J I H O Č E S K Á U N I V E R Z I T A
Z e m ě d ě l s k á f a k u l t a
Č e s k é B u d ě j o v i c e

Možnosti, metody a technologické postupy při kompostování biomasy

Vypracoval: Michal Kopačka

Vedoucí bakalářské práce:
Doc. Ing. Alois Peterka, CSc.

Č e s k é B u d ě j o v i c e

2009

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Doc. Ing. Aloisovi Peterkovi, CSc. za cenné rady, odborné vedení a připomínky při zpracování této bakalářské práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma: ,, Možnosti, metody a technologické postupy při kompostování biomasy“ jsem vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a měření. Použitou literaturu uvádím v Seznamu použité literatury.

_____ _____

V Českých Budějovicích Podpis

Obsah

1. Úvod 6
1.1. Člověk a biomasa v 21.století. 6
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED 7
2.1. Proč kompostovat? 7
2.2 Tvorba a význam humusu 7
2.3. Hnití a tlení 8
2.3.1. Hnití 8
2.3.2. Tlení 8
2.4. Výhody kompostování 9
2.5. Nevýhody kompostování 9
2.6. Fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti kompostovaných surovin 10
2.6.1. Teplota 10
2.6.2. Vlhkost 11
2.6.3. Hodnota pH 11
2.6.4. Obsah kyslíku 12
2.6.5. Obsah živin a poměr C:N 12
2.6.6. Mikrobiální aktivita 14
2.6.6. Pórovitost, zrnitost a velikost částic 15
2.7. Receptura zakládky 15
2.7.1. Výpočet poměru C:N 16
2.8. Speciální komposty 17
2.8.1. Kompost z listí 17
2.8.2. Kompost z trávy 17
2.8.3. Kompost z drnů 17
2.8.4. Kompost z chlévské mrvy 17
2.8.5. Kompost z větví, kůry a pilin 18
2.8.6. Kompost z výlisků ovoce a révy vinné 18
2.8.7. Kompost ze sena 18
2.9. Choroby, škůdci a plevele v kompostech 19
2.9.1. Viry škodící rostlinám 19
2.9.2. Bakteriální choroby 20
2.9.3. Živočišní škůdci 20
2.10. Teploty při mikrobiologických procesech tlení 20
2.11. Kontrola kompostovacího procesu 20
2.11.1. Pravidelné měření teplot kompostu, metodika měření teplot 20
2.11.2. Metodika měření teploty kompostu 21
2.11.3.Hodnocení vlhkosti kompostu 22
2.11.4. Metody určování vlhkosti 23
2.11.5. Test fytotoxicity (řeřichový test) 24
2.11.6. Mikrobiologické hodnocení kompostu 25
2.11.7. Chemické hodnocení kompostu 26
2.12. Strojní linky pro kompostování 26
2.12.1. Linky pro výrobu hrubého kompostu 27
2.12.2. Linky pro výrobu jemného kompostu 28
2.12.3. Kombinované kompostovací linky 28
2.14. Obecné schéma kompostovací stanice 31
3. Cíl práce 32

4. Metodika 33
4.1. Vážení surovin 33
4.1.1. Kalkulace množství biomasy 33
4.1.2. Vstupní náklady na suroviny 35
4.2. Dezintegrace 35
4.3. Surovinová skladba a vážení 37
4.3.1 Složky kompostu 37
4.3.2. Optimalizace poměru C:N 38
4.3.4. Vápno v kompostu 42
4.3.5. Vypočítání objemu kompostu pomocí jeho složek 43
5. Použité mechanizační prostředky 44
5.1. Váha pro osobní a nákladní auta 45
5.2. Drtič dřevního odpadu 45
5.3. Překopávač kompostu 47
5.4. Finanční náročnost pro majitele kompostovací stanice. 47
5.5. Základní rozdělení majetku kompostovací stanice 47
6. Ekonomické zhodnocení 48
6.1. Náklady na pořízení nebo pronájem plochy pro kompostování 48
6.2. Pořizovací náklady strojů v kompostovací lince (ve formě odpisů) 48
6.3. Vstupní náklady na suroviny 49
6.4. Náklady na dopravu surovin 49
6.5. Náklady na obohacování mikroorganismy 50
6.6. Celková kalkulace nákladů 50
7. Diskuse 52
7.1. Hodnocení konkurenceschopnosti a udržitelnosti kompostovací stanice. 52
8. Závěr 53
9. Seznam použité literatury 54
10. Seznam tabulek 55
11. Seznam grafů 56
12. Seznam obrázků 57

1. Úvod

1.1. Člověk a biomasa v 21.století

Všechny občany České republiky a obyvatele města Českých Budějovic nevyjímaje obtěžuje při některých dnech zápach pálící se biomasy. Lidé ve městech i na vesnicích jsou obtěžováváni zápachem hořícího sena a suchého listí. Nelze se účinným způsobem bránit vůči bezohledným sousedům. A lidé nemají dnes mnoho možností, jak by mohli tyto suroviny, které neodmyslitelně patří k zeleni v našem okolí, zpracovat.

Jednou z dříve hojně používaných alternativ pro zpracování biomasy je samotné pálení této hmoty. Tento způsob byl v posledních letech utlumen a přechází se na modernější technologie. Jedním z nejšetrnějších a zároveň podle mého názoru nejohleduplnějších způsobů řešení této nastalé situace je kompostování. Pálení listí není závažným trestným přestupkem, protože Vyhláška zakazuje zakládat ohně, ovšem pouze na veřejném prostranství, kterým není oplocený soukromý pozemek.

Projekt, který je rozebírán v této práci, má za cíl zpracovat šetrně biomasu sklizenou z pozemků města a zároveň jít příkladem a být poučením lidem, kteří tomuto technologickému postupu nevěří. Může poskytnout široké veřejnosti data, která budou motivovat k zakládání nových kompostů a v neposlední řadě poskytovat své výrobní kapacity malým zahrádkářům, kteří by vlastními silami tento proces nezvládali, nebo by je to nadměrným způsobem finančně zatěžovalo. Nepřehlédnutelným sociálním efektem, ve městech s kompostovací stanicí, je vyšší kvalita života občanů.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Proč kompostovat?

Je známo, že velké množství organických zbytků se často nerozvážně ničí, ačkoliv by mohlo jako kompost podporovat úrodnost půdy v našich zahradách. Omezený prostor na skládkách je přeplněn látkami, které tam mnohdy nepatří .

Půda není mrtvou horninou, nýbrž živým systémem minerálních látek a humusu. Humus je částí organické hmoty v půdě a jedním z rozhodujících činitelů její úrodnosti. Pomáhá při tvorbě půdní struktury, zlepšuje tepelné, vodní a vzdušné vlastnosti půdy, je zdrojem živin, které podporují růst rostlin. Používáním kompostu doplňujeme organickou hmotu v půdě .

Obsah humusu v půdě sklizněmi a biologickými rozkladnými procesy stále ubývá, a proto je cílem každé pěstitelské činnosti obsah humusu zachovávat, a pokud možno ještě zvyšovat. Kompostováním získává zahrádkář z organických odpadních látek cenný humus, který lze použít v zahradě. Kompost je nejstarším a nejpřirozenějším prostředkem ke zlepšování půdy a ke hnojení, který známe. Připravuje se z organických odpadů z domácnosti a ze zahrady. Představuje podstatný příspěvek k udržení zdraví půdy a k výživě rostlin. Kompostování na vlastní zahradě je praktikované omezování odpadů, napomáhá k ochraně životního prostředí.

Používáním vlastního kompostu zahrádkář ušetří při nákupu průmyslových hnojiv a dalších prostředků ke zlepšování půdy (například rašeliny). Kromě toho slouží organická hmota z kompostu jako potrava půdním organismům, zejména mikroorganismům.

Kompostování je proces zpracovávání organických odpadů s těmito cíli:

- zpětný přívod organické hmoty a rostlinných živin do přírodního koloběhu
- zabránění nepříjemným pachům (bez hniloby)
- usmrcení původců rostlinných chorob
- usmrcení semen plevelů
- produkce přírodního humusu, který se tvoří přeměnou látek[2].

2.2 Tvorba a význam humusu

Humus je základem přirozené úrodnosti půdy. Živiny vázané na humusové částice se nevyplavují vodou a jsou dobře přístupné rostlinám v době, kdy je právě potřebují. Živiny obsažené v odumřelých částech rostlin jsou takto činností půdních organizmů zachycovány a předávány opět rostlinám. Koloběh se uzavírá.

Stále více lidí tento základní princip chápe. Organicky rozložitelné odpady neobsahují žádné látky přirozeně nezpracovatelné a životnímu prostředí cizí. Nejlacinější a nejvýhodnější cestou hospodaření je právě kompost.

Nejdůležitější vlastnosti humusu pro půdu a rostlinu jsou následující:

- pomalé uvolňování dusíku a fosforu
- rozpouští živiny pro rostliny z půdních minerálů
- zlepšuje výživu rostlin stopovými prvky
- má vysokou výměnnou kapacitu pro kationty
- zlepšuje strukturu půdy
- zlepšuje jímavost půdy pro vodu
- tmavá barva půdy zlepšuje záhřevnost půdy
- je větší biologická aktivita
- určité složky humusu mají charakter stimulátorů růstu
- snižuje toxicitu přírodních jedovatých látek a také pesticidů
- zvyšuje pufrovací (tlumicí) kapacitu půdy[2].

2.3. Hnití a tlení

Jsou dvě možnosti, jak se může rozkládat organická hmota - hnitím (za nepřístupu vzduchu) a tlením (za přístupu vzduchu) [2].

2.3.1. Hnití

Na rozdíl od tlení se vyskytuje hnití tam, kde převládá nedostatek kyslíku. Při tomto procesu se činností určitých druhů bakterií tvoří zapáchající plyny, například sirovodík a čpavek. Dále vznikají jedovaté sloučeniny jako například indol, skatol a dokonce mrtvolné jedy putrescin a kadaverin.

Tyto škodlivé látky lákají různý škodlivý hmyz jako drátovce, pochmurnatku mrkvovou, květilku cibulovou a květilku zelnou. Zároveň podporují různé původce chorob (slepičí mor, mor prasat, paratyfus, tuberkulózu, tetanus, epidemickou žloutenku a dětskou obrnu). Kromě toho se poškozuje úrodnost půdy a půda se obohacuje „nevhodnými" mikroorganismy.

Hnití se vyskytuje především v blokově ukládaném hnoji, v kejdě a v močůvce. Dále se nachází v organických odpadech, které byly někde (často v lesích) vyklopeny (například odpady z košťálovin a listí ořešáku). Všude, kde se v přírodě vyskytují nepříjemné zápachy, je příčinou hnití. Dříve se razilo přísloví, že co zapáchá, to hnojí. Je to sice pravda, neboť hnití převádí obsažené živiny do velmi lehko rozpustné formy. Negativní důsledky, které byly uvedeny, bychom ale neměli přitom přehlédnout nebo dokonce zapomenout [2].

2.3.2. Tlení

Na tlení se podílejí naopak zcela jiné mikroorganismy, totiž bakterie, plísně, kvasinky a aktinomycety, které vyžadují kyslík. Živiny nejsou přeměněny v zapáchající plyny, nýbrž jsou nejdříve vázány v mikroorganismech a později jsou k dispozici pro tvorbu humusu. Organické látky jsou pak postupně rozkládány až mineralizovány. Uvolněné minerální prvky včetně dusíku jsou snadno přijatelné rostlinami.

Při tlení jsou zneškodňováni původci chorob - nejen vysokými teplotami, nýbrž také tvorbou řady přírodních antibiotik. Již v roce 1955 bylo v Německu prokázáno, že kompostováním bylo usmrceno 18 nejnebezpečnějších původců chorob. Při tlení se tvoří

rovněž fermenty a enzymy, které mohou být zčásti dokonce přímo přijímány rostlinami, a tak posilují jejich zdraví a odolnost proti chorobám. Tlení vede k cenným humusovým látkám. Podporuje tak úrodnost půdy a zvyšuje zdraví rostlin. Kompostování organických odpadů představuje možnost toho, aby tlení mohlo probíhat za velmi přesně kontrolovaných podmínek. Tak lze velmi cíleně produkovat humus a zlepšovat úrodnost půdy [2].

2.4. Výhody kompostování

Ačkoliv byly výhody částečně již uvedeny, jsou zde ještě jednou heslovitě shrnuty:

- až 100% dusíku je organicky vázáno a nemůže se už ztratit
- tvorba cenných humusových látek, které půdu oživují; to znamená, že zvyšují respektive podporují nejen množství, ale i druhovou pestrost bakterií a hub
- zničení všech hnilobných a jedovatých látek během velmi krátké doby
- spolehlivé zničení většiny původců chorob
- usmrcení většiny semen plevelů
- inaktivace antibiotik a jiných přísad do krmiv
- rozklad těžko rozpustných základních živin i stopových prvků (například surových fosfátů) a tím zabezpečení zásobování těmito živinami ve vyrovnaném poměru
- tvorba přírodních antibiotik, které zčásti přijímají přímo rostliny a zvyšují odolnost proti škůdcům
- kompost působí příznivě na životní prostředí, protože živiny, zejména dusičnany, se nevyplavují do podzemní vody [2].

2.5. Nevýhody kompostování

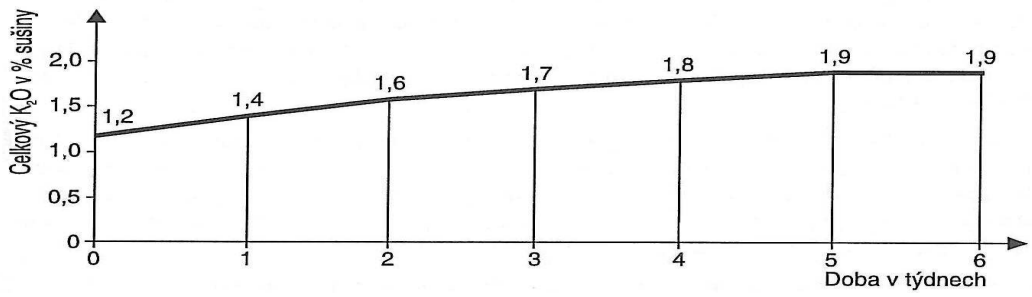
Podle dosud uvedeného přehledu představuje kompostování vynikající možnost, aby půda získala opět dobrou zásobu humusu.

Nejvýznamnějším důvodem proti kompostování u zemědělců je jistě vysoká pracnost. To však většině zahrádkářů nevadí.

Další důvod proti kompostování, který se občas uvádí, jsou ztráty živin. K tomu je třeba uvést, že při tlení v kompostu dochází k nejmenším ztrátám. Dusík může unikat pouze ve formě plynného čpavku. Ztráty se pohybují kolem 20 %. Uhlík uniká rovněž do vzduchu ve formě oxidu uhličitého v množství do 30 %. Všechny ostatní živiny zůstávají v kompostu, to znamená, že v něm dochází k relativnímu obohacení živinami v důsledku ztráty sušiny (graf 1) .

Argument, který se objevoval v poslední době v zahraničí, se týká přídavků ke kompostování - jsou buď drahé, nebo se velmi komplikovaně připravují. Zde je třeba pouze uvést, že i bez očkovacích látek lze dosáhnout nejlepší výsledky při kompostování.

Občas se objevují starší výzkumy, podle kterých docházelo během tlení ke ztrátě draslíku ve větších množstvích. To může být pouze ve formě průsakových šťáv [2].



Graf 1:Relativní obohacení draslíkem při kompostování trusu slepic [2]

2.6. Fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti kompostovaných surovin

Kompostování je spojeno s celou řadou požadavků na výrobní technologii, kvalitu výsledného produktu a vlivu na životní prostředí. Splnění všech těchto požadavků významně ovlivňuje fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti kompostovaných surovin. Znalost těchto vlastností je nezbytná k sestavení optimální receptury z důvodu vhodné volby technologie zpracování. Vzhledem k tomu, že biologicky rozložitelné suroviny je možné zpracovávat i jinými způsoby, než je kompostování, je nutná znalost jejich vlastností, aby mohlo být rozhodnuto o vhodné technologii zpracování.

Proto jsou z výše uvedených důvodů kladeny požadavky na znalosti o vlastnostech biologicky rozložitelných surovin a s tím úzce související schopnost určit jejich vhodnou skladbu pro založení a optimální průběh procesu kompostování.

Mezi vlastnosti, které významnou měrou ovlivňují proces kompostovaní, jak při jeho zakládání, tak i v celém jeho průběhu patří:

- teplota
- vlhkost
- hodnota pH
- obsah kyslíku
- obsah živin a poměr C:N
- mikrobiální aktivita
- pórovitost, zrnitost a velikost částic.

Všechny tyto vlastnosti je nutné před založením kompostu znát a některé z nich je důležité monitorovat i v průběhu kompostovacího procesu. V této kapitole jsou o jednotlivých vlastnostech uvedeny pouze základní informace s tím, že podrobněji jsou popsány v kapitole „Kontrola kompostovacího procesu", kde jsou popsány i způsoby jejich zjišťování [4].

2.6.1. Teplota

Teplota hraje hlavní roli v procesu kompostování. Průběh teplot lze rozdělit do dvou hlavních částí. První - mezofilní - fáze je doprovázena teplotami v rozsahu +10 až +40 °C a druhá fáze - termofilni - je charakterizována vyššími teplotami nad 40^0C. Po těchto dvou fázích dochází k poklesu teplot, které by se měly u zralého kompostu stabilizovat na úrovni teploty okolního prostředí.

Teplota je funkcí procesu kompostování a je tedy možné z jejího průběhu určit dobu zralosti kompostu. Výše teploty je dána především aktivitou přítomných mikroorganismů. Neklesne-li teplota kompostu na úroveň teploty okolního prostředí, vypovídá to o tom, že mikroorganismy jsou stále aktivní a kompost nelze považovat za vyzrálý, neboť neobsahuje dostatečné množství stabilních organických látek.

Na výši optimální teploty při kompostování lze nahlížet ze dvou úhlů pohledu. Tím prvním je optimální teplota pro rozklad organických látek a druhým, neméně důležitým hlediskem, je teplota potřebná k likvidaci lidských, živočišných a rostlinných patogenních mikroorganismů, parazitů, případně semen plevelu či larev much.

Optimální teplota pro rozklad organických látek je dána především druhem surovin, neboť různé organické materiály se rozkládají při různých teplotách. Většinou je uváděno optimální rozmezí teplot od $+50^0$ do +60 °C, někdy i širší rozsah a to $+43^0$ až +65 °C.

Výše teplot potřebných k likvidaci nežádoucích patogenních mikroorganismů se liší podle jejich druhu a jsou většinou předepsány příslušnou státní normou ČSN 465735. Obecně lze konstatovat, že k likvidaci většiny lidských, živočišných i rostlinných patogenů je třeba dosáhnout teploty 55°C a pro zneškodnění semen plevelů 63°C. Kromě výše dosažené teploty je nutné zohlednit i dobu, po kterou se udrží v průběhu kompostování [4].

2.6.2. Vlhkost

Vlhkost umožňuje životní procesy mikroorganismů v kompostu. Voda je důležitá pro transport živin, umožňuje pohyb mikroorganismů a slouží jako medium pro chemické reakce. Vlhkost kompostu je závislá na mikrobiální aktivitě a biologické oxidaci organického materiálu. Evaporací dochází k redukci obsahu vody. Množství vody, uvolněné díky mikrobiální aktivitě při kompostování, je větší, než její ztráty odpařováním. Optimální vlhkost kompostu se pohybuje v rozmezí 50 až 60 %.

V případě poklesu vlhkosti pod hranici 40% dochází ke zpomalování mikrobiální aktivity a naopak, když je vlhkost kompostu vyšší než 60%, dochází k ucpávání pórů vodou, a tím se vytváří anaerobní prostředí, které je též nežádoucím stavem.

Vlhkost kompostu je v úzké korelaci s množstvím dodávaného vzduchu. Největší ztráty vody je možné pozorovat při velkém množství dodávaného vzduchu. Při dodávání malého množství vzduchu se ztráty vlhkosti značně snižují a jsou téměř konstantní.

Na vlhkost kompostové zakládky má vliv i struktura kompostovaných surovin, kde nejdůležitějším faktorem je jejich pórovitost. Optimální vlhkost je taková, při níž je 70% pórovitosti čerstvého kompostu zaplněno vodou. Z toho vyplývá, že optimální vlhkost se bude lišit podle surovinového složení kompostu. Např. zemité komposty s obsahem organických látek do 20% v sušině by měly mít vlhkost 45-60 %, komposty ze zemědělských odpadů s obsahem organických látek 30-40 % v sušině by měly mít vlhkost 55-60 % a konečně komposty ze stromové kůry a dřevních odpadů s obsahem organických látek v rozmezí 50-70 % v sušině vyžadují vlhkost 60-70 %.

Kromě výše uvedených faktorů je vlhkost ovlivněna také zvolenou technologií kompostování. Při přílišném vysušení, ke kterému dochází především při technologiích s nuceným provzdušňováním, se mohou podstatně zpomalit biologické pochody [4].

2.6.3. Hodnota pH

Za optimální lze považovat pH v rozmezí 6.5 až 8 tedy blízké neutrální hodnotě. Při poklesu pH pod hodnotu 6 dochází k hynutí většiny mikroorganismů, hlavně bakterií, čímž se zpomaluje proces rozkladu organických látek. Stoupne-li naopak hodnota pH nad 8,5, dochází k přeměně dusíkatých sloučenin na amoniak, který uniká z kompostu ve formě plynu, a tím se zvyšují ztráty dusíku.

Během kompostovacího procesu je hodnota pH v počáteční fázi kompostování ve znamení nízkých hodnot pH okolo 5, jež jsou způsobeny tvorbou organických kyselin. V této fázi jsou dominantními organismy houby a plísně, tolerantní vůči kyselému prostředí. Krátce nato jsou kyseliny rozkládány mikroorganismy, což je doprovázeno změnou pH směrem k neutrálním hodnotám nebo dokonce k vyšším okolo 8,5. Při přechodu pH do neutrálních či mírně zásaditých hodnot se hlavní role při rozkladu organických látek přesouvá na bakterie [4].

2.6.4. Obsah kyslíku

Dodávka vzduchu do kompostovaných surovin je důležitá ze třech základních hledisek.

První a zřejmě nejpodstatnější je dodávka kyslíku za účelem vytvoření aerobního prostředí kompostu, které následně umožňuje mikrobiální aktivitu.

Druhým hlediskem je provzdušňování kompostu za účelem snižování vlhkosti. Vzduch, který se v kompostu ohřeje, podporuje evaporaci vody, což může být účelné zejména při zpracovávání vlhkých surovin.

V poslední řadě je dodávka vzduchu důležitá pro regulaci teplot v průběhu kompostování. Generují-li se příliš vysoké teploty po delší dobu, může mít tento fakt neblahý vliv na činnost a život mikroorganismů a následně na proces organického rozkladu kompostované biomasy.

Zajistit dostatečný přísun vzduchu do kompostu je možné několika způsoby a většinou se liší podle zvolené výrobní technologie. Mezi nejčastěji používané metody patří pravidelné překopávání vhodným překopávačem kompostu (překopáváním kompostu lze množství vzdušného kyslíku v hromadě více než zdvojnásobit) nebo použití distribuce vzduchu pomocí ventilátoru.

Obsah O_2 ve vzdušných pórech zrajícího kompostu by neměl klesnout pod 6%.
Jak bylo výše uvedeno, nedostatek vzduchu vede k tvorbě anaerobního prostředí, ve kterém vznikají organické kyseliny metan, sirovodík a další nežádoucí látky. Většina těchto látek způsobuje problémy se silným zápachem a hygienou kompostu [4].

2.6.5. Obsah živin a poměr C:N

K základním živinám, které jsou důležité pro mikroorganismy obsažené v kompostu, patří uhlík (C), dusík (N), fosfor (P) a draslík (K). Dusík, fosfor a draslík patří mezi základní živiny pro rostliny, a proto ovlivňují výslednou hodnotu kompostu. Uhlík je důležitý jako zdroj organické hmoty pro mikroorganismy a spolu s dusíkem umožňuje syntetizovat proteiny a podílí se na stavbě buněk a jejich reprodukci. Fosfor s draslíkem hrají důležitou roli při látkové výměně a při rozmnožování buněk. Minimální obsah fosforu pro zabezpečení metabolické činnosti mikroorganismů je ve výši 0,2 % P_20_5 v sušině. Mikroorganismy žijící v kompostu vyžadují též patřičné množství stopových prvků pro lepší asimilaci všech živin. Mezi tyto stopové prvky patří především bór (B), vápník (Ca), kobalt (Co), měď (Cu), železo (Fe), hořčík (Mg), mangan (Mn), molybden (Mo), selen (Se), sodík (Na) a zinek (Zn).

Přestože všechny výše uvedené prvky jsou důležité pro správný průběh kompostování, je možné konstatovat, že uhlík a dusík patří mezi živiny, na kterých nejvíce závisí kvalita výsledného kompostu. Zvláště důležitý je pak jejich vzájemný poměr, tedy tzv. poměr C:N.
Důležitým parametrem je uhlík, který je ve formě přístupné pro mikroorganismy a nikoliv jeho celkový obsah. Během mikrobiálního růstu je potřeba 25 až 30 jednotek uhlíku na jednotku dusíku. Mikroorganismy získávají uhlík z rozložených rostlinných a živočišných zbytků obsažených v kompostu a tento slouží pro buněčnou stavbu.

Během mikrobiální aktivity dochází k uvolňovaní oxidu uhličitého (CO_2) do atmosféry. Množství uvolněného CO_2 se snižuje úměrně s dobou zrání kompostu, které je doprovázeno snížením mikrobiální aktivity.

Emise CO_2 z kompostu souvisí i s jinými faktory. Maximální emise CO_2 koresponduje s maximálními teplotami, dosaženými v průběhu kompostování. Při následném poklesu teplot klesá i množství uvolněného CO_2 do atmosféry [4].

Množství uvolňovaného CO_2 závisí i na poměru C:N. Obecně lze říci, že čím je poměr C:N zpracovávaných surovin vyšší, tím nižší je emise CO_2, neboť u organických surovin s nižším poměrem C:N dochází ke snadnějšímu rozkladu, což vede k většímu uvolňovaní uhlíku, který pak může zčásti unikat do atmosféry ve formě plynu.

Mikroorganismy potřebují dusík k syntéze bílkovin. Bakterie mohou obsahovat 7% až 11 % dusíku v sušině a houby od 4% do 6%. Množství dusíku a příslušný poměr C:N pro odpady vhodné ke kompostování uvádí (tabulka 1).

V kompostářské praxi se vychází ze zjištění, že obsah uhlíku představuje cca polovinu obsahu organické hmoty (spalitelných látek). Kompostované hmoty s poměrem C:N užším než 10:1 se rozkládají velmi rychle a jsou mikrobiologicky dobře využitelné. Malý poměr C:N u kompostovaných surovin vede k uvolňování dusíku ve formě amoniaku. To platí hlavně při zásaditém pH. Ztráty dusíku při kompostování surovin s nízkým poměrem C:N v rozmezí 9:1 až 12:1 se pohybují mezi 37% až 60%.

Naopak hmoty se širokým poměrem C:N nad 50:1 se rozkládají velmi pomalu. V případě, že poměr C:N přesahuje hodnotu 50:1, dochází ke zpomalování kompostovacího procesu kvůli rychlému růstu buněk a odčerpávání přístupného dusíku, což následně vede k jejich úhynu. Tím, jak buňky hynou, uvolňují v sobě akumulovaný dusík, který se stává přístupným pro živé buňky. K uvolňování amoniaku do atmosféry dochází i při anaerobních podmínkách v kompostu. Ztráty dusíku snižují hnojivé účinky kompostu.

K optimálnímu využití uhlíku a dusíku mikroorganismy dochází při poměru C:N <25:l [4].

Hodnoty v tabulce 1 a vlhkosti v (%) obsahu organické hmoty a živin (% sušiny) v surovinách vhodných do kompostu. (Hodnoty v původní surovině jsou označeny x)

Surovina	Vlhkost (%)	C (% sušiny)	N (% sušiny)	P_2O_5 (% sušiny)	K_2O (% sušiny)	CaO (% sušiny)	MgO (% sušiny)
Chlév. mrva skot	75 – 82	39 – 43	1,8 - 2,4	1,1 - 1,4	2,5 - 2,9	2,0 - 2,4	0,4 - 0,7
Chlév. mrva koně	68 – 73	43 – 46	1,9 - 2,5	1,0 - 1,3	1,9 - 2,3	1,1 - 1,3	0,2 - 0,5
Chlév. mrva ovce	65 - 70	44 – 48	2,5 - 3,0	0,7 - 1,0	2,0 - 2,3	0,8 - 1,1	0,1 - 0,4
Močůvka	96 - 99	0 - 3x	0,1 - 0,9x	0,0 - 0,1x	0,1 - 1,7x	0,0 - 0,1x	0,0
Kejda prasat	91 - 98	36 – 39	5,0 - 5,8	3,5 - 4,2	2,8 - 3,4	3,1 - 3,8	0,7 - 1,3
Kejda skotu	94 - 99	35 - 41	3,5 - 4,5	1,6 - 2,0	3,2 - 3,9	2,0 - 5,0	0,5 - 0,8
Kejda drůbeže	82 - 97	32 – 38	5,0 - 8,1	2,8 - 5,1	2,9 - 4,8	8,0 - 11,0	0,6 - 0,9
Sláma obilovin	13 - 20	46 – 48	0,4 - 0,6	0,1 - 0,3	0,9 - 1,1	0,3 - 0,4	0,1 - 0,2
Sláma řepky	15 - 18	47 - 49	0,5 - 0,7	0,2 - 0,3	1,1 - 1,4	1,2 - 1,5	0,2 - 0,3
Nať brambory	25 - 60	44 – 46	0,7 - 0,8	0,2 - 0,3	1,3 - 1,6	0,2 - 0,4	0,1 - 0,2
Listí	15 - 40	44 – 47	0,9 - 1,5	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	1,7 - 3,0	0,1 - 0,2
Odpad zeleniny	80 - 90	44 – 45	1,5 - 2,5	0,8 - 1,3	1,0 - 2,0	0,8 - 2,0	0,2 - 0,4
Stařina z luk	10 - 30	44 – 48	0,8 - 1,0	0,4 - 0,6	1,0 - 1,8	0,9 - 1,7	0,1 - 0,2
Výhozy z příkopů	10 - 40	7 - 10	0,3 - 0,6	0,3 - 0,5	0,4 - 0,7	2,0 - 7,0	0,6 - 1,2
Kuchyňský odpad	65 - 80	37 – 44	1,2 - 2,3	0,3 - 0,7	0,4 - 0,8	1,9 - 3,0	0,3 - 0,6
Výlisky z ovoce	65 - 87	39 – 46	0,1 - 0,6	0,1 - 0,3	0,3 - 0,6	0,1 - 0,3	0,0 - 0,1
Piliny	40 - 70	49 – 51	0,0 - 0,2	0,0 - 0,1	0,0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,0
Stromová kůra	40 - 70	47 – 52	0,2 - 0,4	0,0 - 0,2	0,0 - 0,3	0,1 - 0,3	0,0
Zemina cukrovarnická a škrobárenská	15 - 35	4 – 7	0,1 - 0,2	0,1 - 0,4	0,2 - 1,2	2,0 - 6,0	0,0 - 0,3
Šáma cukrovar.	15 - 50	2 – 6	0,2 - 0,5	0,7 - 1,0	0,1 - 0,4	48 - 52,0	3,0 - 4,5
Kanalizační kal	55 - 96	13 – 23	2,0 - 4,5	0,6 - 1,3	0,3 - 0,8	2,5 - 10,0	0,4 - 1,0
Jímkový kal včetně ze septiků	91 - 98	15 – 24	2,2 - 4,0	0,5 - 1,2	0,3 - 0,8	1,5 - 6,0	0,2 - 0,4
Popel ze dřeva	5 - 40	2 – 5	0,0 - 0,1	2,0 - 4,0	6,0 - 10	33 - 35,0	4,0 - 7,0
Vytříd. bioodpad	37 - 64	35 – 41	1,2 - 1,9	0,2 - 0,5	0,3 - 0,6	1,5 - 2,5	0,2 - 0,5
Pazdeří	10 - 15	41 – 50	0,4 - 0,7	0,0 - 0,1	0,0 - 0,1	0,3 - 0,5	0,0
Rybniční bahno	25 - 80	4 – 13	0,3 - 0,6	0,2 - 0,3	0,4 - 0,6	2,5 - 3,5	0,1 - 0,5
Lihovar. výpalky	80 - 93	43 – 45	2,9 - 3,3	1,1 - 1,4	6,0 - 6,5	0,1 - 0,3	0,0 - 0,1
Kostní šrot	5 - 20	8 – 11	1,4 - 1,9	28 - 33,0	0,1 - 0,4	25 - 40,0	3,0 - 6,0
Kapucín, hnědouhel. prach	15 - 40	15 – 32	0,2 - 0,7	0,0 - 0,3	0,1 - 0,3	0,8 - 2,0	0,1 - 0,2
Odpad mlýnský, krmivářský	8 - 15	32 – 44	0,8 - 1,3	0,2 - 0,5	0,3 - 1,0	0,9 - 4,0	0,1 - 0,3
Rašelina	60 - 80	28 – 45	1,2 - 3,0	0,1 - 0,2	0,1 - 0,3	0,5 - 1,0	0,1 - 0,3
Jateční odpad	70 - 85	37 – 48	5,0 - 9,0	0,2 - 0,4	0,2 - 0,6	0,6 - 1,0	0,1 - 0,3

Tabulka 1:Hodnoty vlhkosti kompostovacích surovin v (%) [4].

Bakterie a nižší houby, které tvoří hlavní podíl v mikrobiálních společenstvech v kompostovaných surovinách, jsou hlavními činiteli, podílejícími se na rozkladu organických látek. Jejich činnost a aktivita závisí na výše jmenovaných chemických a fyzikálních faktorech, které přímo ovlivňují jejich činnost.

Aby bylo dosaženo vysoké biodegradační aktivity, je třeba optimalizovat tyto podmínky tak, aby vyhovovaly co nejlépe dekompoziční činnosti přítomného mikrobiálního konsorcia. Složení těchto spolupracujících kmenů v kompostovaném materiálu závisí na selekčních tlacích v prostředí a adaptačních schopnostech jednotlivých mikrobiálních kmenů a chemickému prostředí [4].

2.6.6. Pórovitost, zrnitost a velikost částic

Pórovitost a struktura souvisejí s fyzikálními vlastnostmi surovin, jakými jsou například velikost částic, tvar a konzistence. Mohou ovlivňovat proces kompostování tím, že určují množství vzduchu v hromadě. Pórovitost a struktura je dána výběrem surovin pro kompostování a dále pak mírou nadrcení nebo promíchání substrátu.

Pórovitost je definována jako poměr objemu dutin ku celkovému objemu kompostované hmoty. Výskyt větších a homogenních částic v hromadě zvyšuje její pórovitost. Struktura vypovídá o pevnosti částic, tedy o jejich odolnosti proti zhutnění. Dobrá struktura zabraňuje snižování pórovitosti ve vlhkém prostředí kompostové zakládky.

Menší částice mají větší povrchovou plochu v porovnání s jejich objemem a mohou být vystaveny výraznějšímu působení mikroorganismů, což urychluje proces rozkladu a tedy i kompostování. Menší částice jsou výsledkem lepší homogenity vstupních surovin a zlepšují izolační schopnost hromady. Na druhé straně mohou malé částice způsobovat jisté problémy snížením pórovitostí a tedy s možností dostatečného provzdušnění kompostu. Nejlepších výsledků bylo obvykle dosaženo při kompostování surovin s průměrnou velikostí částic v rozmezí 20 až 50 mm [4].

2.7. Receptura zakládky

Správně řízený proces kompostování se skládá z následujících sedmi kroků:

- výběr vstupních surovin
- příprava vstupních surovin
- kompostování
- stabilizace
- zrání
- konečná úprava
- skladování.

Výběr vstupních surovin je proces, ve kterém se separují kompostovatelné suroviny od ostatních nekompostovatelných odpadů.

Příprava zahrnuje procesy, které vedou k dosažení optimální velikosti částic, rovnováhy živin a obsahu vlhkosti vstupních surovin v rozmezí 50% až 60 % pro podporu mikrobiální aktivity.

Kompostování, stabilizace a zrání jsou fáze, kde se vytvářejí podmínky pro řízený mikrobiální rozklad a následnou stabilizaci kompostu. Při aktivní fázi kompostování se teploty udržují v rozsahu +45 až +65 ^{0}C a dochází k pravidelnému překopávání z důvodu dodávání dostatečného množství vzduchu a homogenizace surovin. Celý proces kompostování trvá zhruba 30 až 80 dnů v závislosti na použité technologii a druhu zpracovávaných surovin.

Konečná úprava je proces, který se skládá z prosévání zralého kompostu, popř. separace nežádoucích příměsí (plasty sklo, kov atd.). Konečná úprava a uskladnění jsou kroky závislé především na způsobu použití kompostu.

Jedním ze základních předpokladů pro správný průběh kompostování je optimální surovinová skladba zakládky. Optimální surovinovou skladbu ovlivňuje celá řada faktorů, přičemž největší význam má správný poměr uhlíku a dusíku (tzv. poměr C:N) a počáteční vlhkost. Hodnota poměru C:N u čerstvě založeného kompostu by se měla pohybovat v rozmezí (20-40): 1 v lepším případě (30-35):1. Spolu s hodnotou poměru C :N je třeba zaručit počáteční vlhkost v rozmezí 50-60 %.

V praxi je běžné, že kompostáři mnohdy surovinovou skladbu odhadují, což vzhledem k výše uvedeným faktům není úplně nejvhodnější. V následujících kapitolách jsou uvedeny možnosti výpočtu optimální surovinové skladby na základě hodnot poměru C:N a vlhkosti zpracovávaných surovin. [2]

2.7.1. Výpočet poměru C:N

Vztahy pro výpočet poměru C:N u jedné suroviny.

V případě, že je znám procentický obsah uhlíku a dusíku dané suroviny, lze poměr C:N stanovit dle jednoduchého vzorce (1).

$$C:N = \frac{\%C}{\%N} \qquad (1)$$

A současně, je-li znám poměr C:N, lze vzorec (1) použít k výpočtu obsahu uhlíku a dusíku.

$$\%C = \%N \bullet (C:N) \quad (2)$$

$$\%N = \frac{\%C}{C:N} \qquad (3)$$

Uhlík má označení v periodické soustavě prvků C a dusík se označuje N. Obsah těchto dvou prvků je udáván v 0 procentní vlhkosti kompostovacích složek [2].

2.8. Speciální komposty

Speciální komposty zakládáme tehdy, máme-li k dispozici hodně odpadu určitého druhu [2].

2.8.1. Kompost z listí

Listí patří k nejdůležitějším materiálům ke kompostování v zahradě. Pokud je to možné, smícháme společně listí různých druhů listnáčů. Aby se listy na sebe příliš nelepily, je účelné je rozmělnit drtičem nebo travní sekačkou. Před založením promícháme listí s půdou, hnojem nebo kompostem v poměru 2:1. Kompost z listí se používá jako zemina pro květiny a na záhony pro výsevy.

Některé druhy se hůře rozkládají, k nim patří například listy dubu, kaštanu, topolu, břízy a akátu. Protože při kompostování těchto druhů listí, zejména dubu, se uvolňují třísloviny, které vedou k okyselování kompostu, lze tyto druhy listí používat k přípravě kompostu pro kyselinomilné druhy rostlin (například rododendrony).

Také listí z ořešáku se obtížněji rozkládá, a proto je někteří zahrádkáři spalují, dávají do popelnic, vyvážejí do lesa apod. Zbavují se však tím cenné organické hmoty a potřebných živin pro rostliny.

Aby toto listí zetlelo bez problémů, musí se kompostovat ve směsi s jiným materiálem (například společně s kuchyňskými odpady). Samotné listí zetlí sice také, ale potřebuje za prvé vyrovnávací dávku dusíku (např. 200 až 400 ml kapalného hnojiva DAM 390 v 10 1 vody na 1 m3) a za druhé podstatně delší dobu tlení. Když však listí ořešáku na podzim rozřežeme společně například se zbytky z letniček a trvalek, může být kompost hotový již na jaře příštího roku. Listí ořešáku můžeme přidávat také do pařeniště [2].

2.8.2. Kompost z trávy

Při kompostování posečené trávy je nutno postupovat uvážlivě. Všechny trávy přijímají z půdy přednostně dusík. To znamená, že když hodně hnojíme, je také obsah dusíku v trávě vysoký. Trávy hromadí kromě toho ve svých buňkách vodu, ta ve spojení s dusíkem vede u posečené trávy k uvolnění energie. Takto vznikající teplo může vést dokonce k samovznícení.

Tráva musí být zavadlá a pokud možno smíchaná s rozdrcenými větvemi, listím, slámou nebo podobným materiálem. Hromady jsou málo strukturní a rychleji se slehávají než jiné komposty. Abychom zabránili nedostatku vzduchu a hnití, musíme proto kompost častěji přehazovat [2].

2.8.3. Kompost z drnů

S kompostem z travních drnů můžeme počítat tam, kde odpadá větší množství drnů při rozorání trávníku nebo louky. Drny klademe po vrstvách s chlévskou mrvou nebo kompostem asi do 1 m vysoké hromady a necháme nejméně 1 rok zrát. Během této doby hromadu jednou přehodíme [2].

2.8.4. Kompost z chlévské mrvy

Chlévská mrva s podestýlkou ze slámy je ideální pro kompostování. Mrvu s malým podílem slámy bychom měli doplnit listím, slámou nebo starým senem. Je-li mrva příliš suchá (koňská), musíme ji před kompostováním navlhčit. Mrvu lze kompostovat samotnou nebo smíchanou asi s 20 % půdy nebo kompostu. Kompost z mrvy se používá pro rostliny náročné na živiny (brambory, rajčata atd.). Lze jej použít již po čtyřech měsících tlení.

Zde je třeba uvést, že chlévskou mrvou označujeme směs pevných a zčásti i tekutých výkalů domácích zvířat a steliva (podestýlky). Tato směs látek postupně zraje na hnojišti a po uzrání vzniká chlévský hnůj [2].

2.8.5. Kompost z větví, kůry a pilin

Každý druh dřevnatého odpadu má pro tlení příliš málo dusíku a to znamená, že ten se musí v nějaké formě dodat. Dále je to materiál většinou příliš suchý, takže se musí dodat také voda. Vlhké a dusíkem bohaté materiály jsou kejda, zelené odpady, tráva, kuchyňské odpady apod. Pokud takový materiál neseženeme, musíme se pokusit vyrovnat to vodou a močovinou nebo kapalným hnojivem DAM 390. Na 1 m^3 kůry potřebujeme asi 2-3 kg močoviny nebo 2,2 až 3,5 1 DAM 390, aby mohlo dojít ke správnému tlení.

Čím je materiál čerstvější, tím je na dusík bohatší. Bylo by proto nejlepší materiál ještě v zeleném stavu rozdrtit a dát do kompostu. Kompostujeme-li samotné odpady ze dřeva (bez dodatečného materiálu, ale s vyrovnávací dávkou dusíku), musíme počítat s celkovou dobou tlení minimálně 3-4 měsíce. Jsou-li tyto komposty zcela dozrálé (po 5-8 měsících), hodí se zejména pro nové výsadby, například ovocných stromů, na které působí stimulačně. Podobně jako u výlisků platí pro tlení dřeva, že tento materiál je velmi záhřevný a velmi snadno vysychá vzhledem k vysokému podílu strukturní hmoty. Musíme počítat s několika dodatečnými zálivkami a horká fáze tlení trvá 4-8 týdnů [2].

2.8.6. Kompost z výlisků ovoce a révy vinné

Výlisky mají většinou optimální poměr uhlíku a dusíku (25-30 : 1) pro tlení. To znamená, že není nutný přídavek dusíkatých hnojiv. V důsledku vysokého podílu jader a u matolin také třapin mají většinou příznivou strukturu, takže je zabezpečeno dobré zásobení vzduchem bez přísad. U výlisků z jablek a hrušek se však doporučuje přídavek slámy.

Výlisky jsou velmi záhřevným materiálem a v důsledku vysokého podílu zbytkového cukru velmi rychle přecházejí do tlení za předpokladu dostatku vlhkosti a vzduchu. Charakteristický pro tento materiál je také nápadně silný výskyt plísní v okrajových zónách (až do 30 cm hloubky). Nemusíme mít však z těchto bílých plísní strach. Jedná se o houby, které rozkládají celulózu a lignin. Je to tedy zcela normální a přírodně neškodný proces.

Díky velmi rychlému zahřátí a dlouhému trvání této fáze se u výlisků velmi lehko stává, že hromady zcela vyschnou. Vlhkost se musí tedy pravidelně kontrolovat a v případě potřeby doplňovat. Přídavek zeminy by neměl překročit 10 %. Kompostování je velmi jednoduché. Pouze v případě potřeby je nutné kompost zalít. Čtrnáctidenní doba přeměny je zcela dostatečná, mohla by se eventuálně prodloužit na tři nebo čtyři týdny (tlení trvá však přiměřeně déle).

Komposty z výlisků zůstávají dlouho velmi kypré a jsou vhodné zejména k přípravě substrátů jako náhrada rašeliny. Chceme-li je však používat jako hnojivo, neměli bychom je vlhčit vodou, nýbrž močůvkou a na začátku také kejdou. Kompostu z výlisků se připisuje příznivý vliv na ozdravení půdy a rostlin. Důvodem jsou pravděpodobně látky podporující růst rostlin, které se uvolňují z jader během tlení [2].

2.8.7. Kompost ze sena

Velmi často se stane, že se seno znehodnotí dešti nebo z jiného důvodu je jednoduše nepoužitelné. Často pozorujeme, že se takové seno spaluje nebo někam vyváží.

Seno se dá bez problémů zkompostovat, potřebuje jen vlhkost a přídavek půdy. Problémem je však promíchání před založením kompostu. Když je však poměrně homogenní směs ze sena a půdy hotová, tlení začíná ihned a hromada ztrácí rychle na objemu. Zbyde z ní jen asi 10 % hotového kompostu.

Vzhledem k této velké ztrátě objemu je vhodné hromadu před přehozením přidat k jinému kompostu. Kompost by byl příliš malý a byl by tak silně vystaven povětrnostním vlivům.

Seno se většinou zpracuje společně s jiným materiálem. Lze jej využít k vyrovnání vlhkosti při kompostování mrvy. Musíme si však uvědomit, že seno není tak nasáklivé a tak silně strukturní jako sláma. Potřebujeme proto nejméně dvojnásobné až trojnásobné množství [2].

2.9. Choroby, škůdci a plevele v kompostech

Předchozí informace uvádějí, že v první fázi tlení, zejména u stájových hnojiv, mohou být teploty během krátkého období velmi vysoké, potom mohou opět rychle klesnout.

V zahradnictví se diskutuje, zda mohou tyto vysoké teploty zničit semena různého plevelu. Veterinární hygienu zase zajímá, zda přežívají zárodky chorob v kompostu, zejména když obsahuje hnůj prasat nebo odpady.

Pro tyto výzkumy se ukázala sněť slezinná, antrax (Bacillus anthracis), jako zajímavý, i když nanejvýš nebezpečný objekt. Ta může v půdě přetrvávat ve formě spor 70 let a neztrácí i při teplotách 180 °C ihned svoji plnou virulenci (nakažlivost). K pokusným účelům byl tento bacil jednak přímo vpraven do kompostovaného materiálu, dále byl vložen do kompostu v zatavených skleněných ampulích. Podle Knolla (cit. Heynitz, K.: Kompost im Garten) bylo zjištěno, že při obsahu vody od 40% do 60 % a aerobním tlení (za přístupu vzduchu) nebyl bacil antraxu přímo v kompostu prokázán až po 17 dnech a ve skleněné ampuli po 28 dnech.

Tento překvapující výsledek umožňuje závěr, že sama teplota v kompostu nebyla rozhodující. Při zničení zárodků chorob hrají roli ještě jiné faktory. Ty je třeba hledat v okruhu působnosti aktinomycet a jiných organismů.

V této souvislosti a také při otázkách týkajících se krmení zvířat bylo zjištěno, že houby a také určité bakterie produkují antibiotické produkty látkové přeměny, které přispívají rozhodujícím způsobem k „biologickému efektu samočistění". Tyto inhibitory (látky, které zpomalují určitou reakci), které jsou silně zastoupeny zejména na povrchu, mohou být v laboratorním pokusu izolovány a jednoznačně prokázány. K lepšímu rozlišení poukazuje Knoll na následující rozmezí teplot (tabulka 2), které objasňuje vzájemný vztah mezi teplotou a antibiózou (negativní působení na původce choroby).

V prvním rozmezí teplot (I) nelze zajistit dezinfekci, k ní však postačí vysoké teploty ve IV. zóně. Avšak v II. a III. tyto teploty doplňují antibiotické inhibitory, které společně rychle likvidují zárodky chorob.

Problémy veterinární medicíny a hygieny se dotýkají zahrádkáře jen ve výjimečných případech. V zahradě se spíše objevuje otázka přenosu chorob rostlin, například často se vyskytující nádorovitosti košťálovin. Je to nebezpečná houbová choroba všech košťálovin, která vniká z půdy do kořenů, vede ke tvorbě nádorů a po rozkladu se spory opět uvolňují v půdě nebo v kompostu.

Tuto otázku nelze jen omezit na napadení houbami. Viry, bakterie a živočišní škůdci nejsou ve svých projevech méně nepříjemní. Dále jsou to semena plevele, která při nesprávném kompostování mohou být nebezpečím pro zahradu [2].

2.9.1. Viry škodící rostlinám

Viry škodící rostlinám se vyskytují na mnoha zahradních rostlinách, přičemž virus mozaiky je známý nejen na fazolích, květáku, okurkách, salátu nebo cibuli. Většina virů je příliš citlivá, a nemůže proto v půdě překonat delší dobu nebo dokonce proces kompostování. Výjimkou je ovšem virus tabáku, který odolává také vysokým teplotám a překonal průběh tlení v kompostu [2].

2.9.2. Bakteriální choroby

Bakteriální choroby napadají mimo jiné salát (bakteriální hniloba salátu), brambory (bakteriální hniloba, černá noha) nebo košťáloviny (hnědá bakteriální hniloba košťálovin). Protože bakterie, které poškozují rostliny, nemohou vytvářet trvalé orgány, lze předpokládat, že nemohou přestát obvyklé teploty v kompostech.

Mezi škodlivé houby na prvém místě patří nádorovitost košťálovin. Ale i na klíčcích rostlin mnoha košťálovin, plísně, bílá sklerotiniová hniloba salátu, rez fazolová a jiné tvoří odolné trvalé spory a zůstávají životaschopné i po procesu tlení [2].

2.9.3. Živočišní škůdci

Živočišné škůdce, zejména kořenová háďátka, která se vyskytují na mnoha druzích zeleniny, zkoumal Menke (cit. Heynitz, K.: Kompost im Garten) v průběhu tlení. Nikdy však nepřežila tyto teploty.

Plžům slouží kompost často jako vítaný úkryt, využívají jej také ke kladení vajíček. Teplota nad 45 °C (uvnitř hromady) je usmrcuje [2].

2.10. Teploty při mikrobiologických procesech tlení

Teplotní zóna	Zóna tlení	Hygienická klasifikace
pod 45 °C	Chladné tlení	plná virulence, bez dezinfekce biochemická
45-55 °C	střední teplota	dezinfekce biofyzikální dezinfekce termická
55-65 °C	střední teplota	dezinfekce
65-80 °C	horké tlení	

Tabulka 2:Teploty při mikrobiologických procesech tlení (dle Knolla 1968).

Nedosahují-li požadované teploty na povrchu kompostu, doporučuje se před použitím kompostu odstranit vrchní vrstvu (2-3 cm) a tento materiál dát do středu [2].

2.11. Kontrola kompostovacího procesu

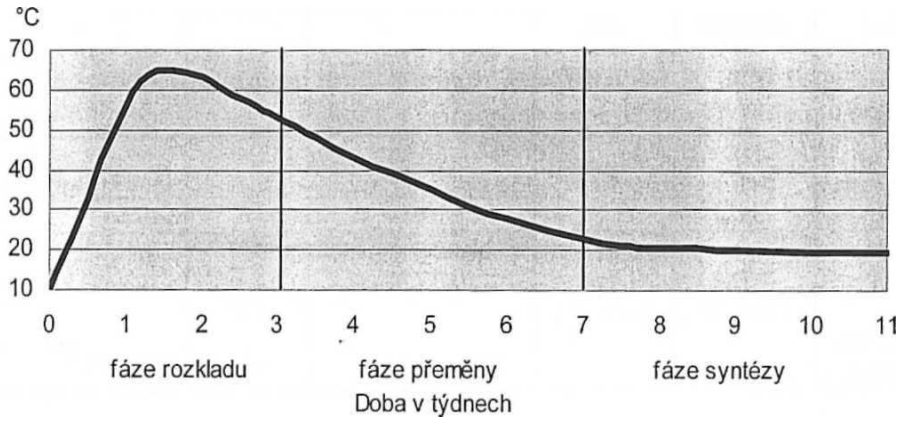
2.11.1. Pravidelné měření teplot kompostu, metodika měření teplot

Obecně

Teplota zakládky kompostu je nejjednodušeji identifikovatelným ukazatelem zrání kompostu, který koresponduje s intenzitou činnosti mikroorganizmů. Měření a evidence teplot je proto základní podmínkou kontroly správného kompostovacího procesu.

Optimální průběh teploty při kompostování je zobrazen na grafu 2. Každá výrazná odchylka od tohoto ideálního průběhu signalizuje závadu v kompostovacím procesu.

Jestliže po založení kompostu a první překopávce teplota nestoupá nebo po předchozím vzestupu teploty nastává výrazný pokles, jsou podmínky pro mikroorganismy nepříznivé. Příčina může být především ve špatném surovinovém složení, v nadměrné vlhkosti materiálu, omezující obsah kyslíku v kompostu, apod. Pokles teploty však nastává i při malé vlhkosti kompostovaných surovin, při vyschnutí kompostu [1].



Graf 2:Optimální průběh teploty při kompostování [1]

2.11.2. Metodika měření teploty kompostu

a) Měřicí přístroj

Teplota kompostu je zjišťována teploměrem, v dnešní době převážně elektronickým, s digitálním nebo analogovým ukazatelem, u lepších typů s možností datového výstupu. Teploměr musí být vybaven tyčovou zapichovací sondou, kterou je možno zapíchnout do hromady kompostu alespoň do hloubky l m pod povrch hromady. Tím je zajištěno změření teploty v celém průřezu hromady. V tabulce 3 jsou uvedeny teploměry nabízené na našem trhu [1].

Označení teploměru	**Měřicí rozsah**	**Možnost elektr. výstupu**	**Přesnost měření**	**Hmotnost (g)**	**Rozměry přístroje (mm) délka sondy (mm)**
Technický teploměr vpichovací TRV	0 až +200°C	Ne	±2% z roz.stupnice	1050	326x120x1522 1500
Digitální teploměr sekundový	-50až +1150°C	Ne	-20až+550°C<l% +550až 920°C <1,5%	150	106x6 7 x 3 0 800
Zapichovací sonda s datalogerem testostor 175	-35 až +120°C	Ano	Do *50°C*±0,5°C nad 50°C 1,2%	-	1500
Vpichovací sonda + teploměr S021	-50 °C až 550 °C	Ano	0,4 °C -50 až + 100 °C	-	141 x 7 1 x 2 7 na objednávku 1000
Zemědělský tyčový teploměr	0 a ž + 150°C	Ne	±1°C v celém rozsahu	-	1500 (alternativně 2250, 3000)
Teploměr GTH1300 + sonda lm/6mm (sonda 2m/6mm)	-65 až 199,9 °C	Ano (lmV/°C)	±0,1 °C	250	1 5 0 x 8 6 x 3 0 1000 (2000)

Tabulka 3:Přístroje pro měření kompostů [1]

b) Metoda měření teploty zapichovacím teploměrem
   - Vpich sondou je nutno vést kolmo k povrchu hromady tak, aby mířil do jejího středu podle jejího příčného tvaru (trojúhelníkový nebo lichoběžníkový profil).
   - Po definovaném úseku (je určen z celkové výšky hromady) od povrchu hromady je nutno vpich zastavit a odečíst ustálenou teplotu, s vedením vpichu pokračovat až do středu hromady.
   - Vzdálenosti jednotlivých vpichů po horizontále jsou závislé na celkové délce hromady.
   - Jednotlivá měřicí místa na jednotlivých hromadách je nutno označit a toto označení používat po celou dobu jedné zakládky.
   - Pokud měřicí přístroj nemá elektronický výstup, je nutno hodnoty naměřených teplot zapisovat do tabulky viz tabulka 4. Při opakovaných měřeních je nutné vždy naměřené hodnoty ze stejného místa zaznamenávat pod stejným označením [1].

MĚŘENÉ MÍSTO č.	Datum																							
	DEN ZRÁ NÍ KOMPOSTU																							
	PŘEKOPÁNO ANO-NE																							
	TEPLOTA (°C)																							
1.1																								
1.2																								
1.3																								
1.4																								
2.1																								
...																								

Tabulka 4:Teplotní průběhy hromad [1]

c) Časové intervaly měření teploty během jedné zakládky
   - Do 7. dne každodenně - v tomto období jsou teploty nejvyšší a je tedy třeba kontrolovat optimální průběh kompostovacího procesu a zda teploty nepřevyšují již zmíněných 65°C. Obvykle na konci tohoto časového úseku dochází i k razantnímu poklesu teploty, kdy je třeba aplikovat aerační překopávku pro intenzifikaci rozkladu.
   - Od 8. dne do ukončení kompostovacího procesu 1 krát za 3÷ 4 dny [1]

2.11.3.Hodnocení vlhkosti kompostu

Obecně

Při zakládání kompostu a potom během celého kompostování patří vlhkost mezi parametry, které velkou měrou ovlivňují zdárný průběh kompostovacího procesu. Jako každý živý organismus potřebují také mikroorganismy obsažené v kompostu zcela určité množství vody. Při nedostatku vlhkosti zastavují či zpomalují ihned svou činnost na tak dlouho, než bude opět vlhkost uvedena do potřebného rozmezí. Při nadbytečné vlhkosti dochází rychle k nežádoucím hnilobným procesům a ke zkysnutí kompostu. Optimální vlhkost je taková, při níž je 70 % pórovitosti faremního kompostu zaplněno vodou.

Pro zakládání kompostu platí tato zásada:
„Jestliže si nejsme jisti optimální vlhkostí kompostu, volíme raději nižší vlhkost, která se snadněji koriguje závlahou kompostu. Převlhčenost kompostu se upravuje mnohem obtížněji“. [1]

2.11.4. Metody určování vlhkosti

Gravimetrická metoda stanovení vlhkosti

Používá se jako standardní metoda pro určování vlhkosti materiálu v laboratoři a je využívána pro kalibraci jiných vlhkoměrů, pracujících na jiných fyzikálních principech. Podstatou této metody je oddělení vody od pevné fáze - jde o měření přímé.

Vlhkost je stanovena z rozdílu počáteční hmotnosti vlhkého vzorku a konečné hmotnosti vzorku po jeho úplném vysušení za stanovených podmínek.

Výhodou této metody je velká přesnost a velký měřicí rozsah, nevýhodou je její vazba na laboratorní zařízení [1].

Postup zjišťování vlhkosti pro hotový kompost

Odebraný vzorek o hmotnosti asi 1 kg se rozprostře na podložku, větší hrudky se rozdrtí, kvartací se zmenší vzorek na 500 g a projde sítem o velikosti ok 5 mm. Z tohoto vzorku se odváží do předem zvážené vysoušečky 20 g s přesností 0,05 g a vysuší se do ustálení hmotnosti při 105 °C. Po vychladnutí v exsikátoru se váží a zjistí se obsah vlhkosti [1].

Výpočet:
Obsah vlhkosti (x) vyjádřený v % se vypočte ze vzorce

$$x = \frac{m_1 \bullet 100}{m}$$

kde: m_1 = úbytek na hmotnosti vzorku sušením (g),
m = hmotnost vzorku před sušením (g) [1].

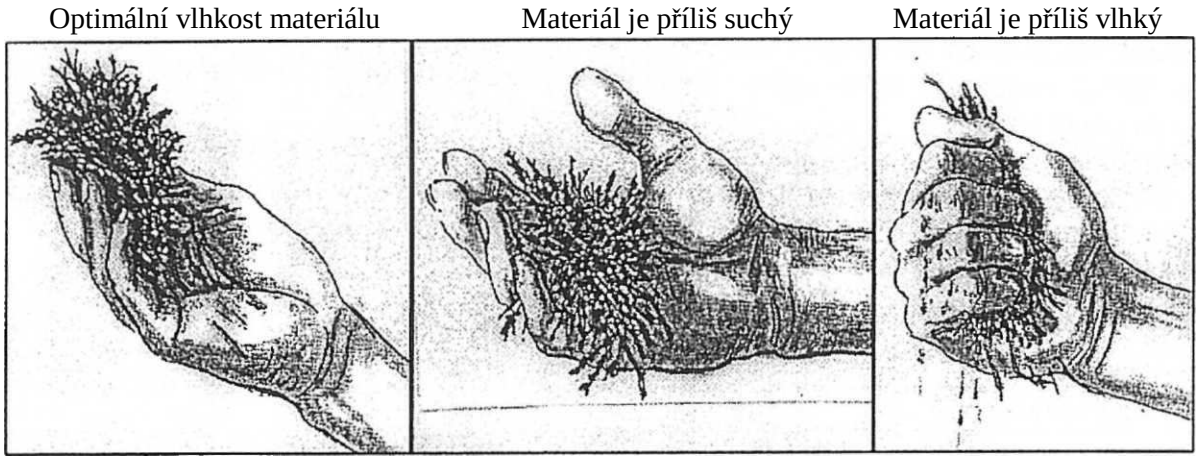
Měření vlhkosti materiálu přenosnými vlhkoměry

Všechny přenosné vlhkoměry měří vlhkost materiálu nepřímo, neboť k jejímu určení využívají některou z celé řady vlastností vody obsažené v materiálu a měřením těchto vlastností (např. vodivost, kapacita) pak usuzují na obsah vody v daném materiálu.

Výhodou těchto metod je okamžitá znalost výsledku, možnost nedestruktivního měření a mobilnost přístroje, naopak mezi nevýhody patří zejména menší přesnost měření a nutnost kalibrace přístroje [1].

Orientační zkouška vlhkosti

V případě nutnosti lze určit vlhkost kompostovaného materiálu pomocí orientační zkoušky viz obrázek 1. K jejímu provedení je nutné kompostovaný materiál vzít do ruky a mačkat tak pevně, jak to jde. Při optimální vlhkosti, se nesmí mezi prsty objevit voda! Při otevření pěsti musí však materiál zůstat pohromadě ve formě „knedlíku". Je-li materiál příliš suchý, při otevření pěsti se opět rozpadne. Když je materiál příliš vlhký, objeví se při zmáčknutí voda mezi prsty; pokud lze vymáčknout více než jednu kapku vody, je materiál již příliš vlhký [1].



Obrázek 1:Orientační zkouška vlhkosti [1]

Časové intervaly hodnocení vlhkosti během jedné zakládky:

- počáteční hodnocení vlhkosti se provede ihned po ukončení první (homogenizační) překopávky
- optimální intervaly mezi jednotlivými zjišťováními vlhkosti jsou 1 týden
- po ukončení kompostovacího procesuje nutno určit vlhkost hotového kompostu [1].

2.11.5. Test fytotoxicity (řeřichový test)

Řeřichový test resp. test fytotoxicity je metoda vyhodnocování intenzity rozkladu organických materiálů a zralosti výsledného kompostu, která byla vypracována ve VURV pro použití v kompostárenské praxi. Jde o biologickou metodu hodnocení fytotoxicity výluhu vzorku indexem klíčivosti citlivé rostliny (řeřichy seté). Tento postup alespoň částečně eliminuje chyby, vznikající při zjišťování stability finálního produktu kompostování pouze pomocí teploty. Znakem stability je sice teplota kompostu blízká teplotě okolí, nebo teplota alespoň nižší než 45 °C viz ČSN 46 5735, ta však může být ovlivněna i jinými faktory, jakými jsou např. nízká vlhkost či nedostatek kyslíku.

Použití testu fytotoxicity je vhodné zejména při aplikaci nově stanovené receptury zakládky kompostu. V takovém případě je třeba využít jej během aerobní fermentace několikrát a to ve fázích:

- po homogenizaci
- před jednotlivými překopávkami
- a v době ukončování kompostování [1].

Postup zpracování vzorku (příprava vodního výluhu)

Do vhodné nádoby (např.: kuželová Erlenmayerova baňka 500 ml s pryžovou zátkou) je třeba navážit 10 g zkoumaného vzorku a poté vlít množství destilované vody (ml), které je určeno jako násobek sušiny ve vzorku (5 až 10 x sušina (%)). Pro znázornění je zde uveden příklad: do vzorku o sušině 40 % je potřeba až 400ml destilované vody. Nádoba se zazátkuje a vloží do horizontální třepačky, kde se po zajištění a spuštění třepačky vzorek vyluhuje do destilované vody cca 2 hodiny. Pak je nutné výluh přefiltrovat v nálevce přes filtrační papír do kádinky tak, aby byl čirý [1].

Metodika vlastního testu

Do Petriho misek o průměru 5 cm se vloží filtrační papír, který pokryje dno misky a ovlhčí se pipetou odměřeným 1 ml výluhu. Na takto upravený filtrační papír se pravidelně rozmístí 8 semen řeřichy seté. Pro každý vzorek je potřeba použít alespoň 10 Petriho misek s 8 semeny (celkem tedy 80 semen). Připravené a uzavřené misky se vloží do termostatu, kde semena klíčí 24 hod. za tmy při teplotě 28 °C. Současně s testovanými výluhy se do termostatu vloží také kontrolní vzorek pouze s destilovanou vodou.

Po 24 hodinách se změří a posléze rutinně odhadnou délky všech kořínků. Výsledný index klíčivosti, který je ukazatelem zralosti či toxicity kompostu, se získá dle vztahu [1]:

$$IK = \frac{k_v \bullet l_v}{k_k \bullet l_v} \bullet 100(\%)$$

k_v - klíčivost vzorku (%)
k_k - klíčivost kontroly (%)
l_v - průměrná délka kořínků vzorku (mm)
l_k - průměrná délka kořínků kontroly (mm)

E. Reichlová a kolektiv uvádějí, index klíčivosti vyjádřený v procentech kontroly, kterou je destilovaná voda. Při hodnotách do 50 % představuje nepoužitelnost kompostu k přímé aplikaci, od 60 do 80 % dává možnost aplikace s určitým rizikem poškození citlivých rostlin, při hodnotách 80 % a vyšších deklaruje zralý kompost. Je-li index klíčivosti mezi 60 - 80 %, lze říci, že je kompost ve fázi přeměny a má nejlepší hnojivý účinek. Nad 80 % tento účinek klesá a vliv humusu je silnější, tzn. že živiny jsou více vázány. Uvolňování dusíku a fosforu je pomalejší a nedochází k vyplavování živin do spodních vod [1].

2.11.6. Mikrobiologické hodnocení kompostu

Pro kontrolu organického hnojiva - kompostu za dodržení výše uvedených podmínek je nutné znát pro zemědělskou praxi jeho kvalitu - stanovení indikátorových mikroorganismů. Přípustné množství indikátorových mikroorganismů nesmí překročit kriteria uvedená v tabulce 5.

Pro odběry vzorků kompostu platí ČSN 46 5735 a pro mikrobiologickou kontrolu se postupuje dle ČSN ISO 10381 - 6: Kvalita půdy - Odběr vzorků - Pokyny pro odběr, manipulaci a uchování půdních vzorků určených pro studium aerobních mikrobiálních procesů v laboratoři [1].

Uchovávání vzorků

Vzorky faremního kompostu se uchovávají v temnu při teplotách 4 ± 2 °C v polyethylenovém sáčku volně uzavřeném tak, aby byly zachovány aerobní podmínky [1].

Transport vzorku

Vzorky faremního kompostu se transportují v temnu při teplotách 4 ± 2 °C v polyethylenovém sáčku volně uzavřeném tak, aby byly zachovány aerobní podmínky, nejlépe v přenosné termotašce. Vzorky nesmí být vystaveny extrémním klimatickým podmínkám, není dovoleno vzorky zmrazovat, vysoušet nebo dosycovat vodou. Vzorky musí být předány ihned po odběru do laboratoře ke zpracování [1].

Zpracování vzorku

Laboratorní rozbor musí být zahájen v co nejkratší době po odběru vzorku, nejdéle do 48 hodin [1].

Stanovení indikátorových mikroorganismů

Stanovení indikátorových mikroorganismů pro mikrobiologická kriteria kompostu se provádí dle metod uvedených v odborném periodiku Acta hygienica, epidemiologica et mikrobiologica číslo 7/2001, SZÚ, Praha, listopad 2001.

Kompost	**Přípustné množství KTJ[1] v 1 gramu faremního kompostu**		
	Termotolerantní koliformní bakterie	**Enterokoky**	***Salmonella***
Kompost volně ložený	$< 10^3$	$< 10^3$	nestanovuje se
Kompost balený	10^2	10^2	negativní nález

Tabulka 5:Mikrobiologická kriteria - jakostní znaky kompostu [1]

2.11.7. Chemické hodnocení kompostu

Při laboratorních rozborech kompostu se postupuje dle ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty" a stanovují se tyto znaky jakosti:

- vlhkost
- obsah celkového N
- celkový obsah spalitelných látek
- poměr C : N
- pH ve vodní suspenzi
- zrnitost
- hodnocení homogenity celku [1].

2.12. Strojní linky pro kompostování

Kompostovací proces se s ohledem na možnosti využití mechanizačních prostředků a na minimum investičních nákladů nejčastěji provozuje v pásových hromadách trojúhelníkového nebo lichoběžníkového průřezu. Rozměry profilů závisí i na charakteru kompostovaného materiálu. Pásové hromady potom umožňují snadné vrstvení, úpravu profilu, jednoduchou aplikaci kejdy do žlabu v koruně hromady, kontinuální překopávání a také snadnou nakládku při vyskladnění hotového kompostu. Při tomto procesu je třeba udržet požadovaný tvar profilu zakládky, důkladnou homogenizaci a provzdušnění veškerého materiálu. Splnění těchto požadavků bez použití výkonných mechanizačních prostředků je dnes nemožné. Použité mechanizační prostředky jsou s výhodou sestavovány do strojních linek dvou typů [5]:

a) linky pro výrobu hrubého kompostu

b) linky pro finalizaci a expedici vyrobeného kompostu

Celkové řešení návrhu strojní linky pro kompostování ovlivňuje forma prodeje produktu. Ta může být realizována buďto:

- „ve velkém", kdy je produkt vyroben jako hrubý kompost, volně ložený na dopravním prostředku viz obrázek 2

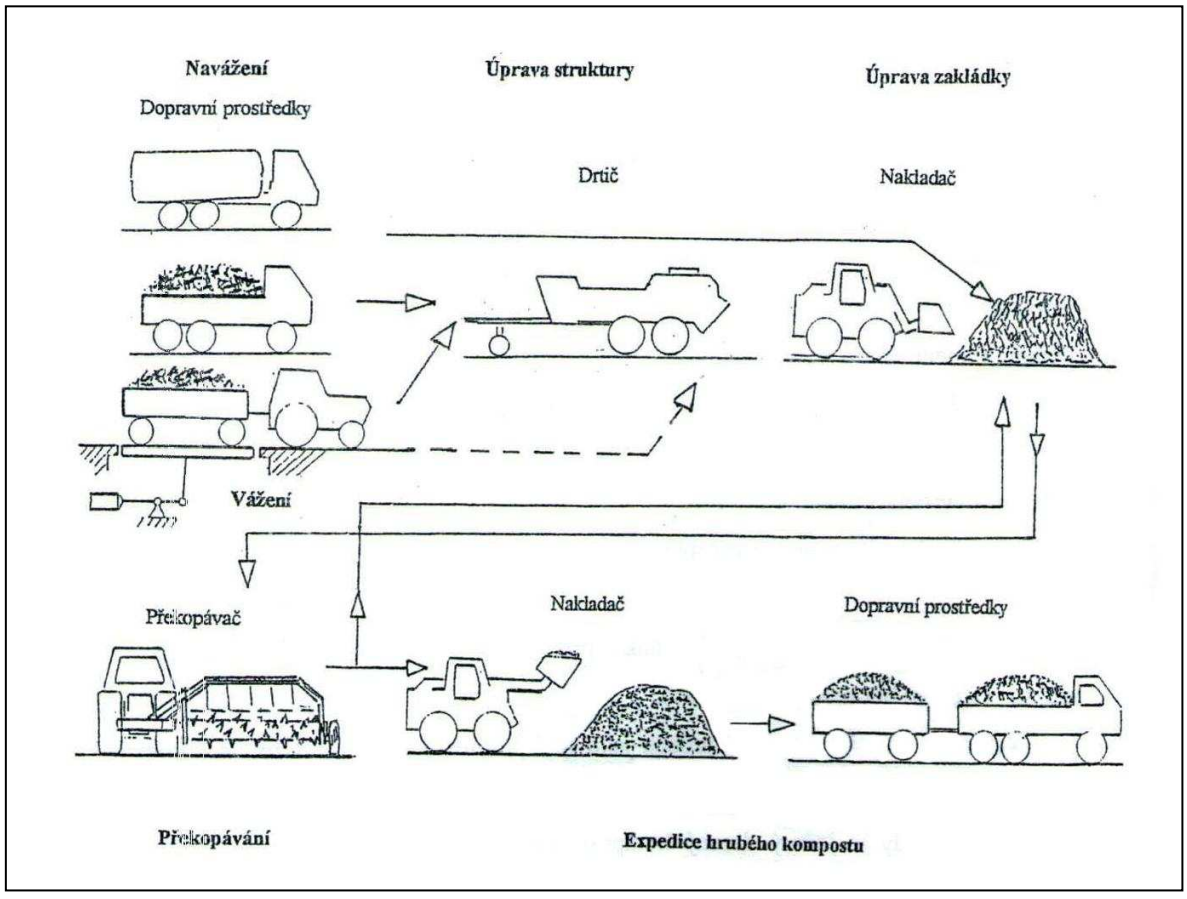
- „v malém", kdy je jemný drcený kompost proséván popř. obohacován mikroprvky a pytlován po 3,10,20 a 50 kg viz obrázek 3

- u moderních kompostovacích linek je možné samozřejmě oba dva způsoby kombinovat viz obrázek 4 [5].

2.12.1. Linky pro výrobu hrubého kompostu

Možná varianta sestavy této linky je na obrázku 2

- nákladní automobil s přívěsem - navážení tuhých komponentů a rozvoz hotového kompostu volně loženého nebo pytlovaného
- traktor s přívěsy - doprava na kratší vzdálenosti operativní přeprava materiálu
- fekální vůz, cisterna - pro návoz tekutých a kašovitých komponentů [5],



Obrázek 2:Sestava strojní linky pro výrobu hrubého kompostu [5]

- mostní váhy - vážení při expedování hrubého kompostu popř. vážení jednotlivých komponentů při zakládání kompostu
- drtič, štěpkovač - drcení komponentů v zájmu dobré homogenizace zakládky
- nakladač (kompostu) - vrstvení komponentů, přemísťování kompostu, nakládání kompostu, úprava hromad
- překopávač kompostu - průběžné promíchávání a provzdušňování kompostu během procesu „zrání" [5]

2.12.2. Linky pro výrobu jemného kompostu

Volba strojů pro sestavu této linky je ovlivněna kvalitou hrubého kompostu a požadavkem na výstupní parametry jemného kompostu (obohacení živinami, velikost částic, způsob balení) strojní linky na obrázku 2 jsou sestaveny z těchto strojních celků:

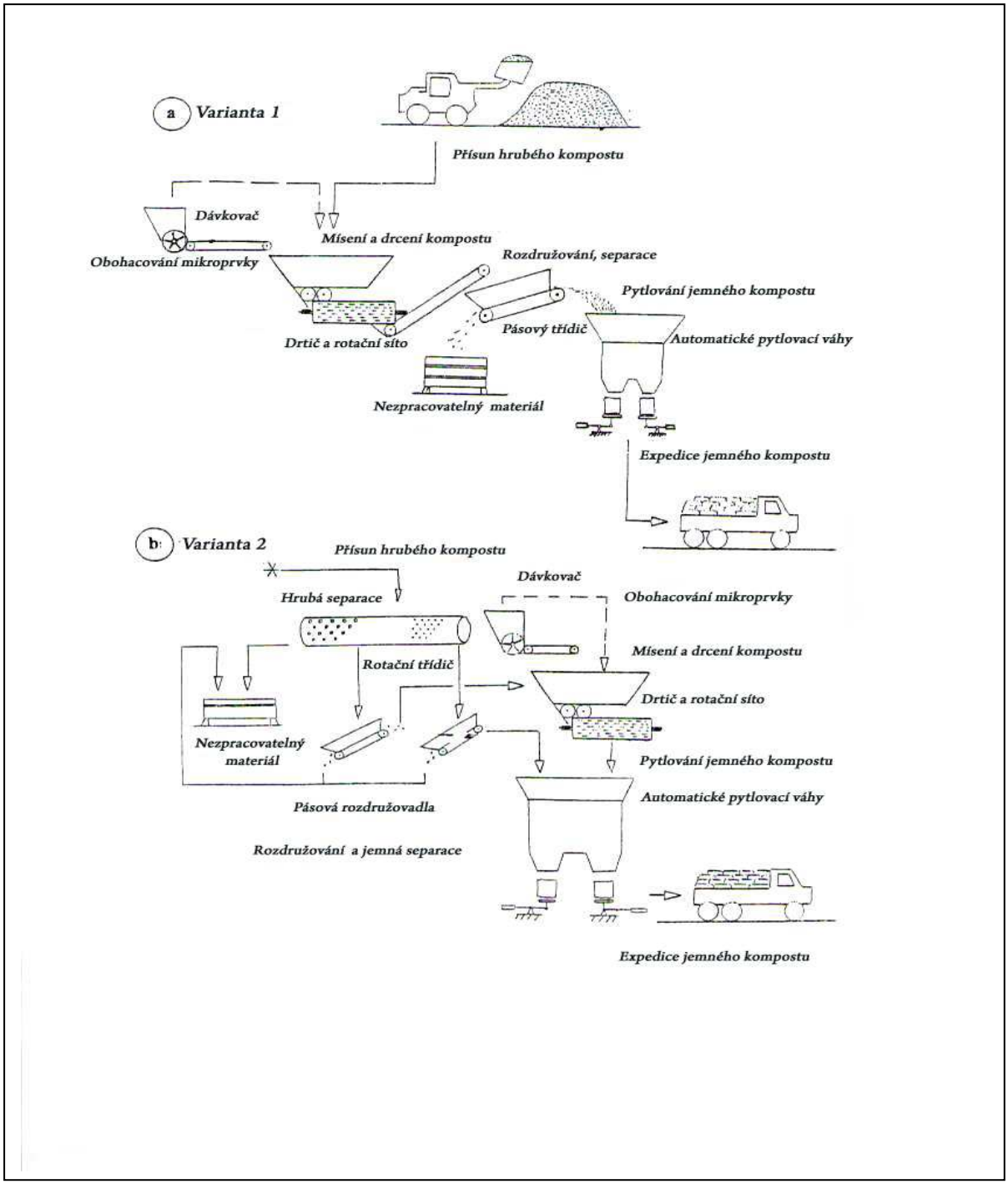
- drtič s mísičem - úprava jemného kompostu s možností zamíchání obohacujících mikroprvků pro maloprodej
- dávkovač - dávkování mikroprvků a jiných příměsí do zpracovaného kompostu
- prosévací zařízení - prosévání hrubého kompostu
- pytlovací váhy - dávkování v požadovaných hmotnostech při finalizaci pro drobný prodej
- mostní váhy - vážení při expedování hrubého kompostu popř. vážení jednotlivých komponentů při zakládání kompostu

Strojní vybavení kompostovací linky je závislé na velikosti kompostárny, způsobu kompostování a zpracování výsledného produktu a z toho vyplývajícího způsobu prodeje [5].

2.12.3. Kombinované kompostovací linky

S výjimkou překopávačů kompostu se v sestavách linek u nás objevují většinou víceúčelové stroje (nakladače, drtiče - štěpkovače, upravená rotační či vibrační síta, automatické váhy apod.).

U moderních kompostovacích linek, které jsou sestaveny z výkonných speciálních strojů, není přísně rozlišena výroba hrubého a jemného kompostu, ale linky jsou sestavovány tak, aby uživatel mohl operativně pokrývat okamžitou poptávku v požadovaném sortimentu (hrubý kompost, jemný kompost, substrát s proměnlivým složením atd.) [5].



Obrázek 3 Varianty strojních linek pro výrobu jemného kompostu [5]

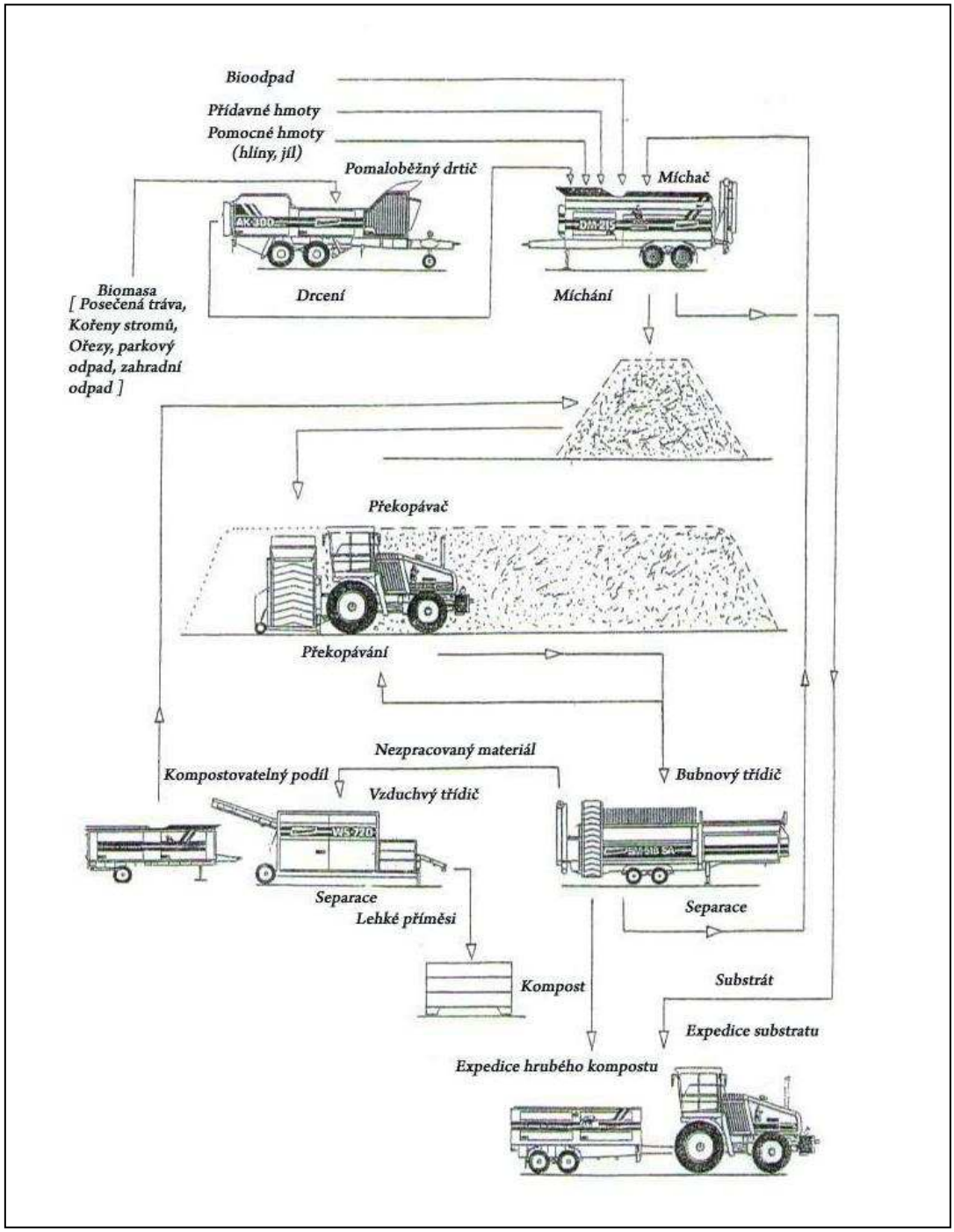
Takové linky lze označit jako kombinované. Příklad kombinované kompostovací linky firmy DOPPSTADT je na obrázku 4.

Vstupní materiály jsou zde přiváděny do mobilního míchače buď přímo nebo přes pomaloběžný drtič. Míchač je vybaven vynášecím, výškově stavitelným dopravníkem, který umožňuje vrstvení pásových hromad v požadovaných parametrech.

Překopávání je zabezpečeno výkonným překopávačem uzpůsobeným i pro plnění míchače či třídiče. Separace zralého kompostu je provedena v bubnovém drtiči, kdy nejjemnější frakce slouží k přípravě substrátů dle požadované receptury a další (hrubší frakce) se expeduje jako hrubý kompost [5].

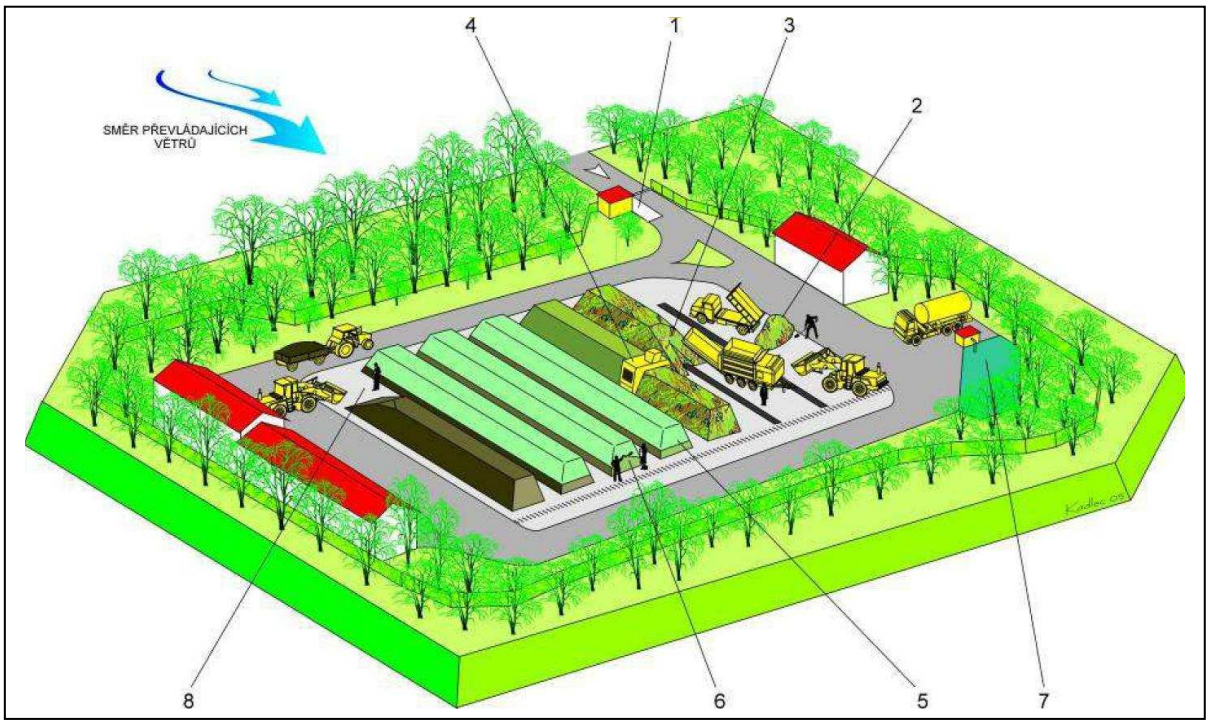
Nezpracovaný materiál se vytřídí ve vzduchovém třídiči, lehké příměsi jsou odděleny, a kompostovatelný podíl se vrací do zakládky, kde slouží částečně jako očkovací složka.

Moderní linky se vyznačují tím, že preferují mobilní vysoce výkonné stroje, které umožní i provádění služeb pro menší firmy (zahradnictví, údržba zeleně, třídírny TKO, zpracovatelské podniky apod.), pro něž je kompostování zbytkové biomasy či dalších organických odpadů nedílnou součástí jejich výrobní technologie [5].



Obrázek 4:Kombinovaná kompostovací linka (DOPPSTADT) [5]

2.14. Obecné schéma kompostovací stanice



Obrázek 5:Obecné schéma kompostovací stanice [15]

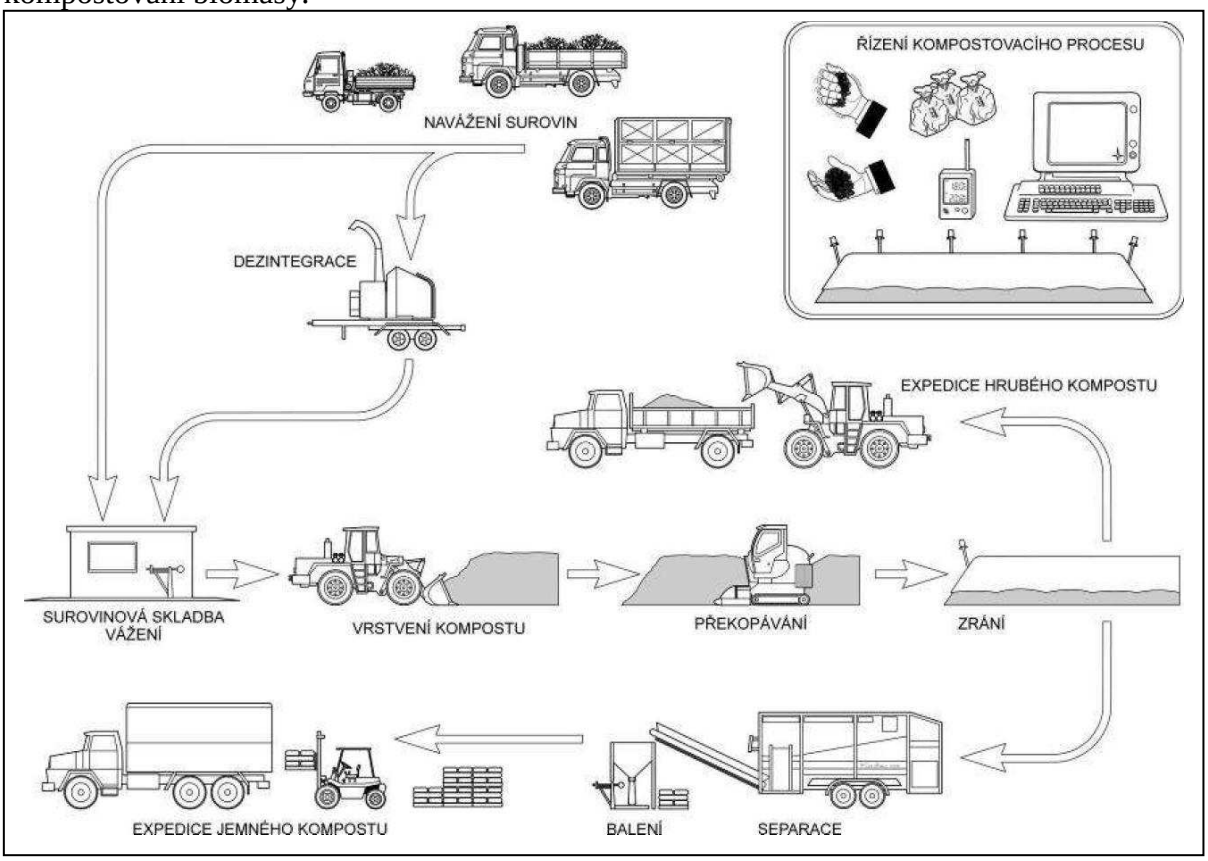
1. Vážení vstupních materiálů a expedovaného kompostu. Pomocí mostní váhy.
2. Uskladňování a míchání vstupních kompostovacích surovin.
3. Zakládání pásových hromad.
4. Překopávání kompostu.
5. Zakrývání pásových hromad folií.
6. Kontrola kompostovacího procesu.
7. Zavlažování a mytí mechanizačních prostředků.
8. Expedování hotového kompostu.

3. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je pomocí objektivních informací (z věrohodných pramenů) zjistit objemy biomasy, které jsou a do budoucna budou produkovány z městské zeleně v Českých Budějovicích. Tato biomasa převážně vzniká z údržby trávníků, spadaného listí na podzim a v neposlední řadě obsahuje také drobný dřevěný odpad, který je nedílnou součástí při ošetřování, zastřihávání a likvidaci dřevin. Pro zpracování přebytečné biomasy procesem kompostování je nutné stanovit základní technologické, technické, exploatační a ekonomické podmínky pro zakládání, ošetření a zpracování kompostů. Dalším cílem je navrhnout pro pozemky města dostačující kapacitu a vybavení kompostovací stanice.

4. Metodika

Na obrázku číslo 6 je zobrazeno schéma procesů, které probíhají během celého cyklu kompostování biomasy.



Obrázek 6:Schéma procesů celého cyklu při kompostovaní biomasy [5]

4.1. Vážení surovin

V kompostovací stanici je důležité dodržování poměru složek ve správném poměru. Proto je důležitá podrobná dokumentace a přehled množství všech složek. Tyto složky se do kompostovací stanice přijímají dvěma způsoby. Vykupováním viz tabulka 8 nebo nakupováním složek kompostu tabulka 9.

Je nutné tedy instalovat váhu viz kapitola 5.1., která umožní vážení osobních nebo nákladních automobilů zákazníků. Odborný pracovník odečte váhu a zapsáním SPZ, jména zákazníka a přijatého materiálu nám poskytne potřebné údaje, které bude možné dále zpracovávat pro podrobný přehled.

4.1.1. Kalkulace množství biomasy

Tato kompostovací stanice je navrhována především pro firmy, které spravují pozemky města v Českých Budějovicích tak, aby mohla pojmout veškerou biomasu, která bude zpracovávána. Kapacita kompostovací stanice pojme i biomasu obyvatel města. V dnešní době jsou veliké problémy s ukládáním odpadů, které vznikají údržbou pozemků. Vznikají tedy černé skládky, nebo se tato biomasa odváží na skládky komunálního odpadu nebo na jiná nevhodná stanoviště.

Městské pozemky města České Budějovice v tabulce 6, jsou rozdělené do 11 celků, o které pečují smluvně zavázané odborné firmy. Každý správní okruh má nastavené odlišné požadavky. Například v centru města nesmí velikost trávníku přesáhnout výšku 10 cm, ale naopak jsou okruhy zeleně, které firmy sekají 2 až 3 krát do roka.

Číslo okruhu	Správní okruhy	Velikost [ha]
1	Sídliště Vltava	34
2	Sídliště Máj	35
3	Sídliště Šumava	23
4	Pražské sídliště,Kněžské Dvory	37
5	Pekárenská, Husova kolonie, hřbitov..	17
6	Centrum	12
7	Rožnov, Havlíčkova kolonie, Nové Hodějovice	29
8	Suché Vrbné, Nové Vráto	17
9	Stromovka, okolí plavárny a Sokolský ostrov	52
10	Třebotovice, Kaliště	1
11	Malý jez	3
součet		260

Tabulka 6:Celkový přehled rozdělení pozemků města

Množství jednotlivých složek biomasy, které vznikly na pozemcích města v Českých Budějovicích je zobrazeno v tabulce 7. Hodnoty byly přepočítány podle dokumentů firmy Agrien s.r.o. a v případě, kde nebyly podklady k dispozici, byla množství materiálů stanovena kvalifikovaným odhadem.

Číslo okruhu	Správní celky	tráva [t]	listí 25% [t]	listí 75% [t]	odřezky keřů (drcené) [t]
1	Sídliště Vltava	292.7	36.38	109.82	43.86
2	Sídliště Máj	301.3	37.45	113.05	45.15
3	Sídliště Šumava	198	24.61	74.29	29.67
4	Pražské sídliště,Kněžské Dvory	318.5	39.59	119.51	47.73
5	Pekárenská, Husova kolonie, hřbitov..	146.3	18.19	54.91	21.93
6	Centrum	103.3	12.84	38.76	15.48
7	Rožnov, Havlíčkova kolonie, Nové Hodějovice	249.6	31.03	93.67	37.41
8	Suché Vrbné, Nové Vráto	146.3	18.19	54.91	21.93
9	Stromovka okolí plavárny a Sokolský ostrov	447.7	55.64	167.96	67.08
10	Třebotovice, Kaliště	8.61	1.07	3.23	1.29
11	Malý jez	25.8	3.21	9.69	3.87
součet		2241	280	841	336

Tabulka 7:Množství vyprodukované biomasy

4.1.2. Vstupní náklady na suroviny

Navrhovaný kompost je složen z dvou hlavních celků. Ze složek, které nakupujeme viz tabulka 8 a druhou část tvoří složky vykupované viz tabulka 9.

Vykupované složky kompostu	
Složka kompostu	$[Kč \bullet t^{-1}]$
tráva	130.-
listí (olše, habr)	130.-
listí (lípa, buk, bříza)	130.-
odřezky keřů	450.-
odpad zeleniny	300.-

Tabulka 8:Ceník vykupovaných surovin [11]

Kupované složky kompostu	
Složka kompostu	$[Kč \bullet t^{-1}]$
kejda prasat	150.-
kejda skotu	100.-
kejda drůbeže	100.-
chlévská mrva skotu	100.-
chlévská mrva koně	150.-
chlévská mrva ovce	200.-
hašené vápno	3600

Tabulka 9:Ceník nakupovaných surovin

Z nejznámějších vápenatých látek, které je možné přidávat do kompostů, byly zvoleny tři suroviny. Pálené vápno CaO, hašené vápno $Ca(OH)_2$ a mletý vápenec, který se zpravidla prodává s přídavkem hořčíku.

Pálené vápno má dvě veliké nevýhody. Cena oproti hašenému vápnu je vyšší asi o 500Kč na tunu. Pálené vápno způsobí výrazné zpomalení kompostovacího procesu. Mletý vápenec je příliš finančně nákladný. Z tohoto důvodu bylo zvoleno hašené vápno.

4.2. Dezintegrace

Slovo dezintegrace znamená v českém jazyce rozklad nebo rozpad. Je vhodné využívat pro tuto práci drtič z kapitoly 5.2., který má vyšší otáčky než štěpkovače. Převážná část hmoty, kterou budeme drtit, je tvořena dřevinami, pochází tedy z větví a složek vznikajících zastřihováním a kácením stromků a keřů. Odborné firmy na pozemcích města v Českých Budějovicích vyprodukují svojí činností asi 336t dřevěné štěpky, kterou budeme dále zpracovávat procesem kompostování. Případné přebytky této dřevní hmoty můžeme využívat jako mulčovací materiál ke stromům a keřům ve Stromovce, popřípadě v centru města.

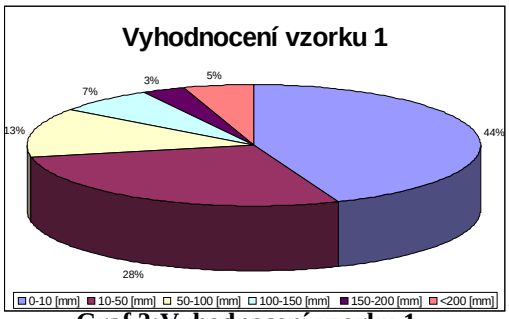
Pro lepší orientaci jsem přiložil tabulku 10, ve které jsou znázorněny některé druhy dřevin. Lze z této tabulky jednoduchým způsobem odvodit objem biomasy v m^3 jednotlivých dřevin.

Druhy dřevěné hmoty	Objemová hmotnost [kg/m^3]
Dřevo bukové	600-800
Dřevo dubové	700-1000
Dřevo ebenové	1200
Dřevo jedlové	500-800
Dřevo lipové	400-600
Dřevo ořechové	700-800
Dřevo smrkové	500-800

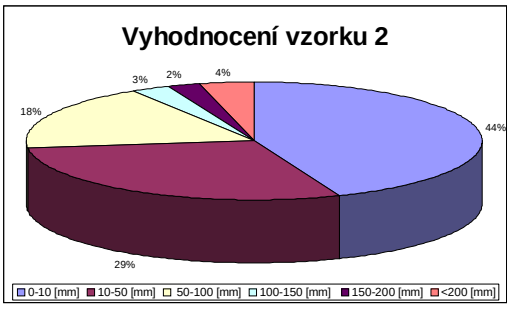
Tabulka 10:Přehled objemových hmotností některých dřevin vyskytujících se na pozemcích města v Českých Budějovicích [8]

	Číslo vzorku	0-10 [mm]	10-50 [mm]	50-100 [mm]	100-150 [mm]	150-200 [mm]	<200 [mm]
Strunový žací stroj	1	44%	28%	13%	7%	3%	5%
Strunový žací stroj	2	44%	29%	18%	3%	2%	4%
Žací stroj	3	58%	35%	6%	0,6%	0,2%	0,2%
Žací stroj	4	61%	34%	5%	0,5	0,3%	0,2%

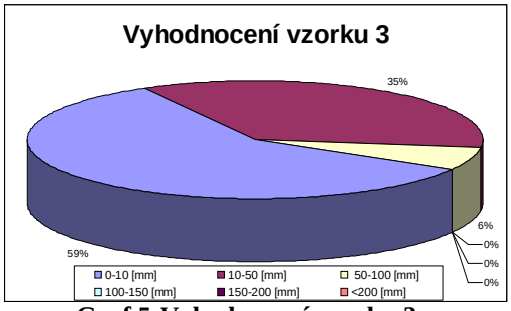
Tabulka 11:Rozbor vzorků trávy ze správního okruhu 5



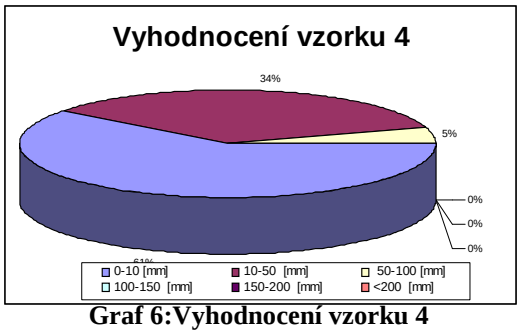
Graf 3:Vyhodnocení vzorku 1



Graf 4:Vyhodnocení vzorku 2



Graf 5:Vyhodnocení vzorku 3



Graf 6:Vyhodnocení vzorku 4

Z těchto grafů je vidět, že kvalita žacích strojů je dostatečná a nebude tedy nutné drtit tuto travní hmotu.

Vzorky, které sloužily k vyhodnocení kvality práce žacích strojů a vhodnosti využití této biomasy pro kompostovací proces bez nadrcení, byly odebrány celkem 4 po 100g. Biomasa pro rozdělování do vzorků byla získána náhodně tak, aby byla zajištěna vypovídající hodnota. Travní porost posekaný žacím strojem je hromaděn v zásobníku. Ten je však vyprazdňován po cyklu naplnění této nádoby. Byly tedy vzorky odebrány ze středu vyklopené hromady.

Na místech, u kterých nebylo možné zajistit posečení travních ploch žacím strojem, musely firmy volit menší mechanizaci. Pomocí strunových žacích stojů byly upraveny plochy okolo chodníků, budov i na těžko dostupných plochách.

Při odebrání vzorků byla teplota vzduchu 25^0C a velikost travního porostu byla asi 25cm. Hodnocení vzorků probíhalo ihned po odebrání.

4.3. Surovinová skladba a vážení

Tato kapitola je zaměřena k optimalizaci skladby kompostu.

4.3.1 Složky kompostu

Kompost je skládán ze dvou hlavních složek viz tabulka 12. Produkci základních složek kompostu prakticky ovlivňovat nejde, nebo jen velmi obtížně a v omezeném rozsahu. Druhou hlavní skupinu kompostovacích složek tvoří složky volitelné. Produkce není přímo závislá na pozemcích města v Českých Budějovicích, ale naopak jsou nakupovány podle výnosů základních složek tak, aby byl zjištěn optimální průběh kompostovacího procesu.

Základní složky kompostu	Volitelné složky kompostu
tráva	kejda prasat
listí hrabanka (olše, habr) 25%	kejda skotu
listí hrabanka (lípa, dub, buk, bříza, topol) 75%	kejda drůbeže
odřezky keřů (drcené)	chlév. mrva skotu
	chlév. mrva koně
	chlév. mrva ovce
	odpad zeleniny

Tabulka 12:Přehled základních a volitelných složek kompostu

V tabulce 12 není uvedena hlína. Je to jedna z nepostradatelných součástí kompostu. Přimícháním této suroviny ve správném poměru naočkujeme kompost půdními bakteriemi, a tím se rozklad biomasy zrychlí a zkvalitní.

Hlínu potřebnou k naočkování získáme při stavbě samotné kompostárny. A při každém cyklu plnění biomasou, se bude tato hlína používat opětovně.

4.3.2. Optimalizace poměru C:N

Optimální poměr C:N je 30:1. V zásadě rozlišujeme dvě hlavní skupiny. Látky bohaté na dusík a látky bohaté na uhlík viz tabulka 13. V tabulce jsou tyto suroviny smíchané dohromady, tak jak je uváděno i v převážné části odborných publikací. Ale platí pravidlo, že látky, které mají poměr C:N stejný nebo nižší než 30:1, nazýváme látkami bohaté na dusík. Když je poměr vyšší než 30:1 hovoříme o nich jako o látkách bohatých na uhlík.

Látky bohaté na dusík	C:N
drůbeží hnůj	15:1
močůvka	3:1
kejda prasat	6,9:1
kejda skotu	9,3:1
kejda drůbeže	5:1
chlévská mrva skotu	20,5:1
chlévská mrva koně	20,5:1
chlévská mrva ovce	16,5:1
odpad zeleniny	16,5:1
tráva	12:1
listí hrabanka (olše, habr) 25%	25:1
listí hrabanka (lípa, dub, buk, bříza, topol) 75%	50:1
odřezky keřů (drcené)	350:1

Tabulka 13:Přehled poměru C:N ve složkách kompostu [3]

Základní složka		Výchozí poměr C:N		
		C	N	
tráva	2241	12	1	
listí hrabanka (olše, habr) 25%	280	25	1	
listí hrabanka (lípa, dub, buk, bříza)75%	841	50	1	
odřezky keřů (drcené)	336	350	1	
Celkový poměr C:N	3698			52,33694:1

Tabulka 14:Vypočítání celkového poměru C:N u základních složek

Základní složky obsahují biomasu, která pochází z pozemků města. Tyto složky budeme nadále kombinovat s volitelnými komponenty. Každá tato kombinace má na následující stránce vytvořenou tabulku tak, aby splňovala náročné požadavky na poměr C:N a přidané hlíny. Hlínu přidáváme do kompostu kvůli naočkování kompostu půdními bakteriemi.

Jediná tabulka 14, nemá tento potřebný ideální poměr C:N v poměru 30:1 dodržen, není to nebytně nutné, protože základní složky jsou neoddělitelnou součástí všech variant celkového složení kompostů. Všechny navržené varianty jsou zobrazené na následujících stránkách této práce.

Volitelná složka: kejda prasat		Výchozí poměr C:N		
		C	N	
základní složky	3698 t	52	1	
hlína	725 t	7	1	
kejda prasat	2793 t	6,9	1	
celkový poměr C:N				30,022:1
poměr hlíny				10,0471%

Tabulka 15:Vypočítání celkového poměru C:N u kejdy prasat a základních složek

Volitelná složka: kejda skotu		Výchozí poměr C:N		
		C	N	
základní složky	3698 t	52	1	
hlína	755 t	7	1	
kejda skotu	3065 t	9,3	1	
celkový poměr C:N				30,07241:1
poměr hlíny				10,0425%

Tabulka 16:Vypočítání celkového poměru C:N u kejdy skotu a základních složek

Volitelná složka: kejda drůbeže		Výchozí poměr C:N		
		C	N	
základní složky	3698 t	52	1	
hlína	700 t	7	1	
kejda drůbeže	2590 t	5	1	
celkový poměr C:N				30,07241:1
poměr hlíny				10,01717%

Tabulka 17:Vypočítání celkového poměru C:N u kejdy drůbeže a základních složek

Volitelná složka: chlév. mrva skotu		Výchozí poměr C:N		
		C	N	
základní složky	3698 t	52	1	
hlína	1075 t	7	1	
chlév. mrva skotu	5950 t	20,5	1	
celkový poměr C:N				30,0098:1
poměr hlíny				10,0251%

Tabulka 18:Vypočítání celkového poměru C:N u chlévské mrvy skotu a základních složek

Volitelná složka: chlév. mrva koně		Výchozí poměr C:N		
		C	N	
základní složky	3698 t	52	1	
hlína	1067 t	7	1	
chlév. mrva koně	5890 t	20,5	1	
celkový poměr C:N				30,0807:1
poměr hlíny				10,0148%

Tabulka 19:Vypočítání celkového poměru C:N u chlévské mrvy koně a základních složek

Volitelná složka: odpad zeleniny		Výchozí poměr C:N		
		C	N	
základní složky	3698 t	52	1	
hlína	915 t	7	1	
kejda drůbeže	4461 t	16,5	1	
celkový poměr				30,0096:1
poměr hlíny				10,0837%

Tabulka 20:Vypočítání celkového poměru C:N u odpadu zeleniny a základních složek

Volitelná složka: chlév. mrva ovce		Výchozí poměr C:N		
		C	N	
základní složky	3698 t	52	1	
hlína	910 t	7	1	
chlév. mrva ovce	4475 t	16,5	1	
celkový poměr C:N				30,0014:1
poměr hlíny				10,0187%

Tabulka 21:Vypočítání celkového poměru C:N u chlévské mrvy ovce a základních složek

	Součty hospodářských zvířat				meziroční navýšení zvířat
	Česká republika		Jihočeský kraj		v Jihočeském kraji
	[ks]	[ks]	[ks]	[ks]	[%]
	2007	2008	2007	2008	
prasata	2 830 415	2 432 984	338 331	303 331	-10,4
skot	1 391 393	1 401 607	210 573	214 743	1,9
drůbež	24 592 085	27 316 866	3 502 620	3 930 306	12,2
koně	---	---	3 437	3 849	11,9
ovce	168 910	183 618	23 969	25 489	6,3

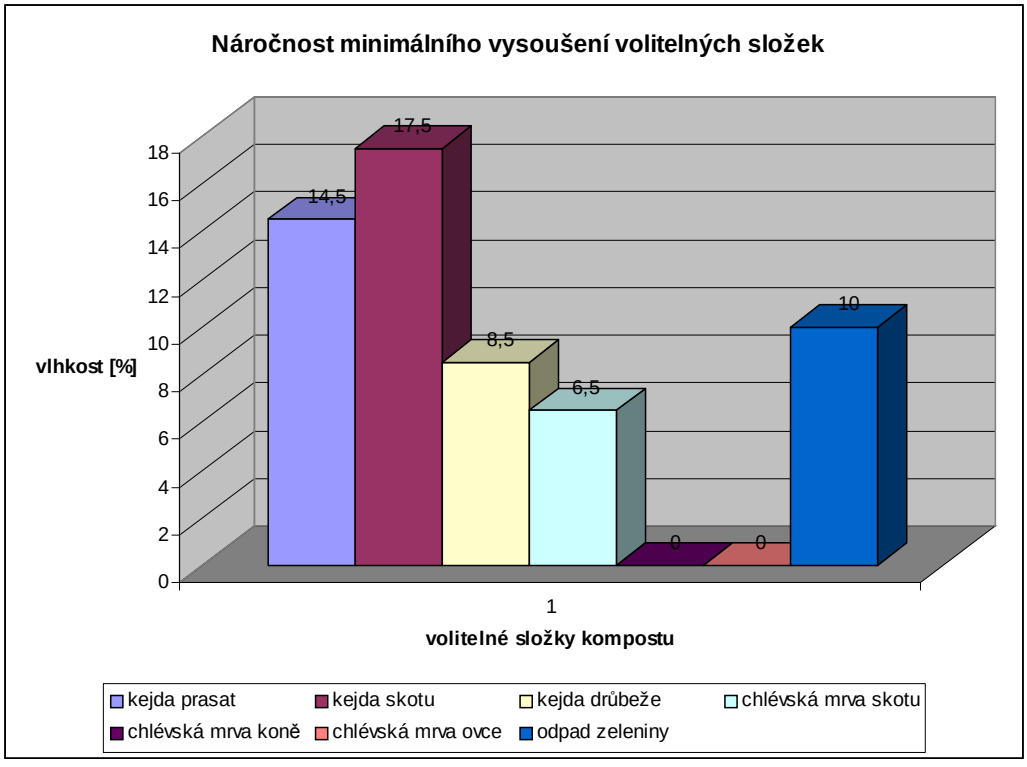
Tabulka 22:Přehled počtu hospodářských zvířat v letech 2007 a 2008

Ze všech variant, které jsou zpracované v předešlých tabulkách, vyplývá jako optimální řešení kombinace základních složek a odpadu zeleniny. Jak je zřetelně vidět v kapitole 6.3. v grafu 11. V tomto případě je finanční zatížení nákupu složek nejpříznivější. Druhou nejvýhodnější variantu bych doporučil kombinaci základních složek a kejdy drůbeže. V tabulce 31 jsou ceny pořízení surovin poměrně příznivé a trend navyšování počtu drůbeže v Jihočeském kraji je také velice dobrý.

4.3.3. Optimalizace vlhkosti v kompostovacím procesu

	kompostovací složka		vysoušení složek		
složka kompostu	průměrná vlhkost [%]	vlhkost [%]	max. vlhkost [%]	nutné vysušení [%]	min. vlhkost [%]
kejda prasat	94,5	91-98	80	14,5	55
kejda skotu	96,5	94-99	79	17,5	55
kejda drůbeže	89,5	82-97	81	8,5	55
chlév. mrva skotu	78,5	75-82	72	6,5	55
chlév. mrva koně	70,5	68-73	70,5	0	55
chlév. mrva ovce	67,5	65-70	67,5	0	55
odpad zeleniny	85	80-90	75	10	55
listí	27,5	15-40	---	---	---
odřezky keřů	55	40-70	---	---	---
tráva	67,5	65-70	---	---	---
hlína	10	10	---	---	---

Tabulka 23: Vlhkost v kompostu [4]



Graf 7:Náročnost složek kompostu na vysoušení

Vysoušení těchto kompostovacích surovin není bezpodmínečně nutné. Tato technologická operace by vyžadovala nemalé finanční prostředky, které by zvyšovaly výraznou měrou cenu vyrobeného kompostu. Při účinnosti vysoušení 20% bychom potřebovali přibližně 2-3 litry fosilního paliva na vysušení 1 litru vody z těchto kompostovacích složek.

4.3.4. Vápno v kompostu

Složka kompostu [%]	obsah CaO v sušině vstupních surovin [%]
Píce (travní hmota)	0
listí	1,7-3,0
piliny	0,1-0,2
odpad zeleniny	0,8-2,0
kejda prasat	3,1-3,8
kejda skotu	2,0-5,0
kejda drůbeže	8,0-11,0
chlévská mrva skotu	2,0-5,0
chlévká mrva koňe	1,1-1,3
chlévská mrva ovce	0,8-1,1
hašené vápno	100

Tabulka 24:Znázorněný obsah CaO v sušině složek určené pro kompostovací proces [4]

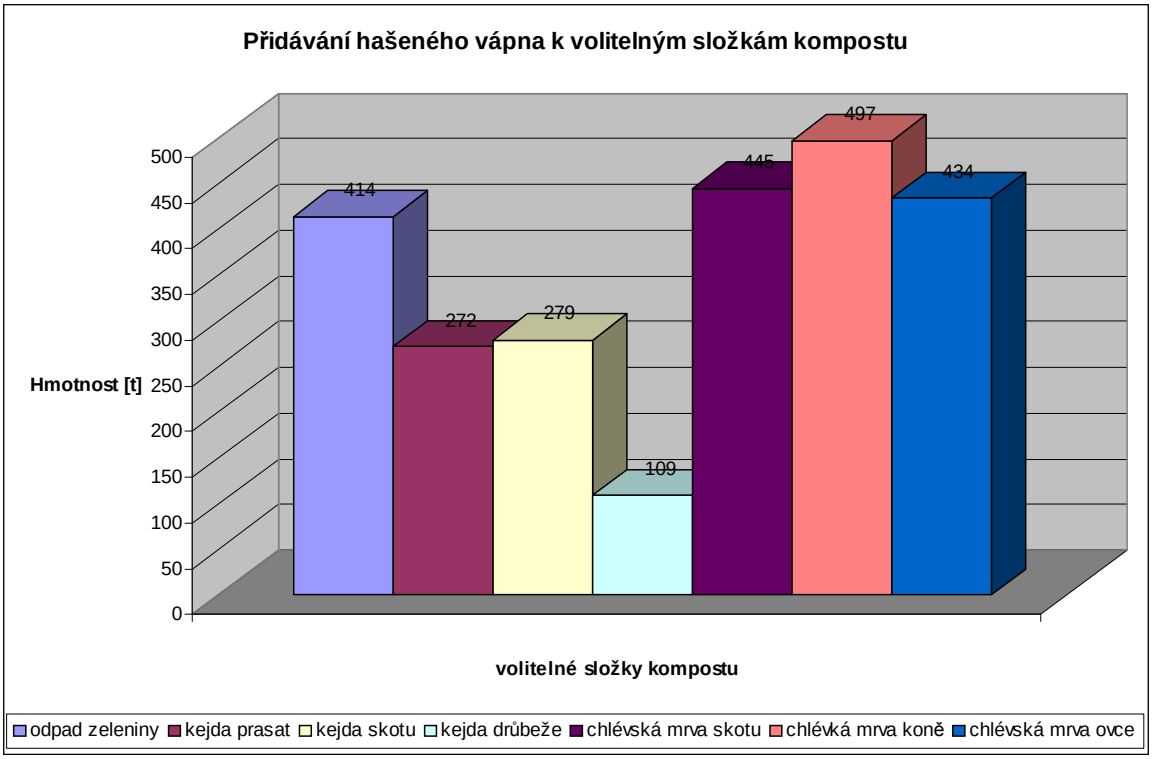
Složka kompostu	Průměrná hodnota CaO ve složkách kompostu [%]	Množství $Ca(OH)_2$ pro ideální obsah CaO v sušině kompostu [t]	Obsah CaO v sušině kompostu bez přidavého $Ca(OH)_2$ [%]	Obsah $Ca(OH)_2$ v ideálním obsahu CaO v sušině kompostu [%]
Píce (travní hmota)	0	---	---	---
listí	2,35	---	---	---
piliny	0,2	---	---	---
odpad zeleniny	1,4	414	1,44	4,56
kejda prasat	3,45	272	2,23	3,76
kejda skotu	3,5	279	2,29	3,71
kejda drůbeže	9,5	109	4,44	1,55
chlévská mrva skotu	2,2	445	1,33	4,19
chlévká mrva koně	1,2	497	1,33	4,66
chlévská mrva ovce	0,95	434	1,22	4,77
hašené vápno	100	---	---	---

Tabulka 25:Přehled výsledků obsahu CaO v jednotlivých variantách kompostu [4]

Průměrná hodnota množství CaO v sušině (obsahují ve složkách) kompostu byla vypočítána jako vážený průměr z rozsahu, který udává odborná literatuta.

Obsah oxidu vápenatého v hotovém kompostu je tedy 1-12%. Proto byl zvolen ideální poměr CaO jako průměr z těchto dvou hodnot. Po vypočítání jednotlivých variant kompostu bylo zjištěno, že minimální hranici 1% přesahují všechny presentované alternativy kompostu. Je možné tedy jejich částečné kompostování i bez přidání vápna.

V tabulce 25 jsou dále znázorněny ještě dva sloupce: množství Ca(OH)2 pro ideální obsah CaO v sušině kompostu a obsah Ca(OH)2 v ideálním obsahu CaO v sušině kompostu. První sloupec znázorňuje množství přidaného vápna, aby bylo docíleno obsahu CaO v sušině kompostu 6%. Druhý sloupec znázorňuje hodnotu, v jakém poměru bude přidané vápno a celkový kompost.



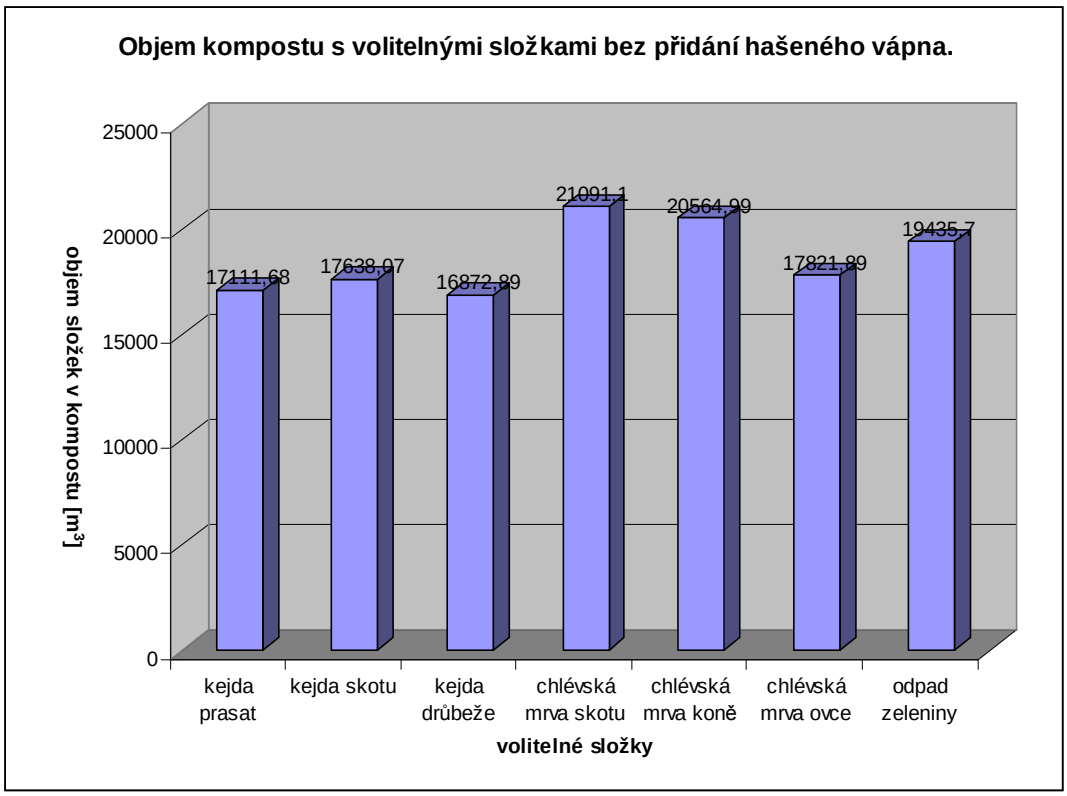
Graf 8:Přidávání hašeného vápna k volitelným složkám kompostu

4.3.5. Vypočítání objemu kompostu pomocí jeho složek

Tato kapitola je velice důležitá, protože pomocí celkového objemu kompostu je možné dovypočítat velikost plochy potřebné pro kompostování. Tato plocha musí být speciálně upravená. Objemové hmotnosti kompostovacích surovin viz tabulka 26.

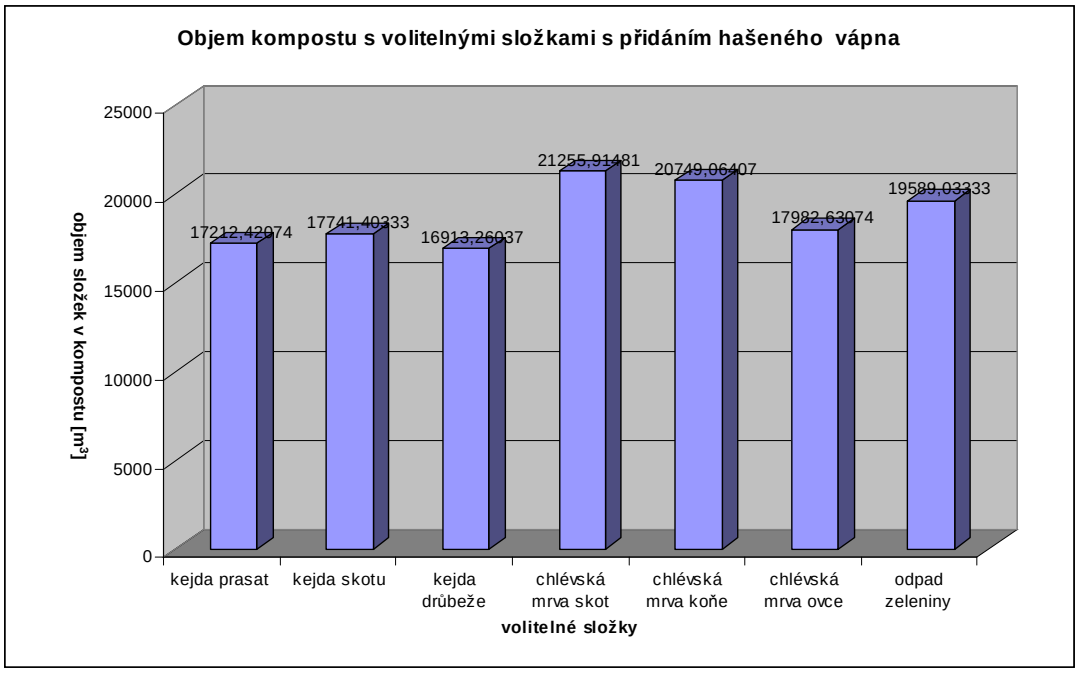
Objemové hmotnosti vybraných látek	
kompostovací suroviny	$[kg \bullet m^{-3}]$
tráva	326
listí	193
odřezky keřů drcené	314
hlína	1320
kejda prasat	994
kejda skotu	925
kejda drůbeže	1000
chlévská mrva skot	912
chlévská mrva koně	981
chlévská mrva ovce	1324
odpad zeleniny	894

Tabulka 26:Objemová hmotnost složek kompostu [3]



Graf 9:Objem kompostu s volitelnými složkami bez přidání hašeného vápna

Z tohoto grafu zřetelně vyplývá, že nejvíce náročná kombinace volitelné složky na objem kompostovaných složek je „chlévská mrva skot“. Hodnoty z tohoto grafu byly vypočítány pomocí objemové hmotnosti. Musíme tedy navrhovat plochu pro kompostovací stanici tak, aby velikost plochy byla dostatečná v každé variantě volitelných složek.



Graf 10:Objem kompostu s volitelnými složkami s přidáním hašeného vápna

5. Použité mechanizační prostředky

V této části práce jsou podrobněji popsány mechanizační prostředky z kapitoly 4.

5.1. Váha pro osobní a nákladní automobily

Byla vybrána váha vyráběná firmou Utilcell, s. r. o. se snímači sil M740 D a vyhodnocovací jednotkou Matrix. Obrázek 7 a 8.

Obrázek 7:Vyhodnocovací jednotka Matrix [14]

Obrázek 8: Váha v kompostárně [14]

Tato váha bude dobře splňovat požadavky. Bude moci pracovat v rozmezí od -30 do +70 ^{0}C. Maximální váživost váhy je 60t [14].

Univerzální vyhodnocovací jednotka Matrix (obrázek 7) je vybavena programovými prostředky pro průmyslové aplikace nebo vážení nákladních automobilů. V obou verzích je k dispozici deset paměťových míst pro uložení velikosti táry (hodnoty přiřazení nule) a tisk vážního lístku. Pro přenos dat slouží dva porty RS-232C (jeden duplexní a druhý jednosměnný) a vstup pro připojení externí klávesnice.

Verze pro vážení nákladních automobilů (obrázek 8) umožňuje ukládat do paměti registrační značky, jména produktů a podniků. Tyto údaje jsou využity při tisku vážního lístku, který ještě lze doplnit poznámkou. Při opakovaném vážení stejných vozidel se využívá táry vozidla uložené v paměti pod poznávací značkou, nebo je možné využít tzv.dvojího vážení, kde se na lístku váhy objeví vypočtená čistá hmotnost. Informace o váženích zůstávají v paměti a je možné z nich vytvořit a tisknout přehledy podle směru přepravy materiálu, podle produktů, podniků, data a registračních značek [14].

5.2. Drtič dřevního odpadu

Kombi drtič Doppstadt DZ 750

Tento stroj kombinuje výhody rychloběžného a pomaloběžného drtiče do jednoho zařízení. Díky tomuto spojení lze na vstupu zpracovávat hrubý materiál a na výstupu získat menší frakci podrceného materiálu. Standardně je tento drtič vybaven 2 magnetickými separátory kovových příměsí [7].

Typ motoru	Daimler Chrysler	diesel OM 502 LA
Výkon motoru	kW/HP	448/610
Palivová nádrž	l	900
Pomaloběžný drtič		
Průměr rotoru	mm	600
Délka rotoru	mm	3.000
Počet zubů na rotoru	ks	21
Pracovní otáčky	ot./min	35
Rychloběžný drtič		
Průměr rotoru	mm	1.120
Šířka rotoru	mm	1.750
Pracovní otáčky	ot./min	965 - 1.065
Počet kladiv	ks	36
Max.rozměr vkládané hmoty	mm	650
Magnetické separátory kovových příměsí	Magnetické příčné pásy nad mezidopravníkem a zadním vynášecím dopravníkem	
Podvozek	přívěs do 80 km/h se vzduchovými brzdami s ABS	
Hmotnost	kg	46.000

Tabulka 27:Techniké parametry drtiče Dopstadt DZ 750 [7]

Tento drtič Doppstadt DZ 750 viz obrázek 9 je velmi výkonný, proto ho budeme využívat prioritně pro tuto kompostovací stanici, ale zároveň nám zůstanou dostatečné časové kapacity na jeho údržbu a opravy, popřípadě provozování služeb pro menší kompostárny.

Obrázek 9:Kombi drtič Doppstadt DZ 750 [10]

Výkonnost tohoto drtiče ovlivňují dvě základní podmínky. Způsob nakládání materiálu do drtiče a samotný drcený materiál. Firma Some Jindřichův Hradec mi poskytla praxí ověřenou hodnotu výkonu tohoto drtiče - 40m^3 za 10 minut. Ve výsledku to znamená 54 t za hodinu [13].

5.3. Překopávač kompostu

DZ 420

Technická data	Hodnoty
Hmotnost stroje	7000 kg
šířka/šířka/výška	5,45/2,55/3,20 m
Maximální pracovní šířka	4,80 m
Maximální pracovní výška	2,1 m
Maximální výkon překopávání	1800 m^3/h
Zdvihový objem	6,8 l
Spotřeba paliva	40,8 l
Výkon překopávání v praxi	1000 m^3/h

Tabulka 28:Technické parametry překopávače SF 420 [6][13][7]

Pomocí technických údajů můžeme zvolit podle tabulky 28 vhodný rozměr kompostovacích pásových hromad. Tyto rozměry jsou velmi důležité pro další počítání. Například velikost kompostovací stanice a délka kompostovací hromady.

šířka pásové hromady	výška profilu
B [m]	H [m]
2,0	1,10-1,20
2,50	1,30-1,50
3,0	1,50-1,80
4,0	2,20

Tabulka 29:Možné rozměry pásových hromad [5]

5.4. Finanční náročnost pro majitele kompostovací stanice.

Kompostovací stanici bude spravovat odborná firma, vybraná majitelem tohoto komplexu. Kapacita je vypočítána pro potřeby města a počítá s dostatečnou kapacitou plně pokrývající potřeby drobných producentů biomasy. Tato skupina je prezentována drobnými zahrádkáři a sadaři. Tuto kompostovací stanici bude vlastnit město České Budějovice.

5.5. Základní rozdělení majetku kompostovací stanice

Město České Budějovice, které bude majitelem této kompostovací stanice, bude vlastnit převážně nemovitý majetek a část movitého majetku, který je bezpodmínečně nutný pro proces kompostování. Tato jednorázová investice ze strany města bude mít několik výhod.

- Vrácení hotového kompostu na pozemky města a zvýšení tak kvality života obyvatel.
- Rozšíření velikosti pěstovaných rostlinných druhů zeleně.
- Zvýší se konkurenceschopnost prodeje kompostu na trhu.
- Zvýší se počet firem, které budou moci provozovat tuto kompostárnu (vyšší zisky města).

6. Ekonomické zhodnocení

Při ekonomickém hodnocení provozu kompostárny jsou objektivním kriteriem náklady na 1t vyrobeného kompostu a cena 1t tohoto kompostu na trhu. Při stanovení nákladů na 1t kompostu je nutno počítat s těmito rozhodujícími nákladovými položkami:

a) náklady na pořízení nebo pronájem plochy pro kompostování
b) pořizovací náklady strojů v kompostovací lince (ve formě odpisů)
c) vstupní náklady na suroviny
d) náklady na dopravu surovin + (pohonné hmoty)
e) náklady na vlastní provoz kompostárny
f) náklady na obohacování mikroorganismy [5].

6.1. Náklady na pořízení nebo pronájem plochy pro kompostování

Náklady na pořízení nebo na pronájem plochy nebudeme zahrnovat do ekonomického zhodnocení. Kompostovací stanice je navrhována především pro pozemky města, a proto bude výhodné, když tato stanice bude majetkem města České Budějovice. Spravovat tuto kompostovací stanici bude pečlivě vybraná odborná firma.

6.2. Pořizovací náklady strojů v kompostovací lince (ve formě odpisů)

Název- typ- parametr	Pořizovací	Fixní náklady		Spotřeba	Roční	Náklady na 1h provozu		
	cena (tis.Kč)	Odpisy (Kč*r^{-1})	Celkem (Kč*r^{-1})	paliva (l*h^{-1})	nasazení (h)	Fixní (Kč*h^{-1})	Variabilní (Kč*h^{-1})	Celkem (Kč*h^{-1})
Nakladače samojízdné	750	125000	379397	4,6	800	157	184	341
Drtič Doppstadt AK 750	9512	1585333	1635333	40,8	1000	1585	1200	2785
Překopávač kompostu	2500	416666	466666	40,8	22	18939	1100	20039

Tabulka 30:Náklady strojů v kompostovací lince [15]

Tabulka 30 je sestavená kombinací údajů provozními náklady strojů [15] a kvalifikovaných odhadů.

Mostní váhy, které mají nezastupitelnou roli při vážení jednotlivých složek kompostu a expedici hotového kompostu, jsou součástí kompostovacího areálu, který vlastní město České Budějovice. Nebudou se tedy započítávat do kalkulace nákladů.

Do tabulky 30 jsou zahrnuty vybrané stroje a pro maximální optimalizaci této linky byly zvoleny mechanizační prostředky, u kterých byla pořizovací cena v jiné měně než v českých korunách. Tyto pořizovací ceny byly přepočítány kurzem ČNB.

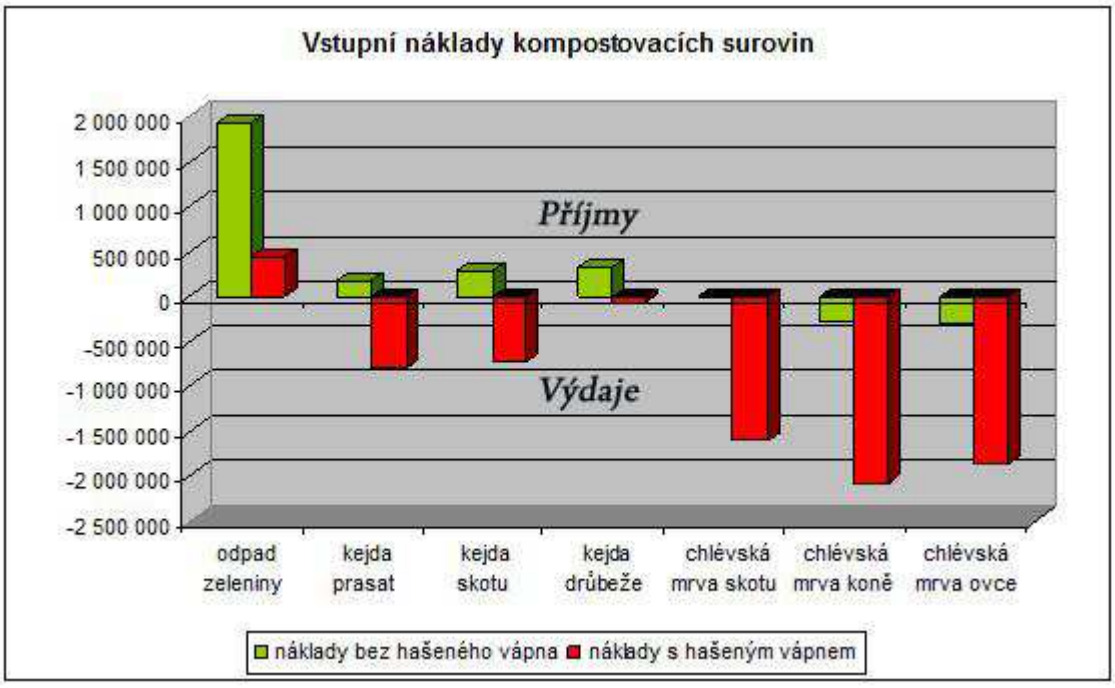
6.3. Vstupní náklady na suroviny

Vstupní náklady na suroviny lze poměrně přesně vypočítat. Budeme potřebovat tabulku 8 a 9 z kapitoly 4.1.2. a tabulku 7 z kapitoly 4.1.1. Porovnáme tedy náklady, které budeme muset vydat za nákup surovin a finanční prostředky přijaté z výkupu těchto surovin. Po porovnání těchto dvou hodnot dostaneme částku, která bude prezentovat celkové náklady spojené s nákupem složek kompostu.

		finanční náročnost pořízení složek kompostu bez vápna [kč]	finanční náročnost pořízení složek kompostu s vápnem [kč]
Základní složky	základní složky	588 260	---
	+ odpad zeleniny	1 926 560	436 160
	+ kejda prasat	169 310	-809 890
	+ kejda skotu	281 760	-722 640
	+ kejda drůbeže	329 260	-63 140
	+ chlévská mrva skotu	-6 740	-1 608 740
	+ chlévská mrva koně	-295 240	-2 084 440
	+ chlévská mrva ovce	-306 740	-1 869 140

Tabulka 31:Celkové finanční náklady na kompostovací suroviny.

V těchto kalkulacích nejsou započítány náklady na hlínu přidávanou ke kompostovacím surovinám. Získáme ji při stavbě kompostovací stanice, protože její dno musí být speciálně upravené.



Graf 11:Celkové náklady na kompostovací suroviny.

6.4. Náklady na dopravu surovin

Dopravu biomasy a zejména pak trávy, listí a odřezků keřů budou zabezpečovat odborné firmy zajišťující správu a údržbu na pozemcích města. Tyto odborné firmy mají již k dispozici dostatečné množství kvalitní a v neposlední řadě vhodné mechanizace pro jednotlivé části města.

Dopravu ostatních složek kompostu si bude kompostárna zajišťovat sama. Budeme tedy potřebovat 2 druhy mechanizačních prostředků. Fekální vůz a sklápěcí nákladní automobil. Přeprava volitelných složek kompostu nevytíží dostatečně tyto dopravní prostředky, a proto budou využívány také na služby v regionu. Tím by se vrátila část investovaných pořizovacích nákladů.

Druhy kejdy	sušina [%]
skot	7,5
prasata	7,2
drůbež	15

Tabulka 32:Obsah sušiny ve vybraných složkách kompostu [8].

V tabulce 32 jsou uvedena procenta sušiny u vybraných kompostovacích složek. Z této tabulky vyplývá, že pro dopravu kejdy skotu, prasat a drůbeže bude nutné využití fekálních vozů. Ostatní typy surovin bude možné převážet nákladními automobily.

Název- typ- parametr	Pořizovací	Fixní náklady		Spotřeba	Roční	Náklady na 1h provozu		
	cena (tis.Kč)	Odpisy ($Kč*r^{-1}$)	Celkem ($Kč*r^{-1}$)	paliva ($l*h^{-1}$)	nasazení (h)	Fixní ($Kč*h^{-1}$)	Variabilní ($Kč*h^{-1}$)	Celkem ($Kč*h^{-1}$)
Automobilové cisterny	2900	483333	532518	27,8	1600	333	1375	1708
8-10 t								
Nákladní automobily	2900	483333	513100	27,8	1800	285	1188	1473
8-10 t								

Tabulka 33:Náklady strojů na dopravu surovin v kompostovací lince [15]

6.5. Náklady na obohacování mikroorganismy

Tyto mikroorganizmy nebudeme přidávat do kompostu, protože nejsou nezbytně nutné a výrazným způsobem by zvyšovaly náklady provozu kompostovací stanice a zároveň cenu kompostu na 1t.

6.6. Celková kalkulace nákladů

Celková kalkulace nákladů, tedy ceny jedné tuny hotového kvalitního kompostu, se uvádějí na následujících tabulkách.

Celková kalkulace odpisů		
Položka	Pořizovací cena [kč]	Roční odpis [kč]
Nemovitosti	7 500 000	25 000
Automobilové cisterny	2 900 000	532 518
Nákladní automobil	2 900 000	513 100
Nakladače samojízdné	750 000	379 397
Drtič Doppstadt AK 750	9 512 000	1 635 333
Překopávač kompostu	2 500 000	466 666
Mostová váha	500 000	83 333
Součet hodnot	26 562 000	3 635 347

Tabulka 34: Celkový soupis odpisů

		Cena hotového kompostu bez přidání vápna [Kč • t^{-1}]	Cena hotového kompostu s přidáním vápnem [Kč • t^{-1}]
Základní složky	základní složky	---	---
	+ odpad zeleniny	188	337
	+ kejda prasat	480	593
	+ kejda skotu	466	559
	+ kejda drůbeže	473	521
	+ chlévská mrva skotu	340	470
	+ chlévská mrva koně	369	513
	+ chlévská mrva ovce	434	578

Tabulka 35:Cena jedné tuny hotového kompostu

V tabulce číslo 35 jsou uvedeny hodnoty nákladů na vyrobení jedné tuny kompostu z různých kompostovacích složek. Tyto uvedené kombinace zaručují kvalitní výsledek hotového produktu. V kalkulacích nejsou zahrnuté 2 složky příjmů a výdajů a to příjmy vykonaných služeb a náklady na personál.

Mechanizace v technologické lince kompostárny by mohla vykonávat služby, které by přinesly zpět investované finanční prostředky, nebo by zvýšily zisky kompostovací stanice. Tyto příjmy nebyly zahrnuté do kalkulací, protože objem těchto služeb se v jednotlivých letech může měnit.

Náklady na personál kompostovací stanice nebyly zahrnuté do kalkulací. Na celou kompostovací linku bude potřeba přijmout přibližně 2-4 odborné pracovníky. Tyto počty pracovníků bude vhodným způsobem regulovat podle potřeb managment kompostovací stanice, který může být i součástí kompetencí vedoucího kompostárny. V objemovém množství vyráběného kompostu, pro který je tato kompostovací stanice navrhována, nebudou finanční náklady na jednu tunu vyrobeného kompostu, zvýšené o náklady na mzdy pracovníků, tak razantní. Maximální zvýšení ceny kompostu by bylo o 100 Kč na 1 tunu. Ale toto zvýšení by nemělo nastat, protože náklady na personál by měly pokrýt příjmy z objemu poskytovaných služeb.

Na konci každého roku je vypočítáváno celkové hospodaření kompostovací stanice. Výsledkem hospodaření může být zisk nebo ztráta. Tento výsledek hospodaření bude rozdělen podle finančních vkladů do pořízení kompostovací linky. Další detaily bude obsahovat eventuelně zakládací listina.

7. Diskuse

Z pečlivě nasbíraných a vypočítaných hodnot, které uvádím na předchozích stránkách této bakalářské práce, lze jednoduchým způsobem vyhodnotit konkurenceschopnost a dlouhodobou udržitelnost této technologické linky.

7.1. Hodnocení konkurenceschopnosti a udržitelnosti kompostovací stanice

Kompostovací stanice bude prosperovat velmi dobře. Kompostovací stanice má zajištěný příjem surovin pro kompostovaní a prodej kompostu. Zároveň provozováním kompostovací linky ušetří město odborným firmám , které spravují městské pozemky, veliké náklady na likvidaci biomasy z pozemků města. Tyto ušetřené finance se projeví také v rozpočtu města. Odborné firmy, které spravují pozemky města, nebudou mít tak velké náklady, a tím by jim město mohlo zkrátit odpovídající měrou rozpočty. Kompostovací stanice je zároveň na trhu velmi konkurenceschopná. Cena hotového kompostu se pohybuje na trhu cca. 1000 Kč za tunu a tuto cenu je schopna splnit i tato navrhovaná kompostovací stanice s dostatečným ziskem.

8. Závěr

V dnešní moderní době jsou ve městech a na veřejných prostranstvích obecně kladeny vysoké požadavky na udržování zelených ploch, například travních porostů, záhonů, keřů a živých plotů. Všeobecně platí, že v místech s vyšší koncentrací lidí roste i náročnost údržby. Z tohoto důvodu poroste i produkce biomasy, která se bude muset zpracovávat. Proto vznikl v této bakalářské práci návrh kompostovací stanice, která bude schopna splňovat vysoké požadavky na kapacitu a na kvalitu zpracování biomasy dnes i v následujících letech. V dnešní době není totiž žádné oficiální místo v Českých Budějovicích, kde by se tato biomasa mohla dlouhodobě skladovat.

Tato navrhovaná kompostárna je vybavena moderními stroji, je schopná vyrábět různé druhy kompostu podle finanční náročnosti a v neposlední řadě také podle materiálů, které jsou k dispozici. Tyto varianty zajišťují maximální flexibilitu provozu a optimální nastavení volitelných složek pro nejvhodnější ekonomiku provozu.

Zároveň poskytuje tato kompostovací stanice dostatečnou kapacitu pro výkup biomasy od občanů města, ale také rezervu pro mimořádný příjem biomasy, například sběr vánočních stromků a podobně.

9. Seznam použité literatury

[1] Jelínek, A. a kol.: Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním procesem. Realizační pomůcka pro zpracování podnikové normy., 1. vyd., Praha, Reprografické služby VÚZT 2002, 74 s., ISBN 80-238-539-1

[2] Kalina, M.: Kompostování a péče o půdu, 2. vyd., Praha, ‚Grada Publishing, a.s. 2004, 116 s., ISBN 80-247-0907-4

[3] Kompostování v obcích, ve školách, na sídlištích, v zaměstnání, v domácnostech, praktická příručka, Rosa- jihočeská nadace pro ochranu přírody 1995, 12s.

[4] Plíva, P. a kol.: Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu, 1. vyd., Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 2006, 65 s., ISBN 80-86884-11-2

[5] Zemánek, P.: Speciální mechanizace, mechanizační prostředky pro kompostování, 1. vyd., Brno, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita 2001, 114 s., ISBN 30-7157-561-5

[6] http://www.altron.cz/

[7] http://www.biom.cz/

[8] http://cs.wikipedia.org/

[9] http://www.czso.cz/

[10] http://www.doppstadt.com

[11] http://www.kompostarna.com

[12] http://www.neuson-ecotec.com

[13] http://www.somejh.cz/

[14] http://www.utilcell.com/

[15] http://www.vuzt.cz/

10. Seznam tabulek

Tabulka 1:Hodnoty vlhkosti kompostovacích surovin v (%). **14**
Tabulka 2:Teploty při mikrobiologických procesech tlení (dle Knolla 1968) **20**
Tabulka 3:Přístroje pro měření kompostů **21**
Tabulka 4:Teplotní průběhy hromad. **22**
Tabulka 5:Mikrobiologická kriteria - jakostní znaky kompostu. **26**
Tabulka 6:Celkový přehled rozdělení pozemků města. **34**
Tabulka 7:Množství vyprodukované biomasy **34**
Tabulka 8:Ceník vykupovaných surovin. **35**
Tabulka 9:Ceník nakupovaných surovin. **35**
Tabulka 10:Přehled objemových hmotností některých dřevin vyskytujících se na pozemcích města v Českých Budějovicích **36**
Tabulka 11:Rozbor vzorků trávy ze správního okruhu 5. ..... **36**
Tabulka 12:Přehled základních a volitelných složek kompostu **37**
Tabulka 13:Přehled poměru C:N ve složkách kompostu. **38**
Tabulka 14:Vypočítání celkového poměru C:N u základních složek. **38**
Tabulka 15:Vypočítání celkového poměru C:N u kejdy prasat a základních složek. **39**
Tabulka 16:Vypočítání celkového poměru C:N u kejdy skotu a základních složek **39**
Tabulka 17:Vypočítání celkového poměru C:N u kejdy drůbeže a základních složek. **39**
Tabulka 18:Vypočítání celkového poměru C:N u chlévské mrvy skotu a základních složek **39**
Tabulka 19:Vypočítání celkového poměru C:N u chlévské mrvy koně a základních složek. **40**
Tabulka 20:Vypočítání celkového poměru C:N u odpadu zeleniny a základních složek **40**
Tabulka 21:Vypočítání celkového poměru C:N u chlévské mrvy ovce a základních složek. **40**
Tabulka 22:Přehled počtu hospodářských zvířat v letech 2007 a 2008. ..... **40**
Tabulka 23: Vlhkost v kompostu. **41**
Tabulka 24:Znázorněný obsah CaO v sušině složek určené pro kompostovací proces. **42**
Tabulka 25:Přehled výsledků obsahu CaO v jednotlivých variantách kompostu. **42**
Tabulka 26:Objemová hmotnost složek kompostu. **43**
Tabulka 27:Techniké parametry drtiče Dopstadt DZ 750 ..... **46**
Tabulka 28:Technické parametry překopávače SF 420 ..... **47**
Tabulka 29:Možné rozměry pásových hromad **47**
Tabulka 30:Náklady strojů v kompostovací lince **48**
Tabulka 31:Celkové finanční náklady na kompostovací suroviny. **49**
Tabulka 32:Obsah sušiny ve vybraných složkách kompostu. **50**
Tabulka 34: Celkový soupis odpisů **50**
Tabulka 35:Cena jedné tuny hotového kompostu **51**

11. Seznam grafů

Graf 2:Optimální průběh teploty při kompostování 21
Graf 3:Vyhodnocení vzorku 1. 36
Graf 4:Vyhodnocení vzorku 2. 36
Graf 5:Vyhodnocení vzorku 3. 36
Graf 6:Vyhodnocení vzorku 4. 36
Graf 7:Náročnost složek kompostu na vysoušení. 41
Graf 8:Přidávání hašeného vápna k volitelným složkám kompostu. 43
Graf 9:Objem kompostu s volitelnými složkami bez přidání hašeného vápna. 44
Graf 10:Objem kompostu s volitelnými složkami s přidáním hašeného vápna. 44
Graf 11:Celkové náklady na kompostovací suroviny. 49

12. Seznam obrázků

Obrázek 1:Orientační zkouška vlhkosti. 24
Obrázek 2:Sestava strojní linky pro výrobu hrubého kompostu 27
Obrázek 3 Varianty strojních linek pro výrobu jemného kompostu 29
Obrázek 4:Kombinovaná kompostovací linka (DOPPSTADT) 30
Obrázek 5:Obecné schéma kompostovací stanice 31
Obrázek 6:Schéma procesů celého cyklu při kompostovaní biomasy 33
Obrázek 7:Vyhodnocovací jednotka Matrix 45
Obrázek 8: Váha v kompostárně 45
Obrázek 9:Kombi drtič Doppstadt DZ 750 46