

Modul:	02 Technika
Jednotka:	02 Technologie zařízení (teplárny na biomasu)
Trvání:	1 den (8 LE)
Krátký popis:	<p>Kogenerační zařízení koncepce a postupy:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stav vývoje • Kogenerační zařízení <p>Instalace, budova, potřeba místa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Budova • Vnější zařízení • Potřeba celkové plochy <p>Emise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Snižování emisí • Odprášení <p>Popel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Charakteristika • Použití <p>E MaR ŘP :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrotechnika • Měřicí a regulační technika • Řízení procesů

Obsah:

<u>1. Koncepce a procesy kogeneračních zařízení</u>	<u>2</u>
<u>1.1. Stav vývoje výroby elektřiny a kogenerace z biomasy</u>	<u>2</u>
<u>1.2. Kogenerační zařízení</u>	<u>2</u>
1.2.1. Pohonné stroje v kogeneračních zařízeních	2
<u>2. Instalace, budova, potřeba místa</u>	<u>7</u>
<u>2.1. Sklad paliva</u>	<u>7</u>
<u>2.2. Kotelna a strojovna</u>	<u>8</u>
<u>2.3. Vnější zařízení, dopravní komunikace</u>	<u>9</u>
<u>2.4. Potřeba celkové plochy</u>	<u>9</u>
<u>2.5. Požární ochrana</u>	<u>10</u>
<u>3. Emise</u>	<u>11</u>
<u>3.1. Možnosti snižování emisí</u>	<u>11</u>
<u>3.2. Odprášení</u>	<u>11</u>
3.2.1. Cyklon	11
3.2.2. Tkaninové filtry	12
3.2.3. Elektrofiltry	12
3.2.4. Pračka spalin	13
3.2.5. Kondenzace spalin	13
<u>4. Složení a využití popela</u>	<u>14</u>
<u>4.1. Fyzikální charakteristika a chemické složení</u>	<u>14</u>
4.1.1. Obsah živin	15
4.1.2. Obsah těžkých kovů	15
<u>4.2. Využití popela</u>	<u>15</u>
<u>5. Elektrotechnika, měřicí, řídicí a regulační technika a řízení procesů</u>	<u>17</u>
<u>5.1. Elektrotechnika</u>	<u>17</u>
5.1.1. Elektrické spotřebiče	17
5.1.2. Napájení sítě	17
<u>5.2. Měřicí, řídicí a regulační technika</u>	<u>18</u>
5.2.1. Regulace výkonu	18
5.2.2. Regulace spalování	18
5.2.3. Kombinovaná regulace výkonu a spalování	19
5.2.4. Regulace spalin	19
<u>5.3. Řízení procesů</u>	<u>20</u>
5.3.1. Centrální řízení procesů	20
5.3.2. Řízení procesů agregátů pro konvenční části zařízení	21
5.3.3. Řízení procesů agregátů kotle na biomasu	21
<u>6. Odkazy na literaturu</u>	<u>23</u>

1. Koncepce a procesy kogeneračních zařízení

Při kogeneraci se v zařízení (teplárně) současně vyrábí teplo a elektřina. Teplárny jsou často provozovány na základě aktuální spotřeby tepla. Proud, který se paralelně vyrábí, se přitom používá pro pokrytí vlastní spotřeby proudu provozovatele, nebo se odvádí do sítě veřejného zásobování elektrickým proudem. Platí-li se za proud odváděný do sítě dostatečně vysoké poplatky, je potom smysluplnější provozovat takové zařízení na základě potřeby elektrické práce (max. výroba proudu). Přitom může občas dojít k tomu, že vzniká nedostatek tepla, nebo naopak teplo nemůže být vždy využito, a pak je třeba je odvést do prostředí.

1.1. Stav vývoje výroby elektřiny a kogenerace z biomasy

Existuje mnoho možností jak vyrábět proud za pomoci biomasy. Technicky zralý a dostatečně vyzkoušený postup s biomasou jako palivem je pouze proces využívající páry. Většina ostatních možných koncepcí není dosud zralá pro trh. Biomasou vytápěná zařízení se Stirlingovým motorem procházejí vývojem v rámci pilotních projektů, jejich komerční využití však není doposud možné. Také využití plynu ze zplynovačů v pístových motorech nebo turbínách pro kombinovanou výrobu tepla a elektřiny se doposud testuje pouze v pilotních a demonstračních zařízeních. Problematické jsou přitom dehty a ostatní kondenzující součásti produkovaného plynu, které musejí být odstraněny než je plyn využit ve strojích. Použití palivových článků v této oblasti bude muset projít dlouhým vývojem. Existují zde vysoké požadavky na čistotu používaného plynu.

1.2. Kogenerační zařízení

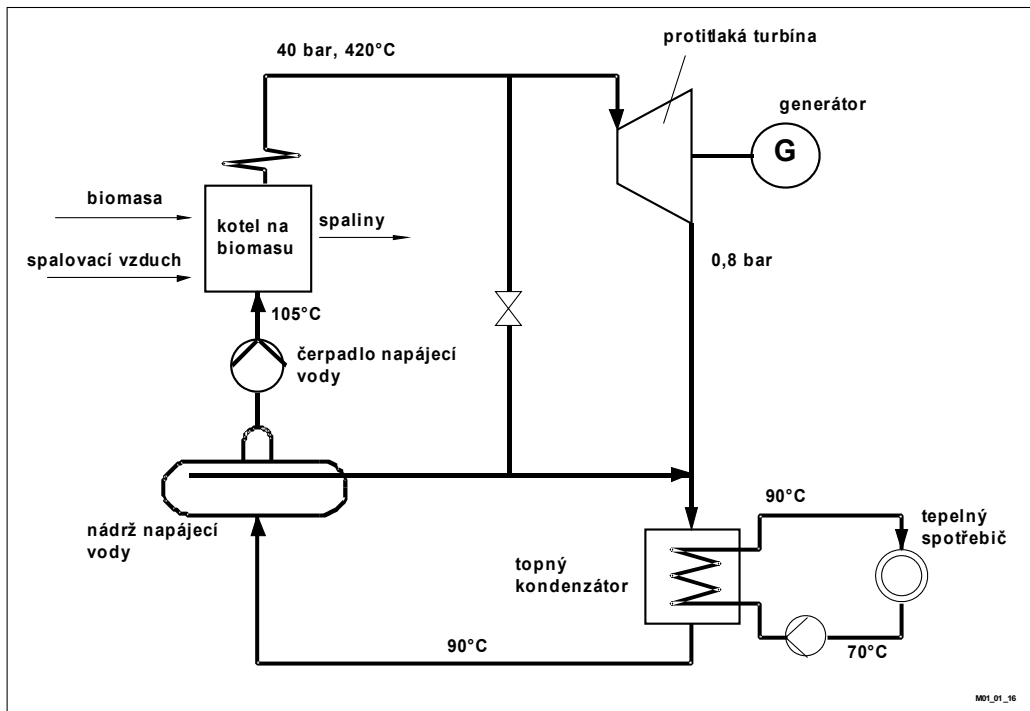
1.2.1. Pohonné stroje v kogeneračních zařízeních

V současnosti se jako pohonné stroje pro kogeneraci používají převážně **parní turbíny, parní motory, plynové turbíny nebo plynové motory**. Při menších a středních výkonech jsou plynové turbíny nebo motory (motory: asi od elektrického výkonu 50 kW do 10 MW, plynové turbíny: asi 10 MW až 50 MW) ekonomičtější než parní zařízení. Potřebují však kapalně nebo plynně palivo. Proto je při využívání pevné biomasy nutné její předcházející zplynění. Zařízení pro zplyňování biomasy a následné využití plynu v hnacích motorech jsou v současnosti ve vývoji.

Parní teplárny

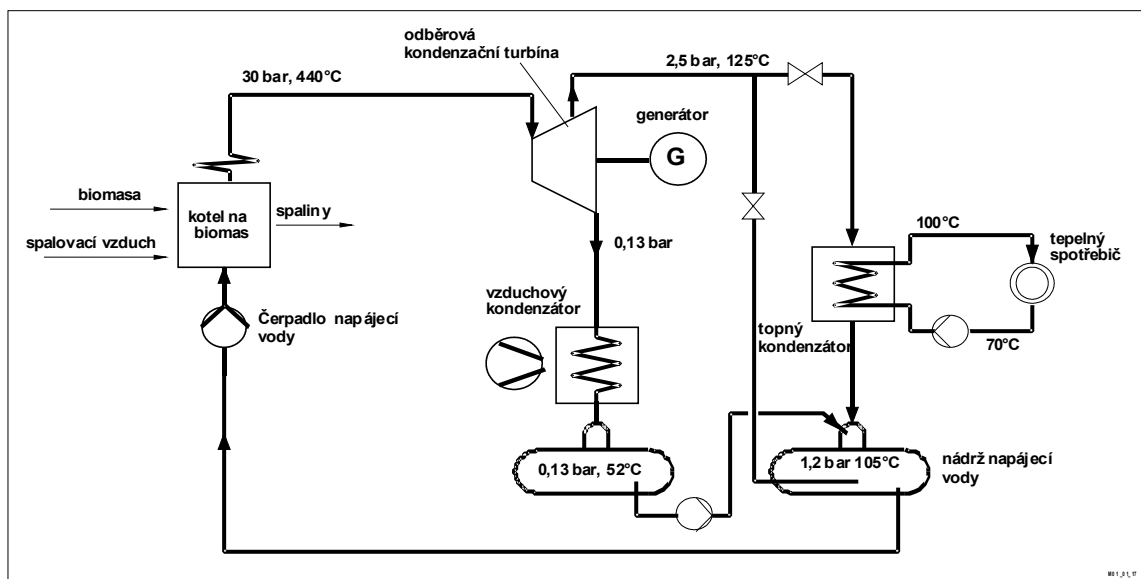
V parních teplárnách se v kotelně vyrábí přehřátá pára, která se v parní turbíně popř. v parním motoru využívá pro výrobu proudu. Po expanzi dochází v topných kondenzátorech ke kondenzaci páry a odebírá se dále využívané teplo (Obr. 1-1). Parní turbína popř. parní motor je obvykle proveden jako protitlaký stroj, ve kterém pára až do protitlaku za parním stojem expanduje. Protitlak se řídí podle teploty požadované odběrateli tepla. Alternativně je možné také použití odběrově kondenzačního stroje, při kterém jedna část páry po protitlaku dále expanduje, čímž se z páry získává větší množství energie využitelné pro výrobu proudu.

Zjednodušené zapojení parního oběhu teplárny s parními turbínami při výlučně protitlakém provozu je znázorněno na (obr. 1-1).



Obr. 1-1: Teplárna s parními turbínami a protitlakou turbínou (zjednodušené schéma)

Obr. 1-1 a obr. 1-2 znázorňují vyšší potřebu přístrojů u kogeneračního zařízení oproti výtopně vyrábějící výlučně teplo. Kvůli výrobě páry je nezbytné také nákladnější zpracování vody (částečně popř. úplně demineralizovaná napájecí voda), což je ovšem také spojeno s vyššími investičními a provozními náklady. Před rozhodnutím pro popř. proti kogeneraci je proto smysluplné provést pečlivou hospodářskou analýzu.

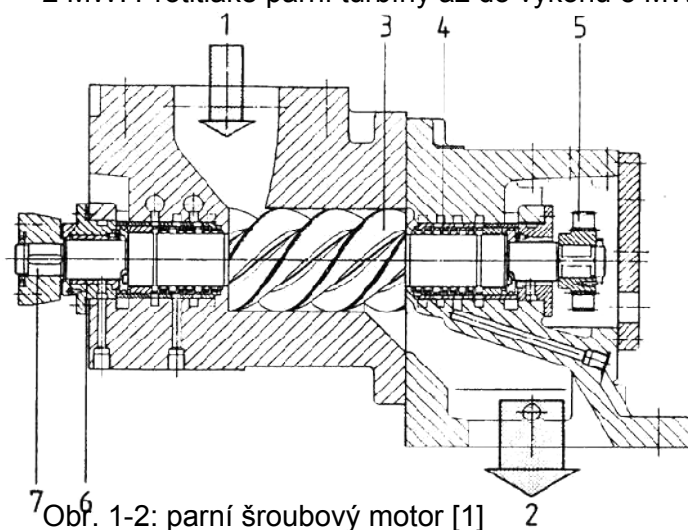


Obr. 11: Teplárna s parními turbínami a odběrovou kondenzační turbínou (zjednodušené schéma)

Poměr výroby elektřiny k tepelnému výkonu topenišť u parních tepláren vytápěných biomasou je určen hlavně parametry páry (stav čerstvé a odpadní páry) a pohybuje se u elektrických výkonů do 5 MW v rozsahu 10 % – 20 % (při výhradně protitlakém provozu). To odpovídá podílu 15 % – 30 % elektrického výkonu k tepelnému výkonu teplárny. Zařízení s většími výkony a tomu odpovídajícím nákladnějším zapojením vykazují vyšší hodnoty.

PARNÍ TURBÍNY: Parní turbíny jsou stroje pracující v proudu tekutiny. Pára pohání rotor osazený lopatkami. Turbína pak pohání generátor konající elektrickou práci. Parní turbíny jsou vhodné pro výrobu elektřiny v zařízeních se středním a vyšším výkonem od přibližně 2 MW. Protitlaké parní turbíny až do výkonu 5 MW jsou většinou konstruovány jako

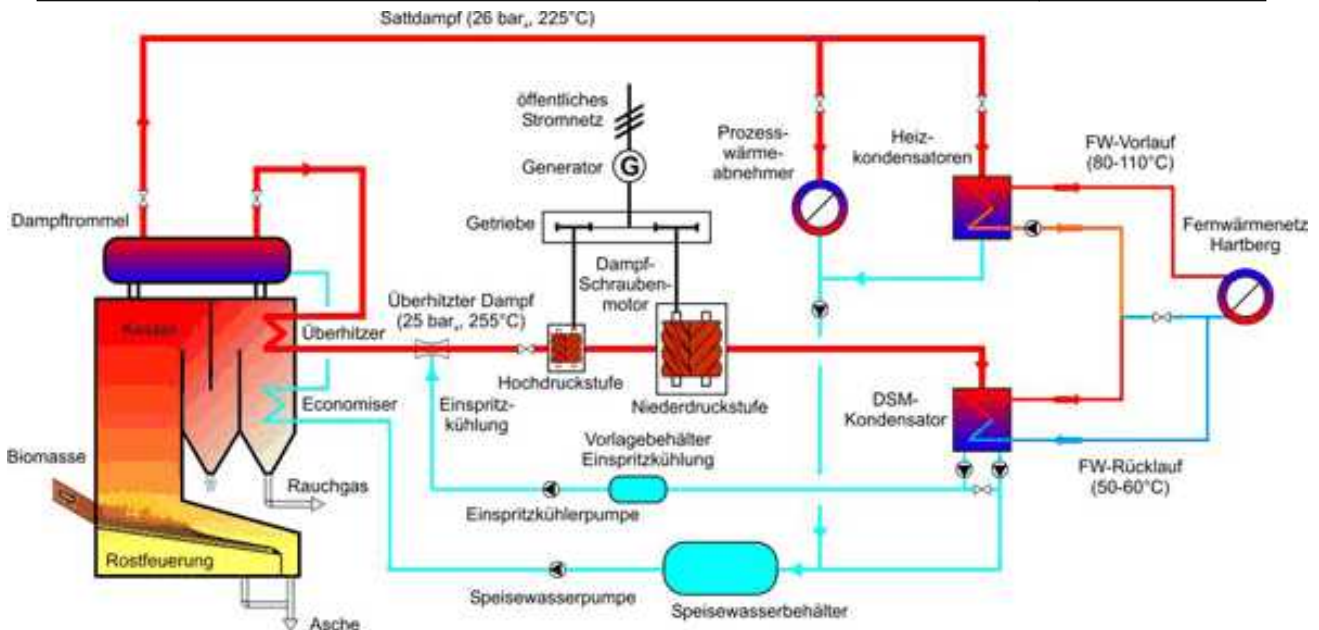
jednostupňové radiální nebo axiální turbíny.



Obř. 1-2: parní šroubový motor [1] 2

PARNÍ MOTORY: Oblast použití parních motorů je v praxi až doposud omezena na menší výkony (do přibližně 2 MW). V rozsahu těchto výkonů jsou parní motory často nákladově výhodnější než parní turbíny. Další výhodou je dobré chování parních motorů při částečném zatížení. Nevýhodou je zatížení odpadních par olejem a vyšší náklady na údržbu.

PARNÍ ŠROUBOVÉ MOTORY: Jde o opačně pracující šroubový kompresor. Tento motor má oproti parní turbíně a parnímu pístovému motoru tu výhodu, že může být poháněn nejen přehřátou párou, ale také nasycenou a vlhkou párou.



Obr. 12: Teplárna s dvoustupňovým šroubovým motorem [2]

Legenda obr. 1-4

Asche	popel	Niederdruckstufe	nízkotlaký stupeň
Biomasse	biomasa	Öffentliches Stromnetz	veřejná elektrická síť
Dampfschraubenmotor	parní šroubový motor	Prozesswärmeabnehmer	odběratel procesového tepla
Dampftrommel	parní buben	Rauchgas	spaliny
DSM-Kondensator	DSM kondenzátor	Rücklauf	zpětný tok
Economiser	ekonomizér	Sattdampf	nasycená pára
Einspritzkühlerpumpe	čerpadlo vstříkovacího chladiče	Speisewasserbehälter	nádrž napájecí vody
Einspritzkühlung	vstříkovací chlazení	Speisewasserpumpe	čerpadlo napájecí vody
Fernwärmenetz	dálková tepelná síť	Überhitzer	přehříváč
Generator	generátor	Überhitzt Dampf	přehřátá pára
Getriebe	pohon	Vorlauf	tok vpřed
Heizkondensatoren	topné kondenzátory	Vorlagebehälter	předlohová nádrž
Hochdruckstufe	vysokotlaký stupeň		

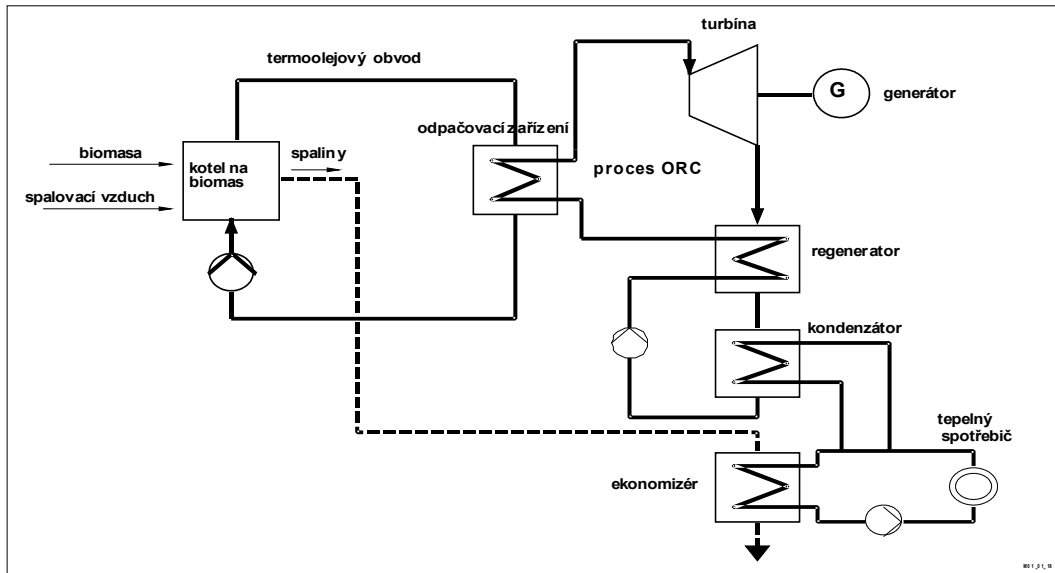
- Zařízení ORC

Proces ORC je založen na podobném postupu jako procesy v parní turbíně. Na místo vody se však používá organické pracovní médium. Tato pracovní média mají při nižších teplotách výhodnější odpařovací vlastnosti. Energie potřebná k odpaření pracovního média se od topeniště s biomasou obvykle předává přes oběh termooleje k odpařovací modulu ORC (obr. 1.5). Organický oběh pracovního prostředku je proveden jako dokonale uzavřený a skládá se z odpařovače, turbíny i s generátorem, regenerátoru (pro interní výměnu tepla), kondenzátoru a čerpadel pracovního prostředku.

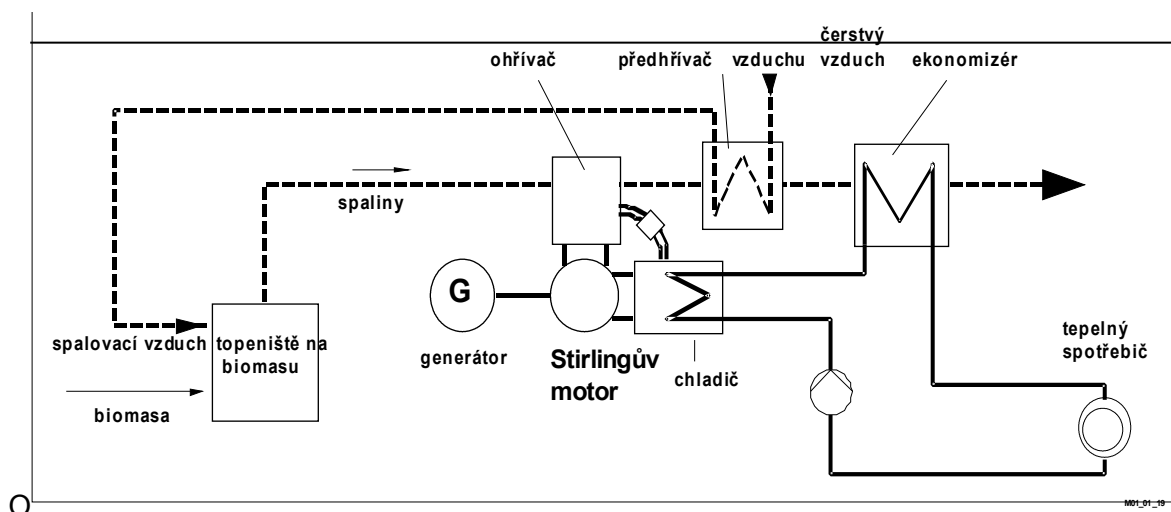
Oproti parním procesům má proces ORC tu výhodu, že kvůli termoolejovému kotli poháněném za atmosférických podmínek nespadá pod vyhlášku o parních kotlích, proto není nutná žádná kontrola (ušetření osobních nákladů). Proces ORC vykazuje také vynikající chování při částečném zatížení a dá se velmi dobře regulovat.

Kogenerační zařízení se Stirlingovým motorem

Systém se Stirlingovým motorem (obr. 1-6) se, pokud jde o koncepci jeho zařízení, principiálně liší od všech ostatních systémů. Příjem tepla probíhá přes ohřívač, který je umístěn v proudu spalin nebo přímo v topeništi. Přijaté teplo způsobuje spolu se současným chlazením motoru kolísání tlaku uzavřeného pracovního plynu, který může za pomoci toho vykonávat práci na jednom nebo vícero pístech hřídele. Z toho ovšem vyplývají vysoké požadavky



Obr. 12: Kogenerace s biomasou s použitím procesu ORC na konstrukci ohřívače (kvůli nebezpečí znečištění popř. vytvoření usazenin na povrchu potrubí). Stirlingův motor má velmi kompaktní konstrukci, která umožňuje jednoduchou přístavbu ke stávajícím teplárnám, které používají biomasu. V současné době se realizují modely spíše s menším elektrickým nominálním výkonem okolo 150 kW. Proto se dobře hodí pro částečné pokrytí vlastního proudu tepláren používajících biomasu. Stirlingův motor je nehlučný a umožňuje provoz s minimálními nároky na údržbu. Stirlingovy motory se v současnosti nacházejí na počátku demonstrační fáze. Účinnost zařízení pro čistou výrobu tepla z biomasy činí asi 85 %, u parních tepláren vytápěných biomasou zhruba 80 %. Rozdíl vyplývá převážně z dodatečných mechanických a elektrických ztrát na generátorovém soustrojí včetně generátoru.



2. Instalace, budova, potřeba místa

Při zřizování zařízení na bioenergii je třeba respektovat četné zákony, vyhlášky a technické zásady. Tyto mohou mít vliv také na prostorové uspořádání popř. potřebu místa. Při plánování instalace zařízení na bioenergii je třeba obzvláště zohledňovat aspekty jakými jsou dodávky a skladování paliv, likvidace popílku a odprášení spalin. Měla by být zajištěna jednoduchá vykládka paliva a plnění kotle palivem. V podstatě je třeba rozlišovat tři oblasti: **sklad paliva**, strojovnu **kotlové jednotky** a **vnější zařízení**/ příjezdové komunikace.

2.1. Sklad paliva

Sklad paliva obsahuje následující prvky:

sklad s provzdušňovacím a odvětrávacím zařízením
navážka do skladu (jeřáb, kolový nakladač, vysokozdvizný vozík, dopravní pásy, šnekové dopravníky atd.)

měrná zařízení pro palivo (např. měření hmotnosti a vlhkosti)

vynášecí zařízení skladu (jeřáb, posuvná podlaha, otočný nebo kyvadlový dopravník atd.)

kontrolní zařízení pro měření teploty paliva ve skladu

Vedle toho budou ve skladu paliv vybudovány (pokud to bude nezbytné) systémy pro úpravu paliva (např. sekáč u štěpky, rozrušovač balíků u stébelnin). U zařízení pro spalování štěpky budou pro uskladnění paliv zřízena nadzemní sila, skladovací haly nebo podzemní skladovací prostory.

Lokální tepelné systémy: potřeba místa pro předzásobení palivem				
	jednotka	zkratka	výpočet	částka
Výkon kotle	MW	BF		5
Počet dnů plného zatížení	-	D		14
Spotřeba energie paliva	MWh	B	$B=BF*24*D$	1.680
Výhřevnost paliva	MWh/t	H_u		3,80
Sypná hmotnost paliva	t/m ³	SD		0,25
Množství pro předzásobení	t	m	$m = B / H_u$	442
Množství pro předzásobení	m ³	V	$V = m / SD$	1.768
Výška skladu	m	H		3
Potřebná plocha	m ²	A	$A=V/H$	589

Obr. 2-4: Zjištění potřeby místa pro uskladnění paliva (příklad)

Potřeba místa pro sklad paliva je určena hlavně předpokládanou skladovací kapacitou. Kapacita skladu se řídí logistickou koncepcí a měla by zajišťovat zásobování palivem na minimálně 3 až 5 dní. Pro skladovou kapacitu odpovídající 14 dnům plného provozu vytápěcího zařízení vyplývají například skladovací objemy znázorněné na obrázku 2-1. U příkladů týkajících se určení potřeby místa pro skladování není zohledněna žádná plocha pro zavážecí a vyvážecí zařízení. Při přibližném ocenění nehraje u štěpky potřeba místa pro zavážecí a vyvážecí zařízení významnou roli.

Probíhá-li výroba štěpky na místě, je k hodnotám uvedeným na obrázku 2-1 třeba připočítat asi 100 m². Při stanovování plochy pro montáž skladu biomasy na určitém místě je třeba zohlednit následující aspekty:

Jednoduchá dodávka a uskladnění paliva

Nejkratší možná „cesta paliva“ ze skladu. Je třeba dbát také na to, že se palivo musí před uskladněním často zvážít. Někdy bývá potřebný také odběr zkušebních vzorků kvůli analýze paliva (mezi jiným kvůli určení vlhkosti).

2.2. Kotelna a strojovna

Důležité strojně-technické komponenty, které budou nainstalovány v kotelně a strojovně, obsahují:

zavážecí zařízení pro kotel (mechanický příkladač atd.)

kotel na biomasu s dmychadlem spalovacího vzduchu

zařízení pro odprášení spalin (cyklón, tkaninový popř. elektrický filtr), eventuelně dmychadlo umělého tahu

komín (vedle kotelny a strojovny)

systém pro vyvážení popílku

parní turbínu nebo motor s generátorem

tepelný zásobník, cirkulační čerpadla pro předávání tepla

špičkový kotel (topný olej nebo zemní plyn), včetně skladovací nádrže na olej popř. napájecí stanice na zemní plyn

zařízení pro úpravu vody

rozvodné zařízení/ řízení procesů se stanovištěm obsluhy

protipožární systém

Kvůli nákladům by měla dostat přednost instalace tkaninového filtru nebo elektrofiltru a tepelného zásobníku mimo budovu. Všechny ostatní komponenty je třeba umístit v budově, která je oddělena od skladovací haly, avšak pokud možno s ní sousedí. Velikost komínu je třeba určit případ od případu na základě zákonných úprav.

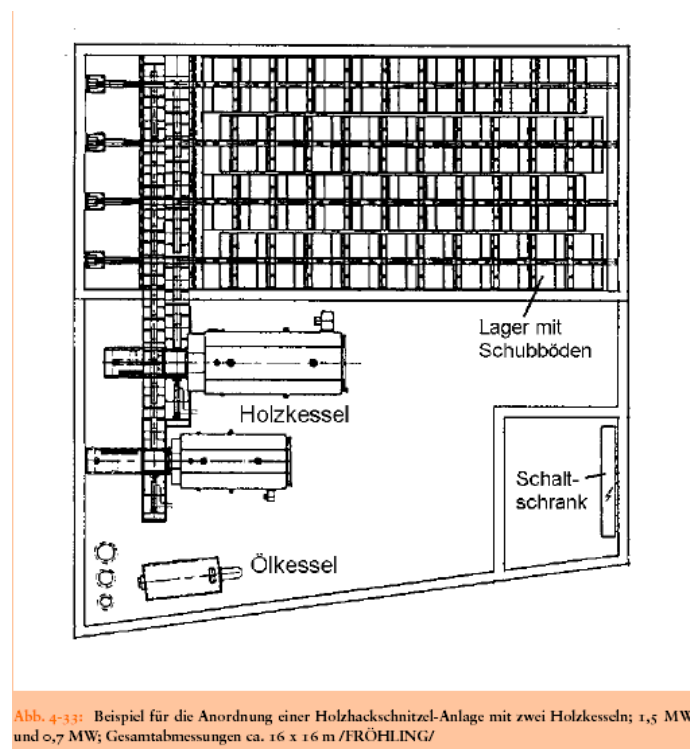
Potřebné rozměry kotelny a strojovny budou záviset na velikosti kotle na biomasu.

Obr. 2-2 ukazuje orientační hodnoty pro rozměry kotlů na dřevo a na slámu (bez odprašovací systémů). Spolu s odprašovacími zařízeními je potřeba počítat s přibližně s dvojnásobnou potřebou místa pro kotle na biomasu oproti kotlům vytápěným fosilními palivy.

	VÝKON	DĚLKA [M]	ŠÍŘKA [M]	VÝŠKA [M]
KOTEL NA DŘEVO	50	1,6	0,8	1,4
	100	1,8	1,3	1,5
	200	2,6	1,3	2,2
	500	3,3	1,5	3,1
	1.000	3,8	2,3	4,0
	2.000	4,1	2,5	4,0 – 5,0
	5.000	5,0	3,5	4,0 – 5,0
KOTEL NA SLÁMU	1.000	6,0	2,0	4,0
	3.000	8,0	2,6	4,5
	4.000	8,5	2,8	4,5
	6.000	10,0	3,5	4,5

Obr. 2-2: Rozměry kotle na biomasu (orientační hodnoty bez odprašení spalin) [3]

Na obr. 2-3 je znázorněn příklad uspořádání strojně-technologických komponent v kotelně a strojovně.



Obr. 2-3: Umístění zařízení na štěpku se dvěma kotli na dřevo (1,5 MW a 0,7 MW; celkové rozměry ca. 16 m x 16 m [3]

LEGENDA: obr 2-3

Lager mit Schubboden: sklad s posuvnou podlahou

Holzkessel: kotel na dřevo

Schaltschrank: spínací skříň

Ölkessel: olejový kotel

2.3. Vnější zařízení, dopravní komunikace

Vnější zařízení je třeba rozměřit a upravit tak, aby byly možné:

bezporuchové dodávky paliva

bezporuchový odvoz popela

smysluplná instalace součástí zařízení, která mají být venku (např. tepelný zásobník, filtry atd. ...)

Při výpočtu potřeby plochy pro vnější zařízení je třeba zohlednit také úřední předpisy týkající se požárních příjezdů, parkovišť atd.

2.4. Potřeba celkové plochy

Na obr. 2-4 jsou znázorněny orientační hodnoty pro celkovou potřebu plochy a místa pro tepelnárny na biomasu s různým tepleným výkonem (včetně špičkového kotle).

	JEDNOTKA	TEPELNÝ VÝKON / MW		
		3	4	6
SKLADOVACÍ HALA NA 5 DNÍ	m ³	450	600	900
- ZÁKLADNÍ PLOCHA VČETNĚ MANIPULACE	m ²	150	200	280
KOTELNA A VEDENÍ/PROVOZ	m ³	300 – 500	400 – 600	600 – 800
- ZÁKLADNÍ PLOCHA BEZ VEDENÍ	m ²	100	100	130
- VEDENÍ/PROVOZ	m ²	30 - 50	30 - 50	30 - 50

Obr. 2-4: Orientační hodnoty týkající se potřeby plochy a místa tepláren na biomasu [3]

2.5. Požární ochrana

Pro zařízení na biomasu platí podobně jako pro zařízení na fosilní paliva zvýšené nebezpečí požáru z topenišť a skladů paliv. Proto jsou na provozovatele kladeny zvláštní požárně-technické požadavky. Tyto požadavky jsou stanoveny v předpisech a směrnících a týkají se: zajištění možnosti úniku pro osoby nacházející se v prostorách kotelný požárně-bezpečnostního oddělení prostor topeniště od ostatních částí budovy preventivních opatření proti nebezpečí vzniku požáru a jeho šíření

Hořlavé látky se smějí v prostorách kotelný nacházet pouze v omezeném množství a musejí být zabezpečeny proti vznícení. Obzvláště musejí být zohledněna protipožární opatření týkající se zabránění rozšíření ohně z kotle do skladu. Tyto požadavky obsahují: ochranu proti zpětnému hoření (požární průchod při zavážce kotle) utěsnění proti opětovnému vznícení spalin a žáru ochranu před rozšířením ohně do skladu

Při použití lesní štěpky s běžnou vlhkostí až do 40 % je nebezpečí požárů spíše nižší. Přesto se musí při zavážce kotle počítat s ochranou před zpětným prohořením (vzduchotěsná bariéra). Ta se většinou skládá z teplotního čidla nezávislého na proudu, umístěného na šnekovém dopravníku mezi skladem paliva a kotlem, které při požáru spustí postřikovač ve šnekovém dopravníku.

3. Emise

3.1. Možnosti snižování emisí

Použití technologií pro snižování emisí je závislé na velikosti zařízení, používaném palivu a mezních emisních hodnotách, které je třeba dodržovat. Obr. 3-5 ukazuje typické emise surového plynu ze spalovacích zařízení na štěpku (před očištěním spalin). Z koncentrace částic je zřejmé, že při spalování biomasy se musí počítat s odprášením kouřových plynů. Další opatření pro snížení emisí nejsou nutná.

ŠKODLIVÁ LÁTKA	TYPICKÉ EMISE SUROVÉHO PLYNU [MG/NM ³]		MEZNÍ HODNOTY [MG/NM ³] PODLE TA VZDUCHU *)
	STŘEDNÍ HODNOTA	ROZMEZÍ	
SO ₂	170	50 – 350	2.000
NO _x JAKO NO ₂	250	100 – 400	400
ČÁSTICE	500	200 – 800	150

*) PRO VÝKON ZAŘÍZENÍ < 5MW

Obr. 3-5: Typické emise surového plynu ve spalovacích zařízení na štěpku [3].

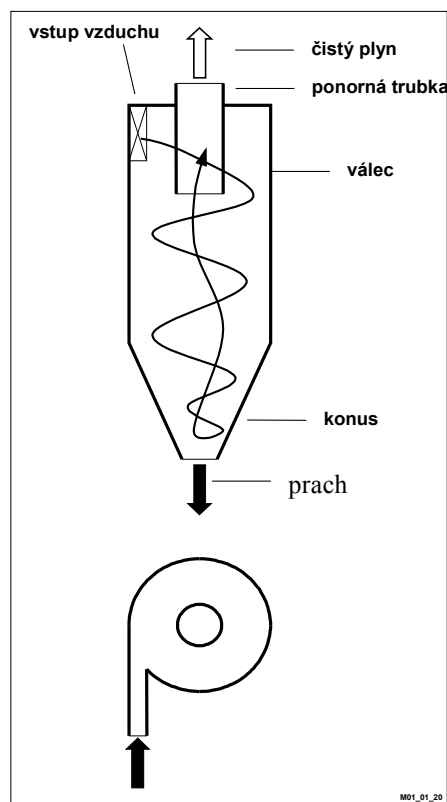
3.2. Odprášení

Náklady na odprášení spalin jsou závislé na druhu topeniště na hlavně na používaném druhu paliva.

3.2.1. Cyklon

V odlučovací komoře, která je v horní části cylindrická a v dolní části kónická, se plyn uvede do otáčivého pohybu. Na částice v něm obsažené působí velké odstředivé síly, které způsobují pohyb částic směrem ke vnější stěně, tam částičky klesají do pod ní ležící prachové odlučovací komory. Vyčištěný plyn se z cyklonu odsaje dýmovým ventilátorem přes ponornou trubku. Na obr. 3-2 je znázorněn způsob fungování a schématický vzhled cyklonu.

Předností cyklónového odlučovače je jednoduchá konstrukce, která umožňuje ekonomičtější odlučování hrubých částic. Multicyklony odlučují při akceptovatelných ztrátách tlaku efektivně pouze částičky větší než 10 µm, což má u topenišť na štěpku a kůru za následek obsah zbytkového prachu ve spalinách 120 až 400 mg/Nm³. Předepsané mezní hodnoty nemohou být většinou dodrženy, takže musí být zapojeno další čištění prachu. Po hrubém odloučení cyklonem se pro biomasu pro odloučení jemných částic běžně používá tkaninový filtr oder elektrofiltr.



Funktion eines Zyklonabscheiders

3.2.2. Tkaninové filtry

Při tomto procesu jsou prašné plyny vedeny přes porézní tkaninovou nebo plstěnou vrstvu. Jako filtrační materiály se používají tkaniny a látky z přírodních a umělých vláken, anorganické vláknité materiály jakými jsou skleněná, minerální a kovová vlákna, ale také filtry s kovovou fólií. Čištění filtru probíhá zpětným výplachem tlakovým vzduchem. Pokud jde o konstrukci, používají se v první řadě hadicové a sáčkové filtry. U hadicových filtrů má filtrační médium tvar cylindrické hadice, u sáčkových filtrů se filtrační materiál napne přes deskovitý rám. Typická teplota pro použití tkaninového filtru se pohybuje mezi 120 a 240°C. Aby bylo možné zabránit podkročení rosného bodu a ucpání filtru, je třeba dodržovat dolní teplotní hranici. Ale i při překročení horní teplotní hranice může dojít k poškození filtračního materiálu.

Tkaninový filtr je třeba účinně chránit před úletem jisker. Obecně se proto pro hrubé odloučení používá cyklon. Výhodou tkaninového filtru je vysoká účinnost odlučování nezávisle na objemu plynu. Dosahuje se koncentrací čistého plynu od 10 do 50 mg/Nm³. Dále existuje možnost odloučení kyselých částí spalin přidáním sorpčního prostředku.

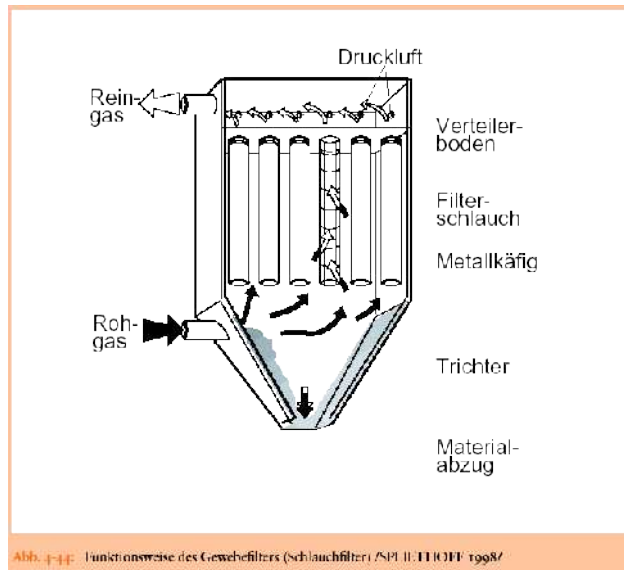


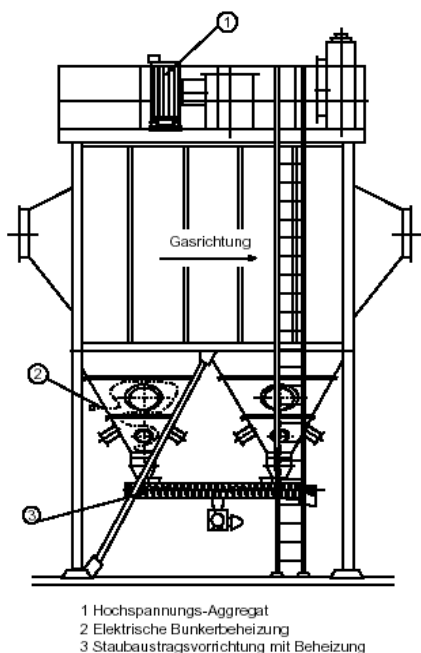
Abb. 3-3: Funktionsweise des Gewebefilters (Schlauchfilter) (SPU II, THOFF 1998)

Obr. 33: Způsob fungování tkaninového filtru (hadicový filtr).

LEGENDA obr. 3-3

Reingas:	čistý plyn,	Druckluft:	tlakový vzduch,
Rohgas:	surový plyn,	Verteilerboden:	dno rozvaděče,
Filterschlauch:	hadice filtru,	Metallkäfig:	kovová klec,
Trichter:	trychtýř,	Materialabzug:	odtah materiálu

3.2.3. Elektrofiltry



prachu působením elektrického pole. Elektricky lasky čistí.

ý filtr, který se skládá ze dvou modulů. Oproti ru nezbytně nutný hrubý odlučovač, ochranné í zařízení. Elektrofiltry disponují vysokou u relativně malých zařízení (< 1 MW) sice po, u elektrofiltrů jsou však nižší provozní náklady.

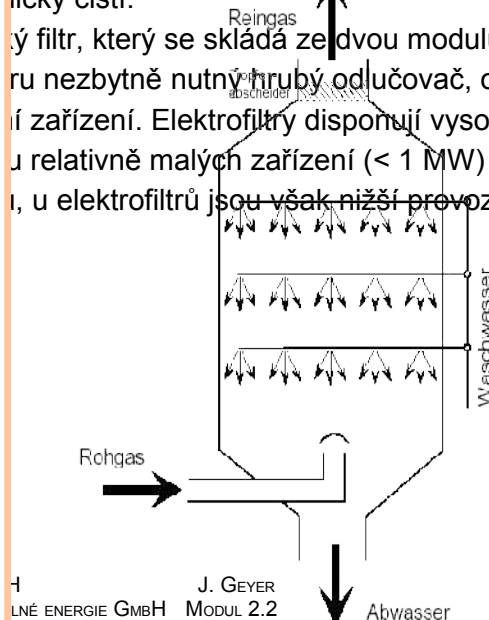


Abb. 4-47: Einfacher Rauchgaswäscher ohne Einbauten /IVD/

LEGENDA: Obr. 3-4

Obr. 3-6: Modulový elektrický filtr (2 moduly) [3],
spalin

Obr.: 3–2: Způsob fungování pračky

Roh-
gas:
surový

plyn, Abwasser: odpadní voda, Waschwasser: prací voda, Tropfenabscheider: odlučovač kapek, Reinggas: čistý plyn

LEGENDA: Obr. 3-5 Gasrichtung – směr plynu

1. Hochspannungs-Aggregat – vysokonapěťový agregát
2. elektrische Bunkerbeheizung – elektrické vytápění zásobníku
3. Staubaustragsvorrichtung mit Beheizung – zařízení pro vynášení popela s vytápěním

3.2.4. Pračka spalin

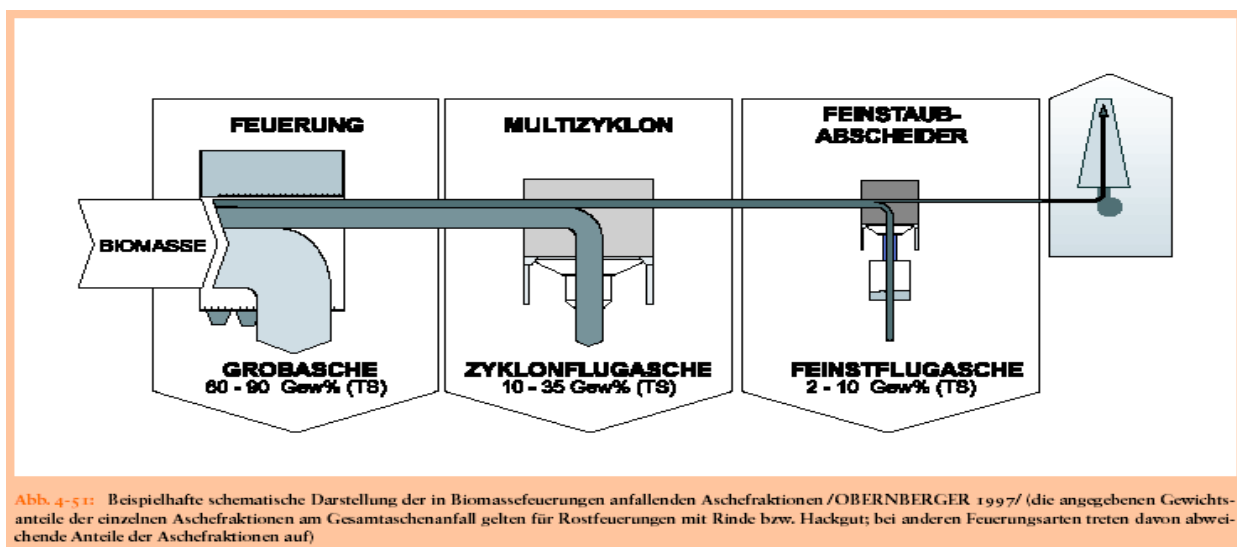
U pračky spalin se spaliny vedou pračkou, do které se v protiproudu vstříkuje jemně rozprášená voda. Přitom dochází k vázání částic prachu a jejich odvádění. Pokud jde o pračky, je na trhu k dispozici mnoho konstrukčních variant od jednoduché věžové pračky, přes vířivou pračku, rotační rozprašovač až po Venturiho pračku. Jednoduché věžové pračky vykazují jen malou účinnost odlučování částic. S rotačními rozprašovači a Venturiho pračkami je možné dosáhnout vysoké účinnosti odlučování okolo 95 %.

3.2.5. Kondenzace spalin

U vlhkých paliv se mohou zařízení pro kondenzaci spalin, která se používají pro regeneraci tepla, používat také pro odlučování částic. Spaliny se předběžně očistí v multicyklonu. Vodní pára se následně kondensuje za účelem předávání tepla. Zbylé částice prachu se odloučí s kondenzátem na povrchu předavače tepla. Tím může odpadnout další odlučování prachu elektrickými nebo tkaninovými filtry. Kondenzací spalin a následným přimícháním suchého vzduchu nebo opětovným ohřevem spalin je do značné míry možné zabránit vzniku vlečky kondenzující vodní páry nad komínem (eliminace „kouře“).

4. Složení a využití popela

Při větším využívání biogenních nosičů tepla nabývá na důležitosti otázka smysluplného a ekologicky přijatelného využití vzniklého popela. V současnosti se popel vznikající v topeništích na biomasu ukládá nebo se (většinou) nekontrolovatelně používá na zemědělské půdě nebo v lese. Popel vznikající v topeništích na biomasu se běžně skládá ze tří různých frakcí (obr. 4-1):



Obr. 4-1 Frakce popela vznikající při vytápění biomasou (příklad pro roštové topeniště na kůru nebo řezanku).

LEGENDA obr. 4-1: Feuerung: vytápění Multizyklon: multicyklón
Feinstaubabscheider: odlučovač jemného prachu
Zyklonflugasche: cyklónový popílek

Biomasse: biomasa
Feinstflugasche: velmi jemný popílek
Grobasche: hrubý popílek

PODÍL JEDNOTLIVÝCH FRAKCIÍ POPELA V CELKOVÉ PLOŠE HMOT. % V SUŠINĚ				
FRAKCE POPELA	KÚROVÉ TOPENIŠTĚ ¹⁾	TOPENIŠTĚ NA ŠTĚPKU ¹⁾	TOPENIŠTĚ NA PILINY ²⁾	TOPENIŠTĚ NA SLÁMU A GP ³⁾
HRUBÝ POPEL	65 – 85	60 – 90	20 – 30	80 – 90
CYKLONOVÝ POPÍLEK	10 – 25	10 – 30	50 – 70	2 – 5
VELMI JEMNÝ POPÍLEK	2 – 10	2 – 10	10 – 20	5 – 15

¹⁾ U ROŠTOVÝCH TOPENIŠTĚ POPŘ. TOPENIŠTĚ SE SPODNÍM PŘÍVODEM PALIVA
²⁾ U TOPENIŠTĚ SE SPODNÍM PŘÍVODEM PALIVA
³⁾ U CIGÁROVÉHO HOŘÁKU

Obr. 4-7: Podíly jednotlivých frakcí popela [3]

HRUBÝ NEBO ROŠTOVÝ POPEL: Tato frakce popela vzniká ve spalovací části vytápěcího zařízení.

CYKLONOVÝ POPÍLEK: Jde o jemné částice odnášené spalinami. Ze spalin vypadávají v oblasti vratné komory a předavače tepla a zejména pak v odstředivých odlučovačích (cyclonech) připojených ke kotli.

VELMI JEMNÝ POPÍLEK: Tak se označuje frakce popílku shromažďovaná v elektrických nebo tkaninových filtrech popř. kondenzační usazeniny v zařízeních pro kondenzaci spalin.

4.1. Fyzikální charakteristika a chemické složení

PALIVO	FRAKCE POPELA	STŘEDNÍ HUSTOTA ČÁSTIC [KG/M ³]	SYPNÁ HUSTOTA (STŘENÍ HODNOTA) [KG/M ³]
KÚRA ¹⁾	HRUBÝ POPEL	2.600 – 3.000	950

ŠTĚPKA ^{*)}	CYKLONOVÝ POPILEK	2.400 – 2.700	650
	VELMI JEMNÝ POPILEK	2.300 – 2.600	350
	HRUBÝ POPEL	2.600 – 3.000	950
	CYKLONOVÝ POPILEK	2.400 – 2.700	500
PILINY ^{**)}	HRUBÝ POPEL	2.600 – 3.000	650
	CYKLONOVÝ POPILEK	2.400 – 2.700	300
	VELMI JEMNÝ POPILEK	2.300 – 2.600	-
SLÁMA A STĚBELNINY (VE FORMĚ CELÝCH ROSTLIN ^{***)})	HRUBÝ POPEL	-	300
	CYKLONOVÝ POPILEK	CA. 2.200	150
	VELMI JEMNÝ POPILEK	CA. 2.200	
*) PRO ROŠTOVÁ TOPENIŠTĚ A TOPENIŠTĚ SE SPODNÍM PŘÍVODEM PALIVA **) PRO TOPENIŠTĚ SE SPODNÍM PŘÍVODEM PALIVA ***) PRO CIGÁROVÝ HOŘÁK			

Obr. 4-8: Střední hustota částic a sypaná hustota popela z biomasy [3]

4.1.1. Obsah živin

Obsah živin v popelu ze spalování biomasy je velmi významný, takže jeho použití jako hnojivo má opravdu smysl. Jedinou chybějící živinou je dusík. Ten při spalování téměř úplně uniká s kouřovým plynem.

4.1.2. Obsah těžkých kovů

Obsah většiny těžkých kovů většinou značně stoupá směrem od hrubého popela až k velmi jemnému popílku (např. As, Cd, Pb, Zn, Hg). Z toho vyplývá, že velmi jemný popílek musí být kvůli vysokému obsahu těžkých kovů deponován popř. průmyslově využit. Dvě zbylé frakce popela (většinou více než 90 % celkově vzniklého popela) mohou být oproti tomu jako směs z hrubého a cyklonového popílku použity na lesní popř. zemědělskou půdu.

4.2. Využití popela

Aby vzniklo fungující recyklační hospodaření s rostlinným popelem je třeba dbát na následující důležité body:

výhradní použití chemicky neošetřené biomasy

periodické provádění analýz užitkovatelných částí popela se zřetelem na obsah živin a těžkých kovů

kontrolu vhodnosti půd pro použití rostlinného popela za pomoci opakujících se analýz půdy stanovení analyzovaných parametrů, mezních hodnot škodlivých látek a vhodných metod analýzy

regulaci dopravy pro vyvezení popela

povinnost provozovatele vést záznamy

zpětný odvoz popela na plochy, ze kterých biomasa pochází

Před použitím popela pocházejícího z topenišť na biomasu má být tento ze zásady prozkoumán, pokud jde o obsah živin a těžkých kovů. Podobné analýzy je třeba opakovat v periodických intervalech. Na základě výsledků analýz může být posouzeno, zda posuzovaný popel dodržuje mezní hodnoty a jaké ekologické využití popela je jeví jako smysluplné. Odpoví-

dající mezní hodnoty a zkoumané parametry jsou v Rakousku regulovány dvěma směrnici [8], [9].

5. Elektrotechnika, měřicí, řídicí a regulační technika a řízení procesů

5.1. Elektrotechnika

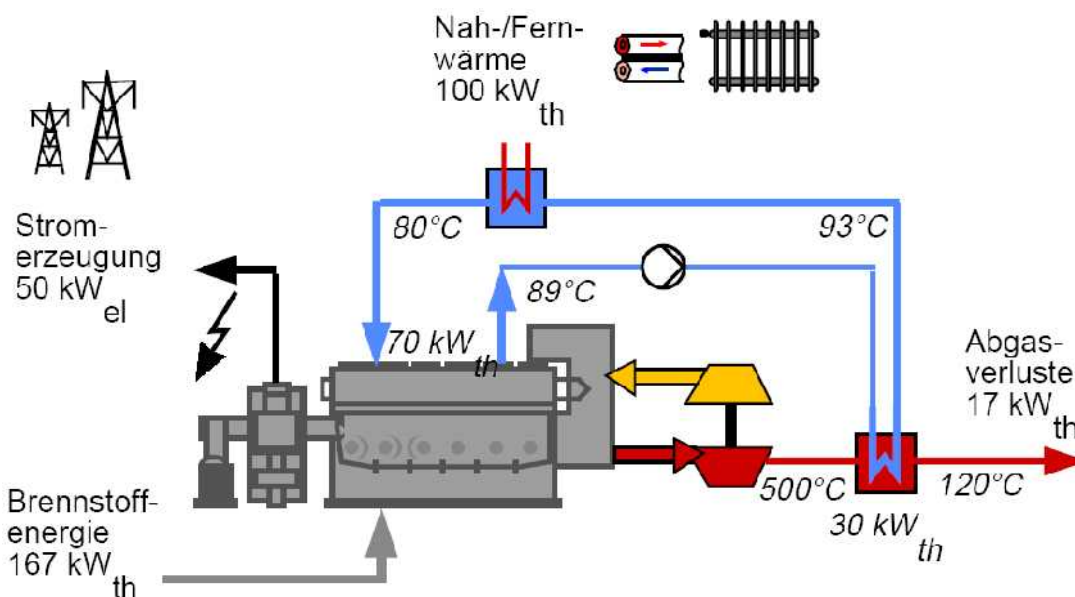
Součástí výtopny na biomasu je elektrotechnické vybavení pro zásobování elektrických spotřebičů a u teplárny i pro dodávání vyrobené elektřiny energie do veřejné sítě nebo do pracovní sítě provozovatele.

5.1.1. Elektrické spotřebiče

Zásobování elektrických spotřebičů (čerpadel, ventilátorů atd.) obvykle probíhá přes 230V/400V rozvodnu nízkého napětí. Pro zásobování řídicích zařízení je třeba s pomocí odpovídajících transformátorů a usměrňovačů nainstalovat 24V stejnosměrné napájení. U větších zařízení s vysokými požadavky na dostupnost je třeba předem počítat s nepřerušovaným zásobováním elektrickým proudem prostřednictvím akumulátorových baterií. Za další je třeba dbát na ochranu před bleskem a na uzemnění. V každém případě je bezpodmínečně nutné respektovat právní situaci v příslušné zemi, v Rakousku je to s ohledem na elektrotechnické vybavení obzvláště vyhláška o elektrotechnice [7].

5.1.2. Napájení sítě

Pro dodávání vyrobené elektřiny do sítě je u menších výkonů možné počítat s rozvodnou nízkého napětí (např. na 0,4 kV nebo 1 kV). Od elektrického výkonu kolem 1 MW by však mělo dodávání probíhat na úrovni středního napětí (3, 6, 10 nebo 20 kilovoltů). Podle jmenovitého napětí generátoru (u výkonů do 5 MW obvykle 6 kV) je k tomu zapotřebí transformátor.



Obr. 5-9: Příklad zařízení s menším výkonem [6]

LEGENDA: Stromerzeugung: výroba elektřiny

Nah-/Fernwärme: lokální a dálkové teplo Abgasverluste: ztráta tepla spaliny Brennstoffenergie: energie paliva

5.2. Měřicí, řídicí a regulační technika

Ovládání představuje otevřený řetězec působnosti, to znamená, že neprobíhá kontrola dosaženého ovlivnění procesu. U regulace se oproti ovládání jedná o uzavřený okruh působnosti. Požadované a skutečné hodnoty se porovnávají v regulačním oběhu; výstup regulátoru působí na proces tak, že se zmenšuje odchylka mezi požadovanými a skutečnými hodnotami. Všechny funkce jsou často integrovány v programovatelném ovladači s pamětí. K tomu je zapotřebí vstupních a výstupních sestav ovládání, převodníků a regulačních členů jako rozhraní mezi procesovými a technickými komponentami. Blokovací mechanismy slouží k tomu, aby uvedly zařízení v případě reakce ochranných zařízení (nadměrná teplota, tlak atd.) do bezpečného stavu. Při výpadku agregátu nebo části zařízení nesmí dojít k tomu, aby bylo nutné nasazení personálu. Je třeba minimalizovat působení poruch částí zařízení na zařízení jako celek [3].

5.2.1. Regule výkonu

Automaticky zavážená topeniště mohou být zpravidla použita i při částečném zatížení a musí zde proto být k dispozici regulace výkonu. Spalování se často optimalizuje dodatečně podle parametrů spalin, tzn. podle stavu spalin (regulace spalování řízená spalinami). Regulace umožňuje automatický provoz s několika pevně stanovenými výkonnostními stupni, nebo téměř spojitou změnu výkonu. Na základě informace o momentálním výkonu kotle se jak přívod paliva, tak také přívod spalovacího vzduchu mění o několik procent nominálního tepelného výkonu, nebo se mění plynule. Jako regulační veličina slouží většinou rozdíl mezi skutečnou a požadovanou hodnotou teploty kotle.

Většina automatických topenišť na dřevo dnes disponuje regulací výkonu, která dovoluje kontinuální provoz v oblasti 100 % (plné zatížení) a 50 % (částečné zatížení) nominálního výkonu. U malých zařízení, která většinou nejsou projektována pro vysoký obsah vody v palivu, je rozmezí výkonů od 30 % do 100 % často dokonce ještě větší. Takovou regulací výkonu je možné zlepšit roční koeficient využití, protože ztráty vinou stavů, kdy je zařízení udržováno horké, ale teplo z něj neodebíráme, budou v důsledku delší provozní doby topeniště menší. Pod úroveň nejmenšího tepelného výkonu, který může topeniště v kontinuálním provozu podat, pracují zařízení v přerušovaném provozu. Pro plně automatický provoz musí existovat možnost, aby bylo topeniště v případě potřeby spuštěno z odpojeného stavu. Toho se dosahuje automatickým zapalovacím zařízením, např. prostřednictvím horkovzdušného ventilátoru nebo udržováním žhavého lože (udržování žáru periodickým přísunem paliva). Přerušovaný provoz má zpravidla za následek vyšší emise než kontinuální trvalý provoz, zatímco provoz s udržováním žáru zvyšuje ztráty z prostojů [5].

5.2.2. Regule spalování

Regule spalování představuje dodatečnou regulační funkci, po regulování výkonu. Má zajistit vysokou kvalitu vyhoření a vysoký stupeň účinnosti [5].

Předpokladem pro spalování s nízkou úrovní škodlivin je optimální poměr mezi množstvím paliva a spalovacím vzduchem. Příliš velký přebytek vzduchu tak na základě snížené teploty spalování vede k nárůstu emisí škodlivých látek, zatímco příliš malý přebytek vzduchu způsobuje nárůst škodlivých látek v důsledku lokálního nedostatku kyslíku. Proto je obzvláště

v případě kolísajícího složení paliva nutné použít pro optimalizaci spalování vhodnou regulaci.

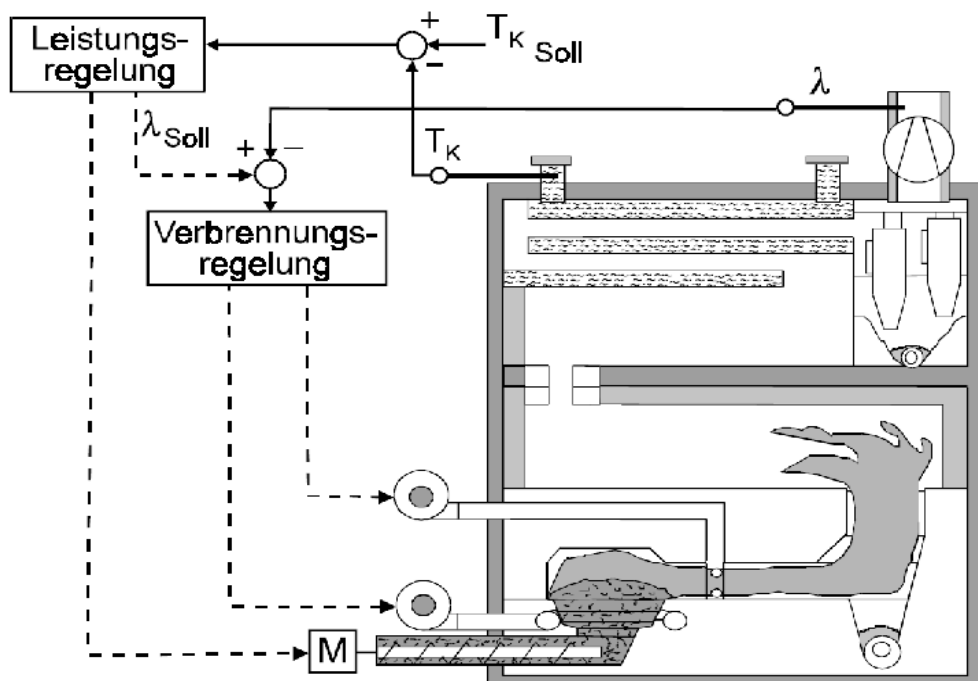
Regulace lambda za pomoci O_2 popř. lambda sondy s řízením přísunu paliva

Měření teploty spalování (za pomoci termoelektrických článků nebo infračervených kamer) a řízení přísunu paliva

CO/lambda regulace (měření oxidu uhelnatého infračerveně nebo prostřednictvím senzorů, založené na katalytických efektech) s nastavením sekundárního vzduchu: Tento postup je oproti regulaci lambda výhodný, jestliže existují velké odchylky týkající se vlastností paliv (vlhkost, složení, sytná hustota) nebo výkonů. Koriguje regulaci lambda zapojením naměřené hodnoty CO.

5.2.3. Kombinovaná regulace výkonu a spalování

Aby bylo možné zajistit bezpečný provoz topeniště, mělo by mezi regulací výkonu a spalování existovat jasné rozdělení úloh. Souhra obou regulačních obvodů přitom probíhá jako kaskáda, ve které regulace výkonu jako nadřazený a pomalejší regulační obvod ovlivňuje výkon a současně dodává hodnoty regulaci spalování jako vnitřnímu rychlejšímu regulačnímu obvodu. Regulace výkonu zadává buď množství vzduchu nebo paliva a předá požadovanou hodnotu podřízené regulaci spalování, která převezme jemnou regulaci množství paliva a vzduchu [5].



Obr. 5-10: Kombinovaná regulace výkonu a spalování [5]

LEGENDA obr. 5-2

Leistungsregelung: regulace výkonu

Verbrennungsregelung: regulace spalování

5.2.4 Regulace spalin

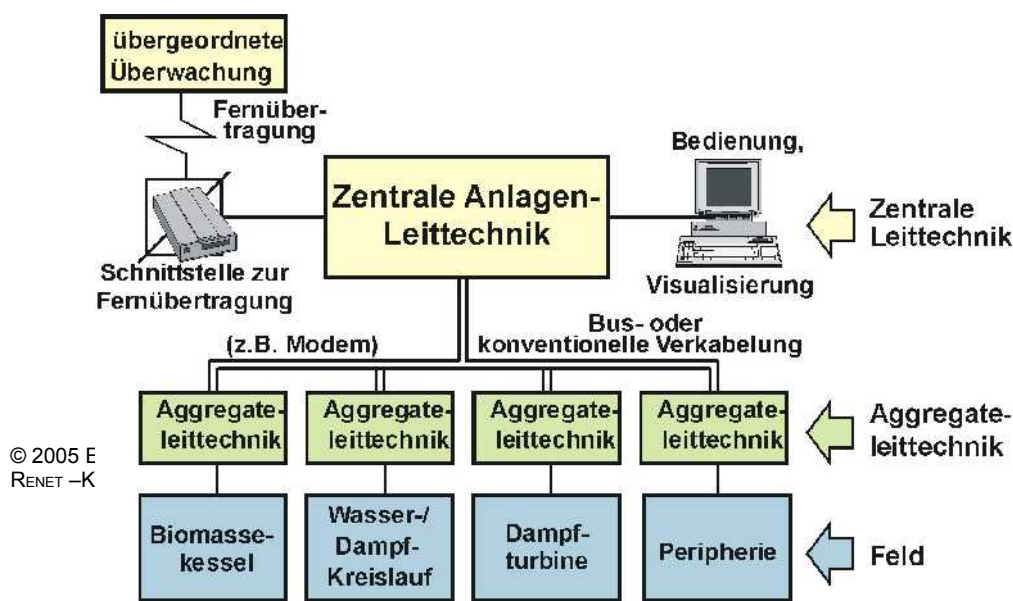
Za účelem regulování spalin probíhá měření podtlaku v ohništi. Počet otáček kouřového ventilátoru se reguluje např. přes frekvenční měnič. U malých kotlů (<100 kW) je rozsah výše uvedených regulačních obvodů částečně menší, popřípadě jsou tyto jednodušeji provedeny (např. žádné regulování podtlaku, žádné modulující, ale stupňovité regulování výkonu). Pro zajištění spalování s nízkou úrovní škodlivin by se však mělo počítat alespoň s lambda regulací. Kotle s větším výkonem (od asi 5 MW) disponují podle provedení dalšími regulačními obvody (jakými jsou regulování teploty čerstvé páry, regulování recirkulačního množství spalin) a dodatečným ovládním (pro ofukování, odkalování atd.) [3].

5.3. Řízení procesů

Řízení procesů se svými prvky slouží cílenému působení na průběh procesů. Rozhraní pro kontrolu a obsluhu zařízení je možné realizovat podle komplexnosti a požadavků zákazníka za pomoci spínačů, světelných hlásičů, řádkových displejů LCD nebo dynamizovanými obrazovkami. V zájmu bezpečnosti provozu je výhodné tato technická zařízení modulárně strukturovat a rozdělit úlohy na centrální řízení procesů s rozhraním pro přenos dat cizím stanovištěm obsluhy (opce), agregátovou techniku pro konvenční zařízení a agregátovou techniku pro kotel na biomasu. Výhodou této modulární koncepce je, že defekt jednoho agregátu nemůže vést k výpadku celého zařízení. Manuální popř. částečně automatický provoz zařízení je možný i při výpadku jednotlivých agregátů. V případě zařízení, která mají být provozována bez stálého dohledu, je kvůli vyšší spolehlivosti přístrojů a nezávislosti regulačních a omezovacích zařízení třeba plánovat technické vybavení v souladu s požadavky „technické směrnice pára“. Podle provedení jednotlivých opatření je možné dosáhnout inspekčního intervalu 24 popř. 72 hodin, takže pro ostatní provoz může být zaměstnán topič, který bude pracovat na jednu směnu [3].

5.3.1. Centrální řízení procesů

Toto slouží vyšší evidenci a zpracování žádanek a poruch. K tomu se většinou používá ovládní programovatelné z paměti (SPS), které spouští volbu a změnu volby agregátů s požadovaným úkolovým normativem. Cílem je zajištění bezporuchového a dalekosáhle automatického provozu zařízení. K tomu patří také nadřazená obsluha a pozorování celého zařízení s archivací dat a vyhodnocením. Pro výměnu dat v rámci zařízení je třeba nadefinovat rozhraní, která by měla být pro všechny pracovní úseky co nejprůchodnější.



Obr. 5-1: Příklad konfigurace řízení procesů [3]

LEGENDA obr. 5-1:

Übergeordnete Fernüberwachung: nadřazená dálková kontrola Fernübertragung: dálkový přenos

Schnittstelle zur Fernübertragung: rozhraní pro dálkový přenos Bedienung: obsluha

Zentrale Anlagen- Leittechnik: centrální řízení procesů zařízení Zentrale Leittechnik: centrální řízení procesů

Visualisierung: vizualizace

Bus- oder konventionelle Verkabelung: sběrnice nebo konvenční kabeláž

Aggregate- Leittechnik: řízení procesů agregátů Biomassekessel: kotel na biomasu

Wasser-/Dampfkreislauf: okruh voda/pára Dampfturbine: parní turbína

Peripherie: periférie Feld: pole

U menších zařízení nebo nízkých požadavcích na objemy dat, které je třeba přenášet (skupinové hlášení poruchy, důležité naměřené hodnoty, zadání požadovaných hodnot), se často dosud počítá s konvenčním přenosem dat (bezpotenciálové kontakty, 4 - 20mA signály). Pokud se provádí nadřazené vyhodnocování, protokolování a archivace v centrálním řízení, vyplývá z toho také větší objem dat (jednotlivé poplašné signály atd.), který by při konvenčním zapojení vedl k vysokým nákladům. Z tohoto důvodu je v tomto případě třeba doporučit sériový přenos (sběrnice spojní). Aby bylo možné vyloučit rušivé elektromagnetické vlivy, může být jako fyzikální médium použit optický vlnovod. U zařízení, která nejsou trvale obsazena, je výhodné přemístit alespoň hlášení o poruchách od samostatně pracujícího zařízení na biomasu za pomoci přenosu dat na průběžně pracující stanoviště obsluhy. Telefonickou cestou mohou být podrobná hlášení o poruchách předávána zaměstnancům (ohlášení stručné informace), kteří například obsluhují několik zařízení současně [3].

5.3.2 Řízení procesů agregátů pro konvenční části zařízení

K tomu účelu se používají mnohonásobně osvědčená standardní řešení. Přitom jsou technická zařízení potřebná pro soběstačný provoz jednotlivých agregátů (konvenční kotel, parní turbína, síťová cirkulační čerpadla atd.) sdružena v příslušné komponentové technice, kterou většinou dodává výrobce agregátu.

5.3.3 Řízení procesů agregátů kotle na biomasu

Komponentová technika kotle obsahuje především všechny běžné bezpečnostně-technické regulační a ovládací funkce. U zařízení, která podléhají vyhlášce o parních kotlích, je navíc třeba respektovat „technickou směrnici pára“. Mimoto je pro optimální provoz kotle na biomasu potřebná regulace výkonu, regulace optimalizace spalování a regulace spalin.

6. Odkazy na literaturu

- [1] Obernberger, 2000: Thermische Nutzung fester biogener Brennstoffe, VDI Schriftenreihe „Regenerative Energien in Ungarn und Deutschland“ VDI-Verlag GmbH
- [2] BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH (www.bios-bioenergy.at)
- [3] Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.) 2000: Leitfaden Bioenergie
- [4] Obernberger, 1997: Aschen aus Biomassefeuerungen – Zusammensetzung und Verwertung, VDI Bericht „Thermische Biomassenutzung – Technik und Realisierung“ VDI-Verlag GmbH
- [5] Hartmann (Hrsg.), 2003: HANDBUCH BIOENERGIE-KLEINANLAGEN, tangram documents, Bentwisch
- [6] Dötsch, C., J. Taschenberger, I. Schönberg, 1998: Leitfaden Nahwärme, Fraunhofer IRB Verlag
- [7] BGBl. 222/2002: 222. Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Sicherheit, Normalisierung und Typisierung elektrischer Betriebsmittel und Anlagen sowie sonstiger Anlagen im Gefährdungs- und Störungsbereich elektrischer Anlagen (Elektrotechnikverordnung 2002 - ETV 2002)
- [8] BML, 1997: Der sachgerechte Einsatz von Pflanzenasche im Wald, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft – Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz
- [9] BML, 1998: Der sachgerechte Einsatz von Pflanzenasche im Acker- und Grünland, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft – Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz