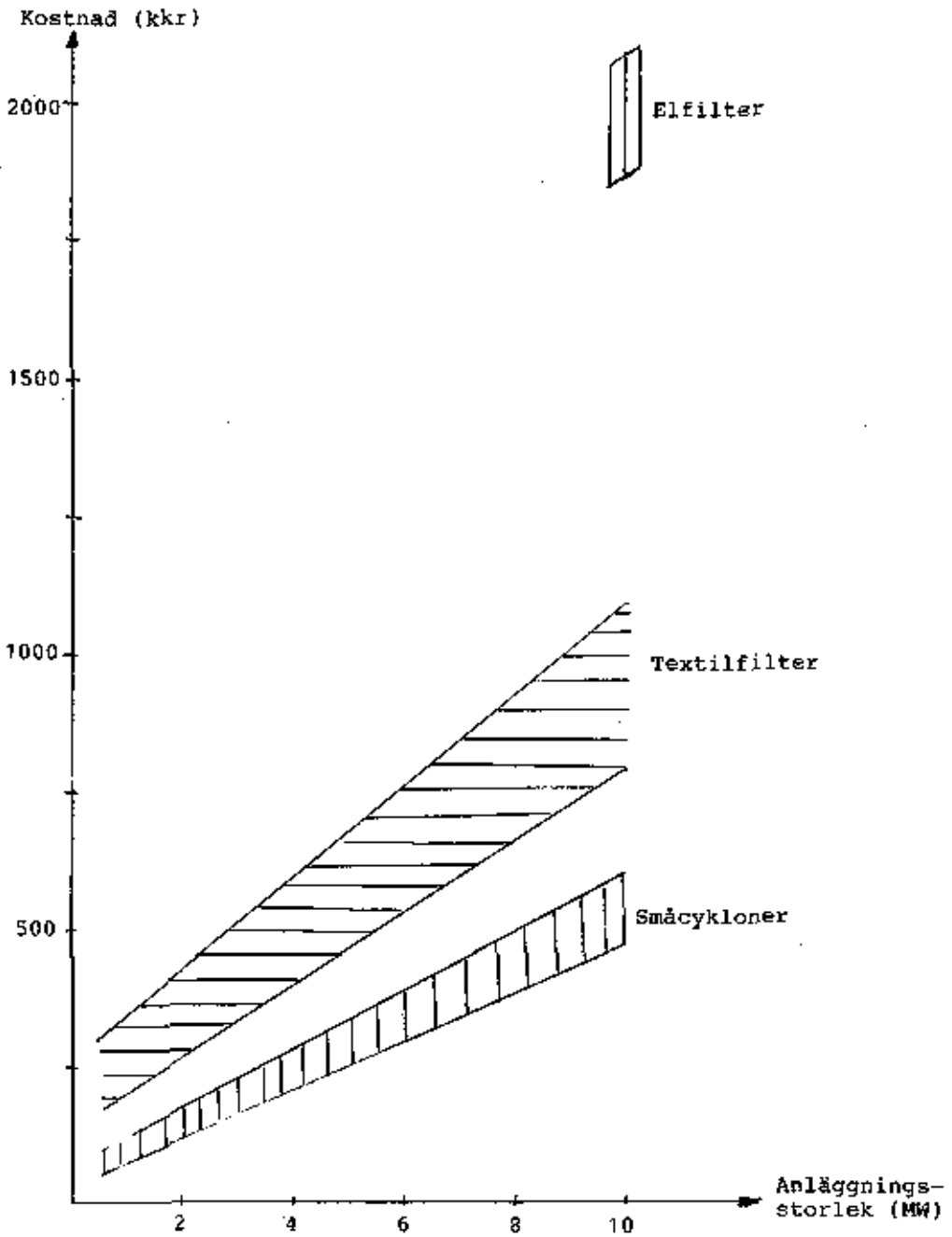
3.3.4 Annan stoftrenings teknik

Elektroskrubber finns installerad i Avesta för stoftrening vid fastbränsleeldning, men denna reningsteknik är främst aktuell för anläggningar över 10 MW. En annan reningsteknik är våtavskiljare. Utsläpp under 100 mg/m³ norm kan uppnås, och denna teknik kan aktualiseras för vissa tillämpningar.

Rökgaskondensering är en ny teknik under introduktion, främst i syfte att förbättra energiverkningsgraden. Rökgaskondensering medför en viss stoftrening, och i kombination med cyklonavskiljare kan utsläppsvärden under 100 mg/m³ norm uppnås.

3.4 KOSTNADER FÖR STOFTAVSKILJNING

Investeringskostnader för stoftavskiljare varierar avsevärt beroende på bränsletyp, emissionskrav och anläggningsspecifika betingelser. I figur 3.1 visas uppskattade investeringskostnader år 1984 för stoftavskiljare vid fastbränsleeldade anläggningar i storleken 0,5 till 10 MW. Kostnaden inkluderar stoftavskiljare, föravskiljare vid textilfilter, rökgasfläkt, stativ, isolering och montage men inte stofthantering. Det bör poängteras att det är svårt att ange kostnader för teknik under introduktion på marknaden där det också sker en snabb teknikutveckling. För vissa enskilda anläggningar kan kostnaderna vara högre än här angivet beroende på specifika omständigheter.



Figur 3.1 Investeringskostnader för stoftavskiljare vid fastbränsleeldning

Kostnaderna för textilfilter varierar avsevärt beroende på textilmaterial och grad av kringutrustning. En ökad investering i övervakningsutrustning och tåligare filtermaterial resulterar i större driftsäkerhet och lägre driftkostnader. Då bränslet och förbränningsanläggningen möjliggör ett relativt billigt filtermaterial ligger kostnaden i den lägre delen av det angivna intervallet för textilfilter. Detta gäller främst bränslen med låga fukthalter och liten risk för syrakondens (t ex torr flis). Eldning av torv medför kostnader i den övre delen av intervallet orsakade av hög fukthalt, stor rökgasmängd och en relativt hög svavelhalt i bränslet, vilket nödvändiggör ett något större filter i dyrare material.

Elfilter är främst aktuella för de större pannorna i intervallet. För elfilter varierar kostnaden beroende på stoftets elektriska egenskaper och önskad avskiljningsgrad.

Den årliga kostnaden för stoftavskiljare utgörs till stor del av kapitalkostnad, vilken i sin tur beror av investeringskostnad, använd räntenivå och avskrivningstid. Den rörliga kostnaden utgörs av elström för avskiljarens drift, personalkostnader, underhåll och reservdelar.

Energiforskningsnämnden har i en rapport (11) rekommenderat att man för samhällsekonomiska beräkningar bör använda en real kalkylränta på 6%. I en företagsekonomisk kalkyl i enskilda fall används betydligt högre räntor, ca 15%. Tre medlemsföretag i GLSM (Gruppen luftteknik inom Sveriges mekanförbund) har beräknat kostnaderna för rökgasrening för två olika fall, 0,5 MW pelletseldad panna och 4 MW fliseldad panna för två angivna räntor, 6% och 15% (9, 10).

Merkostnaden för textilfilter gentemot småcykloner anges till följande (kostnadsnivå november 1984).

Företagsekonomisk beräkning (Ränta 15%)

Anläggningsstorlek	Merkostnad (öre/kWh)		
	Företag 1	Företag 2	Företag 3
0,5 MW	4,2	0,5	1,0
4 "	1,2	0,5	0,5

Samhällesekonomisk beräkning (Ränta 6%)

0,5 MW	3,2	0,4	0,7
4 "	0,9	0,3	0,3

3.5 DIFFUS STOFSPRIDNING

Lagring och hantering av bränsle och aska kan ge upphov till diffus stoftspridning vilket är störande för omgivningen dels genom nedsmutning och dels genom höga stofthalter. Damningen är främst ett problem vid hantering av torra bränslen och när det blåser kraftigt. Åtgärder för att minska damningen vid bränsleupplag kan vara befuktning och/eller avskärmning med staket, vallar eller byggnader. Damspridningen från hantering av bränsle mellan lager och panna kan minimeras genom användning av inkapslad utrustning.

3.6 STOFTHALTER I OMGIVNINGEN

En övergång från oljeeldning till fastbränsleeldning kommer att innebära att stoftutsläppen ökar om inte högeffektiv stoftrening införs. Påverkan på luftkvalité av fastbränsleeldning har studerats i en underlagsrapport till 1981 års energikommitté (2). Man har beräknat stofthalterna i olika småhusområden vid fastbränsleeldning enligt olika emissionsnivåer, vilka för en gruppcentral motsvarar rening i småcykloner respektive avancerad stoftrening t ex i textilfilter.

Av beräkningarna framgår att bidraget från eldning med trädbränsle till de totala stofthalterna kan vara betydande vid en emissionsnivå motsvarande rening i småcykloner. Situationen förbättras avsevärt vid användning av avancerad stoftrening såsom textilfilter. Mätningar i områden med eldning av trädbränsle visar också att trädbränsleeldningens bidrag till halten av inandningsbart stoft kan utgöra hälften eller mer av den inandningsbara fraktionen.

Bidraget till totalhalt stoft är vid eldning av trädbränslen i gruppcentral och rening i småcykloner lägre jämfört med individuell eldning av trädbränslen. Ytterligare en skillnad jämfört med individuell eldning av trädbränslen är att området med höga haltbidrag minskas. Användning av fasta bränslen i gruppcentraler med rening i småcykloner skulle dock komma att försämra luftkvaliteten vad gäller stoft i förhållande till dagens situation med ett oljebaserat uppvärmningssystem.

3.7 OLÄGENHETER

Stoftutsläppet vid fastbränsleeldning utan avancerad rökgasrening är väsentligt högre jämfört med vid oljeeldning, vilket innebär ökade risker för olägenheter i form av t ex nedsmutsning. Allmänt accepterade metoder för uppmätning och bedömning av nedfallets nedsmutsande effekt saknas. En annan olägenhet som kan förekomma vid fastbränsleeldning är luktstörningar, orsakade av ofullständig förbränning.

Avsevärda olägenheter kan uppstå vid störningar i stoftreningsystemet. Detta bör därför utföras så att hög drifttillgänglighet uppnås och helst så att åtminstone grovavskiljning sker vid störningar i stoftavskiljaren.

3.8 HÄLSOEFFEKTER AV STOFTUTSLÄPP

Hälsoeffekter av olika luftföroreningar har behandlats i bilavgaskommittén (3), KHM (4) och i underlagsrapport till EK8† (2). De hälsoeffekter som orsakas av stoft är främst direkta effekter på lungan.

Partikelhalten i luft är en kemiskt och fysikaliskt odefinierad parameter. Svärtande partiklar, sot, har mätts i städer i många år och används i framför allt äldre epidemiologiska studier. En särskild grupp, sulfatpartiklar, har använts som indikatorsubstans vid ett antal nyare epidemiologiska undersökningar, men olika sulfater är olika toxiska, varför totalhalten partiklar kan betraktas som en lika bra eller dålig indikatorsubstans för luftvägsirriterande luftföroreningar. Mängden inandningsbara partiklar (ungefär $5-10\ \mu\text{m}$) är en ur toxikologisk synpunkt mer relevant indikator, men mätningar på sådana partiklar saknas i stor utsträckning från undersökningar av omgivningsluft.

Storleken är viktig för var i andningsvägarna partiklarna deponeras. Små partiklar i tätortsluft har generellt högre koncentration av toxiska ämnen, som organiska föroreningar och delvis flyktiga metaller, än vad större partiklar har. Inandningsbara partiklar spelar en särskild roll genom att på sin yta binda gasformiga föroreningar och föra ned dessa djupare i andningsvägarna hos människan.

Effekterna av SO_2 och partiklar har bl a utvärderats av Världshälsoorganisationen (WHO) (5) och statens miljömedicinska laboratorium (SML) (6). Förväntade effekter och rekommenderade gränsvärden framgår av tabell 3.1 och 3.2.

Tabell 3.1. Förväntade hälsoeffekter av luftföroreningar (6).

	SO ₂	Inett damm	Sot	Stoft	Sulfater	Förväntade effekter
	700*	-	-	-	-	Nedsatt andningsfunktion hos astmatiker
1-timmars medelvärde (µg/m ³)	1100-1400	-	-	-	-	Nedsatt andningsfunktion hos friska, astmatiker och "känsliga"
		2000*	-	-	-	Nedsatt andningsfunktion hos friska
24-timmars medelvärde (µg/m ³)	500	-	500	-	-	Ökning av dödlighet
	300	-	250	150-240*	-	Ökade besvär hos patienter med kronisk lungsjukdom och ökad förekomst av akuta symptom från luftvägarna hos vuxna
Årsmedelvärde (µg/m ³)	100	-	100	100	13	Ökad förekomst av akuta och kroniska symptom från luftvägarna och nedsatt andningsfunktion hos vuxna och barn.

*) en undersökning

Tabell 3.2 Av SML rekommenderade svenska riktvärden till skydd mot hälsoeffekter (Eriksson och Camner, 1983)^{a)}

	SO ₂	Sot	Stoft
1-timmesvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	600	-	-
24-timmars medelvärde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150	120 ^b	-
Halvårsmedelvärde (oktober-mars och april-september) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50	40 ^b	50

a) SO₂ och sot mätta med OECD eller "British daily smoke/sulfur dioxide" metoden. Totalt suspenderade partiklar mätta med gravimetrisk "High volume sampling".

b) Samma värde som nuvarande riktvärde

Såväl WHO:s som SML:s rekommenderade hälsobaserade gränsvärden ligger under naturvårdsverkets gällande riktklinjer men överensstämmer ungefär med planeringsmålen.

För partiklar gäller att en betydande andel av den halt som förekommer i tätorter härrör från diffus damning och trafik. Utrymmet för punktkällor är därför litet. En enskild punktkälla bör därför inte tillåtas bidra med mer än 5% av riktvärdet, dvs 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vid eldning av fasta bränslen i gruppcentral vid en emissionsnivå motsvarande rening i småcykloner kan haltbidraget stoft uppgå till 3 respektive 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som halvårsmedelvärde för Malmö respektive Kiruna, men högre värden kan förekomma under ogynnsamma omständigheter (2). Detta bidrag överskrider således 5% av riktvärdet. Med utvecklad reningsteknik, motsvarande textiltfilter, är haltbidraget under 5%.

3.9 METALLER

Metallinnehållet i fasta bränslen varierar avsevärt, men är normalt avsevärt högre än i olja. Nickel och vanadin förekommer dock i tung eldningsolja (Eo5) i halter som är lika höga eller högre än i fasta bränslen. Metallhalterna i torv är normalt av samma storleksordning som eller något lägre än i kol. Metallinnehållet i torven beror dock av torvmarkens uppbyggnad samt tillgången på metalljoner i grundvattnet. Torv kan fungera som ett filter som fångar upp och anrikar metaller ur tillfört grund- eller ytvatten. Mycket höga metallhalter har därför uppmätts i kärrtorv som är påverkad av grundvattenflöden eller bäckar och diken som kommer från områden med lösliga mineral i marken. Särskild bedömning bör göras av utsläppen vid användning av torv med höga tungmetallhalter. Bränsletorv bör analyseras med avseende på innehållet av toxiska metaller inklusive uran och thorium, för vilka särskild lagstiftning gäller. Ämnen med högre halt uran eller thorium än 200 g per ton får inte innehåsa eller hanteras utan tillstånd från statens kärnkraftsinspektion (Kärntekniklagen). Detta innebär att tillstånd måste sökas hos denna myndighet för deponering av torvaska med uranhalter överstigande 200 g per ton. Eftersom uran kan ha både radiologisk och kemisk giftverkan skall förbränning av torv med höga uranhalter prövas enligt både strålskyddslagen och miljöskyddslagen. Torv kan även innehålla så höga halter radium att konsekvenserna ur strålskyddssynpunkt inte är försumbara.

Ur praktisk synpunkt rekommenderas att askan av ett representativt generalprov från varje tilltänkt torvtäkt analyseras på ett stort antal metaller (t ex med röntgenfluorescensteknik) samt att ett generalprov av torven analyseras med avseende på arsenik, kadmium och kvicksilver samt innehållet av radioaktiva ämnen. Resultaten av dessa analyser får visa om ytterligare underlag behövs för en bedömning.

I trädbränslen är metallhalterna normalt lägre än i torv och kol. Förhöjda halter av vissa metaller kan dock finnas i trädbränslen från starkt föroreningsbelastade områden. Underlag finns t ex som tyder på höga blyhalter i ris och ved från parker och planteringar i tätortsmiljö. Vissa metaller, t ex zink och kadmium, anrikas i bark och kvistar. Flis av skogsavfall har därför ofta högre halter av dessa metaller än flis av stamved.

I tabell 3.3 visas normala metallhalter i fasta bränslen (7).

Tabell 3.3 Metallinnehåll i bränslen. Vid beräkning av metallhalter per megajoule tillförd energi i bränslet har följande värmevärden antagits:

Kol	27 MJ/kg	Tabellvärdet gånger 0,027 ger halter i ppm
Torv	19 MJ/kg (torrsubstans)	- " - 0,019 - " -
Ved	18 MJ/kg (torrsubstans)	- " - 0,018 - " -
Olja	41 MJ/kg	- " - 0,041 - " -

Data för referensbränslena avser typvärden för bränslen som kan tänkas ge ett betydande bidrag till energiproduktionen i Sverige (se Kol-Hälsa-Miljö, Ref 3.19)

Metall	Halt, µg/MJ							
	K O L		T O R V		V E D		E O S	E O I
		Ref-bränsle		Ref-bränsle		Ref-bränsle	Ref-bränsle	Ref-bränsle
Arsenik (As)	20-1000	150	20-500	100	0,2-2	5	2	0,5
Beryllium (Be)	10-500	40	-	5	-	-	0,2	0,2
Kadmium (Cd)	1-200	10	5-50	10	5-20	10	0,7	0,2
Kobalt (Co)	30-1500	150	10-400	100	3-60	10	11	0,5
Krom (Cr)	100-2000	400	50-500	250	50-110	50	1,2	0,5
Koppar (Cu)	50-1500	500	100-1500	500	30-300	100	8,5	2,5
Kvicksilver (Hg)		4		5	0,5-1	1	0,06	0,09
Mangan (Mn)	500-5000	2000	600-15000	4500	600-9000	5000	2,5	0,5
Nickel (Ni)	100-3000	400	50-1000	300	10-60	50	400	1
Bly (Pb)	100-2000	500	20-1000	250	30-700	200	25	3
Vanadin (V)	100-6000	900	100-1000	450	100-1000	100	1300	2
Zink (Zn)	200-100000	1000	100-3000	900	250-2000	1200	20	2

Utsläppet efter stoftrening av en viss metall beror på bränslets metallinnehåll, hur stor andel av metallerna som föreligger i flygaskan samt på avskiljningsgraden i stoftavskiljaren. Då metallerna anrikas på de finare partiklarna är avskiljningsgraden för metaller i flertalet fall lägre än avskiljningsgraden för stoft. Denna effekt gäller särskilt för cyklonavskiljare som har låg avskiljningsgrad för fina partiklar.

I tabell 3.4 jämförs metallutsläppet vid olika reningsnivåer.

Tabell 3.4. Metallutsläpp vid förbränning ($\mu\text{g}/\text{MJ}$) (7). Tabellen bygger på mätdata för torv, trädbränslen och kol (utsläppsnivå 200 mg/MJ). Data för kol, utsläppsnivå 55 mg/MJ , avser typvärden i referensanläggningar enligt RHM.

Metall	Utsläppsnivå 55 mg stoft/MJ (drygt 100 mg/m^3 norm)			Utsläppsnivå 200 mg stoft/MJ (drygt 350 mg/m^3 norm)		
	torv	trädbränsle	kol	torv	trädbränsle	kol
Arsenik	9-35	0,1	8	120	2-22	4-200
Kadmium	0,2-3	0,3-1	0,6	19	5-10	0,4-80
Krom	4-5	7-15	8	30	4-48	40-800
Nickel	0,7-6	4-9	22	6	>1	60-1800
Bly	19-174	10-65	66	1180	26-2100	65-1300
Kvicksilver	2	0,5	2	5	1	4

Tabellen visar att utsläppen av tungmetaller i flertalet fall ökar med minst en faktor tio vid en låg stoftreningsgrad jämfört med en högre.

3.10 SLUTSATSER

En övergång från oljeeldning till fastbränsleeldning innebär att utsläppen av partiklar ökar om inte avancerad rökgasrening införs. Vid den emissionsnivå som erhålls för småcykloner fås sådana haltbidrag av stoft i tätorter att risken för olägenheter i form av t ex nedsmutsning samt hälsoeffekter ökar. Denna risk ökar givetvis ytterligare då anläggningen ligger i direkt anslutning till bostäder. Vid lägre stoftutsläpp, motsvarande t ex textilfilter, bedöms bidraget till stofthalten i omgivningen endast bli marginellt.

Partiklar mindre än ca 10 µm har störst betydelse från hälsosynpunkt både med hänsyn till partikelstorleken som sådan och till att vissa metaller och organiska ämnen anrikas i de finare partiklarna. Dessa partiklar avskils till ringa del i cyklonavskiljare, medan avskiljningen i elektrofilter eller textilfilter är god.

En övergång från olja till fasta bränslen kan innebära en viss ökning av utsläppen av många metaller och från miljövardssynpunkt är det angeläget att utsläppen blir så små som möjligt. En grundläggande strävan är att inte väsentligt öka metallhalterna i naturen över den naturliga bakgrundsnivån.

3.10.1 Kol

Alltsedan koleldade anläggningar mindre än 10 MW blev anmälningspliktiga (fr o m 1 januari 1984) har vid miljöskyddsprövningen krav ställts på högeffektiv stoftrening vid dessa anläggningar. Även dessförinnan installerades textilfilter vid små koleldade anläggningar. För mindre koleldade pannor är textilfilter i dag etablerad teknik och erfarenheterna är goda. Enligt naturvårdsverket bör även i framtiden krav ställas på höggradig rening.

3.10.2 Torv, träd- och andra bibränslen

Trädbränsle och torv är de bränslen som främst är aktuella för mindre fastbränsleeldade anläggningar. För att nå planerad oljeersättning krävs troligen en relativt omfattande eldning av trädbränsle och torv i mindre anläggningar, men även andra bränslen såsom t ex halm är aktuella.

De mindre torv- och trädbränsleeldade anläggningar under 10 MW som hittills byggts har i flertalet fall försetts med stoftrening i form av småcykloner. Det är angeläget att användning av fasta bränslen i gruppcentraler inte leder till en försämring av miljöförhållandena i våra tätorter. Fjärrvärmens kraftigt förbättrat luftkvaliteten i tätorter och det är väsentligt att dessa förbättringar bibehålls vid en övergång till fastbränsleeldning. Enligt naturvårdsverkets bedömning bör därför fastbränsleeldade anläggningar i tätorter förses med avancerad rökgasrening.

Teknik finns tillgänglig som ger väsentligt lägre utsläpp än småcykloner. Tillverkare av textilfilter offererar i dag med garantier reningsutrustning för mindre fastbränsleeldade pannor.

Textilfilter ger låga stoftutsläpp, normalt 1-30 mg/m³ norm. För att underlätta en introduktion av alternativa lösningar i form av annan reningsteknik och/eller förfinad eldningsteknik kan ett något högre utsläpp accepteras.

3.11 REFERENSER

1. Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1985:5
2. Miljö- och hälsoeffekter av framtida uppvärmningssystem. Rapport till 1981 Års energikommité. DSI 1983:16
3. L Ewetz & P Camner. Hälso-risker till följd av bilavgaser. Bilaga till Bilar och renare luft SOU 1983:28
4. Kolets hälso- och miljöeffekter. Slutrapport från projekt KHM. Statens vattenfallsverk 1983
5. Environmental Health Criteria 8. Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter. WHO Genève 1979
6. G Eriksson & P Camner. Hälsoeffekter av svaveloxider och partiklar i omgivningsluften. SNV PM 1656. 1983
7. Miljöeffekter av ved- och torvförbränning. Meddelande från statens naturvårdsverk. SNV pm 1708. 1983
8. Oljeersättning med värmepumpar och fasta bränslen i gruppcentraler. Statens Energiverk, september 1983.
9. GLSM. Allmänna råd ... komplettering av remissyttrande 1984-12-11.
10. S Jansson. Kostnader för stoftavskiljning 1985-01-23
11. E Hakkarainen. Att beräkna kostnader och lönsamhet för energiteknik. Efn-rapport nr 5 1983.

4. SKORSTENSHÖJD

Erforderlig skorstenshöjd bestäms som summan av en referenshöjd och skorstenstillägg.

SMHI har utarbetat en beräkningsmetodik för bestämning av skorstenshöjder (1). Som underlag till denna beräkningsmetodik har man utgått från givna emissionsfaktorer samt acceptabla markkoncentrationsbidrag av SO₂, NO₂ och stoft.

SMHI har beräknat referenshöjder för olika bränslen, delar av landet och bakgrundsbelastning (1). Naturvårdsverket har bearbetat materialet och schabloniserat det för att underlätta beräkningen av skorstenshöjd. För små fastbränsleeldade anläggningar är i allmänhet NO₂ dimensionerande.

4.1 REFERENSER

1. Erforderlig skorstenshöjd med avseende på utsläpp av NO₂, SO₂ och stoft. SMHI rapport 1983:47.
2. SNV:s regler för bestämning av erforderlig skorstenshöjd. SMHI-rapport 1982:5.

5. RESTPRODUKTER

5.1 INLEDNING

Vid förbränningen bildas fasta restprodukter i form av bottenaska och slagg samt flygaska som avskils i rökgasreningstrustningen. De består av sot som bildats genom ofullständig förbränning och mineral som härrör från bränslet.

De mängder restprodukter som bildas beror på bränslets askhalt samt förbrännings- och reningstekniken. Bränslenas mineralinnehåll (askhalt) varierar och är för trädbränsle (i procent av torrsubstans) normalt 0,1-2%, för brännrotv 2-8% och för stenkol 7-15%. Mängderna avskiljda restprodukter utgör exempelvis för 10 MW rosteldade anläggningar med spärfilter ca 150 ton/år för trädbränsle, 600 ton/år för rotv och 1000 ton/år för kol, fördelade mellan bottenaska och flygaska (typexempel baserade på medelvärden för askhalt, avskiljningsgrad, etc).

Restprodukterna består huvudsakligen av silikater och oxider av aluminium, kisel, järn och kalcium. Kol- och rotvaskor innehåller en större andel silikater än askor från trädbränsle. Andelarna av kalcit eller kalciumoxid är normalt högre i askor från trädbränsle.

Askan innehåller ett stort antal ämnen, bl a metaller. Halterna av metaller i aska är ungefär lika stora för kol, rotv och trädbränsle. Vissa signifikanta skillnader finns; t ex är kvicksilverhalten lägre i aska från trädbränsle. I vissa fall kan uranhalten i rotvaska vara hög. Flygaska har 10-100 ggr högre halter än bottenaska av de flesta tungmetaller. Alla askor innehåller också oförbränt organiskt material. Detta utgör ofta hälften eller mer av hela askmängden i mindre rosteldade anläggningar. Vid dålig förbränning kan t ex halterna av vissa polycykliska organiska ämnen vara höga.

Olika förslag till att använda restprodukterna studeras för närvarande, bl a som inblandning i byggnadsmaterial, som vägbyggnadsmaterial och som gödsel- eller kalkningsmedel. Även om en del av restprodukterna kan nyttiggöras kommer emellertid en stor del att behöva deponeras, tillfälligt eller permanent.

5.2 DEPONERING

Vid askdeponier finns risk för att salter, tungmetaller och vissa organiska ämnen lakas ut och förorenar yt- och/eller grundvatten. Deponering av restprodukterna bör ske på sådant sätt att utlakningen minimeras. För att åstadkomma detta skall infiltrationen av regnvatten, yt- och grundvatten hållas så låg som möjligt. De föroreningar som ändå lakas ut bör släppas ut i en recipient som tål belastningen och som har tillräckligt stor vattenomsättning för att ge god utspädning av föroreningarna. De lokala geologiska förhållandena och recipienternas nuvarande och framtida användningsområden är avgörande för om utsläpp i första hand skall ske till en grundvatten- eller en ytvattenrecipient.

En målsättning är att minimera risken för miljöeffekter både nu och under mycket lång tid. Detta innebär att deponier bör utföras så att alla föroreningsbarriärer som t ex dränerings- och tätskikt skall vara beständiga och underhållsfria under överskådlig framtid. Uppsamling och behandling av lakvatten förutsättes endast kunna ske kort tid efter det att deponin avslutas. De föroreningsmängder som sedan avgår till miljön måste vara så små att de är acceptabla i ett långtidsperspektiv.

Lakvatten från askupplag är starkt alkaliska och pH är ofta över 10. pH är högst för trädbränsleaskor. Alkaliniteten avtar i serien trädbränsle>torv>kol. Utlakningen av lättlösliga salter och infiltrationen av surt regnvatten kommer med tiden att leda till att lakvattnets pH sjunker. Laboratorieförsök och teoretiska beräkningar visar att lakvatten från kol-, torv- och trädbränsleaska kommer att vara alkaliska under mycket lång tid. Hur lång tid beror på askans kemiska och fysikaliska egenskaper, det

infiltrerande vattnets mängd och kvalitet (t ex pH, reducerande/oxiderande, innehåll av komplexbindande ämnen), askans porositet etc samt askkupplagets fysiska utformning.

Kunskapen om utlakningen från askkupplag baseras på laboratoriestudier av ett begränsat antal ämnen. Fältstudier vid upplag saknas nästan helt. Alla bedömningar som görs är därför något osäkra, särskilt vad gäller utlakningen på lång sikt.

Följande kan utläsas ur laboratorieförsöken beträffande lakvattnens kvalitet:

- Salthalten är hög. Särskilt höga koncentrationer av kalium har uppmätts i lakvatten från trädbränsleaska (ett par procent).
- Halterna av utlakade metaller varierar mycket. De är för de flesta metallerna i lakvattnet mindre än 1 mg/l. Detta motsvarar ungefär de halter som uppmätts i lakvatten från hushållsavfall.
- Vissa metaller, t ex bly och krom och eventuellt andra i alkalisk miljö lösliga metaller, föreligger i halter som är 10-100 ggr högre i lakvatten från trädbränsleaska än från hushållsavfall.
- Halterna av många tungmetaller är i lakvatten från aska 10-1000 ggr högre än i "opåverkat" vatten.
- Halterna av tungmetaller är för flera enskilda metaller 10-100 ggr högre än såväl WHO:s riktvärden för dricksvatten som olika utländska riktvärden som föreslagits för skydd av organismer i limnisk miljö.

Samdeponering som innebär en blandning med annat avfall medför om inte särskilda infiltrationshämmande åtgärder vidtas en ökad infiltration och därmed en större utlakning. Andra utlakningsförhållanden i blandade upplag kan också påverka utlakningsprocessen. Samdeponering med hushållsavfall kan t ex öka utlakningen av vissa metaller på grund av att lösliga organiska komplex kan bildas. Det är emellertid också möjligt att andra lösta metaller kan läggas fast i det organiska materialet. I det blandade upplaget kan även andra metaller lakas ut än de som finns i lakvatten från separat deponering av aska respektive hushållsavfall.

Deponering av restprodukter kan ske:

- på separata askupplag, ev där aska från flera förbränningsanläggningar deponeras tillsammans.
- inom område för deponering av hushållsavfall.

Ett askupplag bör slutbehandlas med målsättning att

- infiltrationen av vatten skall begränsas effektivt genom lämplig uppbyggnad av täckskikt
- genomsläppligheten för vatten skall vara större i upplagets underyta än i dess överyta (= "tätare över än under"), för att minska risken för vattenansamling inne i upplaget och okontrollerat läckage av förorenat vatten
- ett växttäckte skall kunna etableras på ytan av upplaget utan att växtrötterna kommer i direkt kontakt med askan.

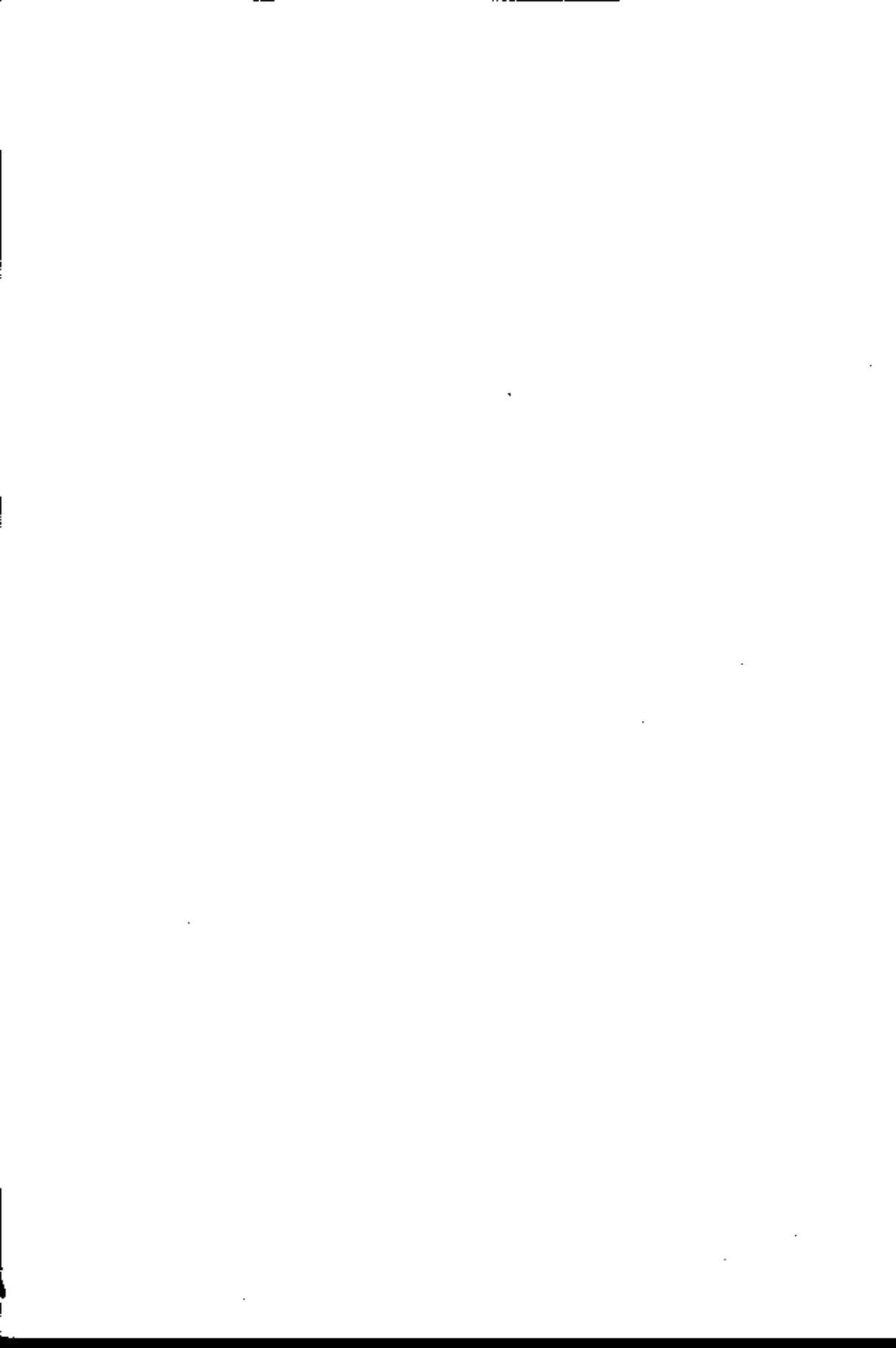
I de allmänna råden anges närmare hur upplagen bör lokaliseras och utformas för att minimera miljöpåverkan.

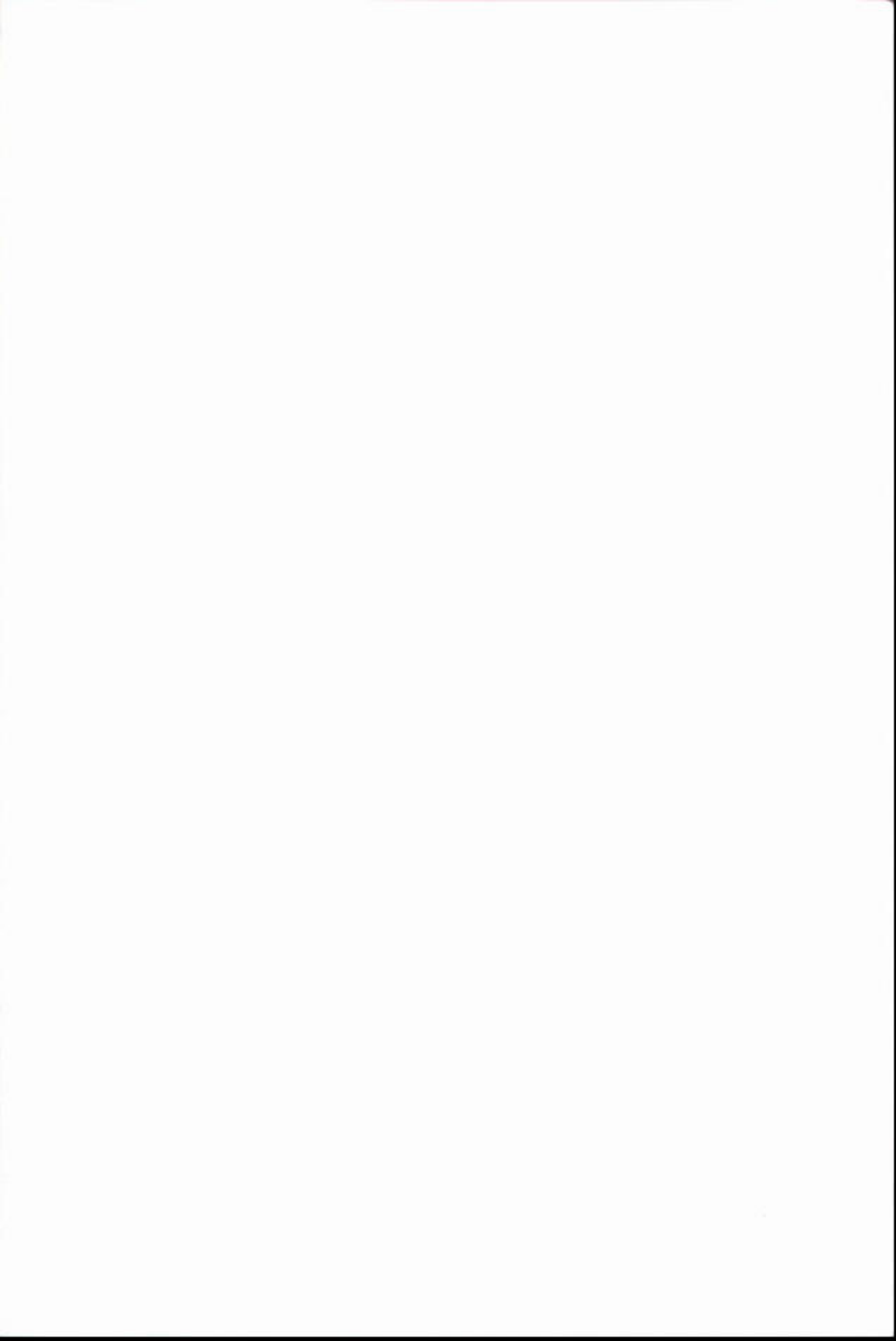
5.3 SPRIDNING AV ASKOR

Aska innehåller relativt stora mängder kalium och fosfor och har stor neutraliseringsförmåga. Gödslingsförsök med torv och trädbränsleaska har visat att dessa kan ha en viss tillväxtfrämjande effekt. Det finns emellertid risk att tillförsel av aska till jordbruks- eller skogsmark kan ge en okontrollerad spridning av tunga metaller och att halterna av metaller ökar i växterna. Analyser av växtmaterial visar att halterna av bl a kadmium, krom, nickel och bly kan bli 2-3 ggr högre i vissa grödor då flygaska från trädbränsle- och torvförbränning har tillförts. Upptaget av metaller är emellertid beroende av många olika faktorer, t ex pH och jordart. Det kan därför vara svårt att bedöma tungmetallupptaget från enskilda försök. Det är också okänt vilka effekter en längre tids användning av aska med låga tungmetallhalter (t ex vissa bottenaskor) kan få på växtupptag och tillväxt. Tillförsel av aska kommer i många fall också att leda till ackumulation av tungmetaller i marken. Detta kan på sikt leda till en ökad utlakning till grund- och ytvatten, vilket särskilt gäller om förrådet av tungmetaller tillåts öka i mark med relativt högt pH. Om surhetsgraden senare tilltar kan en kraftigt ökad utlakning förutses.

5.4 REFERENSER

- 1 Kolets hälso- och miljöeffekter. Slutrapport projekt KHM 1983. Underlagsdel 2.
- 2 Miljöeffekter av ved- och torvförbränning. Meddelande från statens naturvårdsverk. SNV PM 1708. 1983
- 3 T Lundgren & P Elander: Deponering av avfall från kol- och torveldning.Handledning. SNV rapport 3144. KVM publikation 10. 1986.





Naturvårdsverket
ALLMÄNNA RÅD 87:2

Naturvårdsverkets
bibliotek



2 000 117 8205 05

FASTBRANSLEELDPADE ANLAGGNINGAR.

SNV 8704/1000 ex

Distribution Liber
ISBN 91-620-0019-5
ISSN 0282-7271