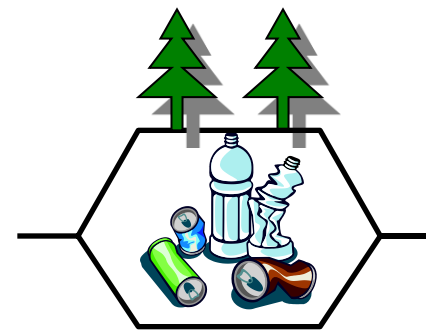


Odpady a recyklace

Přednáška č.5



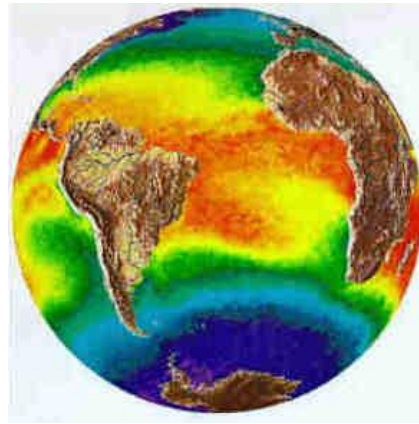
Co se skládkou „dál“?

- Skládkový plyn – jímání na skládkách + zpracování
- Vlivy skládky na složky prostředí
- Uzavření skládky - uzavírací vrstvy
- Typy rekultivací
- Monitorování uzavřené = rekultivované skládky

Během skládkování (zejména po něm) je významná produkce **skládkového plynu**

Čím je skládkový plyn významný?

- ✓ energetický potenciál (zemní plyn)
- ✓ skleníkový efekt (CH_4 , CO_2 ,...)
- ✓ nebezpečnost (výbušnost, zpomalení růstu rostlin, dusivé účinky)



TKO – biologicky rozložitelná složka

→ **Biologicky Rozložitelný KO** - mikrobiologický rozklad
(obdoba procesů v ČOV, v kompostu) vlhkost min 30%

Odlišná biodegradabilita (rozložitelnost) organických l.

- substrát:
- snadno rozložitelný (1-5let – 100%)
 - středně rozložitelný (5-25let – 50%)
 - obtížně rozložitelný (20-100let – 90%)

BRKO → reálná produkce v DO 100 kg/rok/obyvatele_{ČR}
na skládce **neefektivní!!!** → řešení?...

Snaha (legislativní) omezit množství BRKO ukládaného na skládky

→ 2010 pouze 75% množství uloženého 1995

→ 2013 pouze 50%

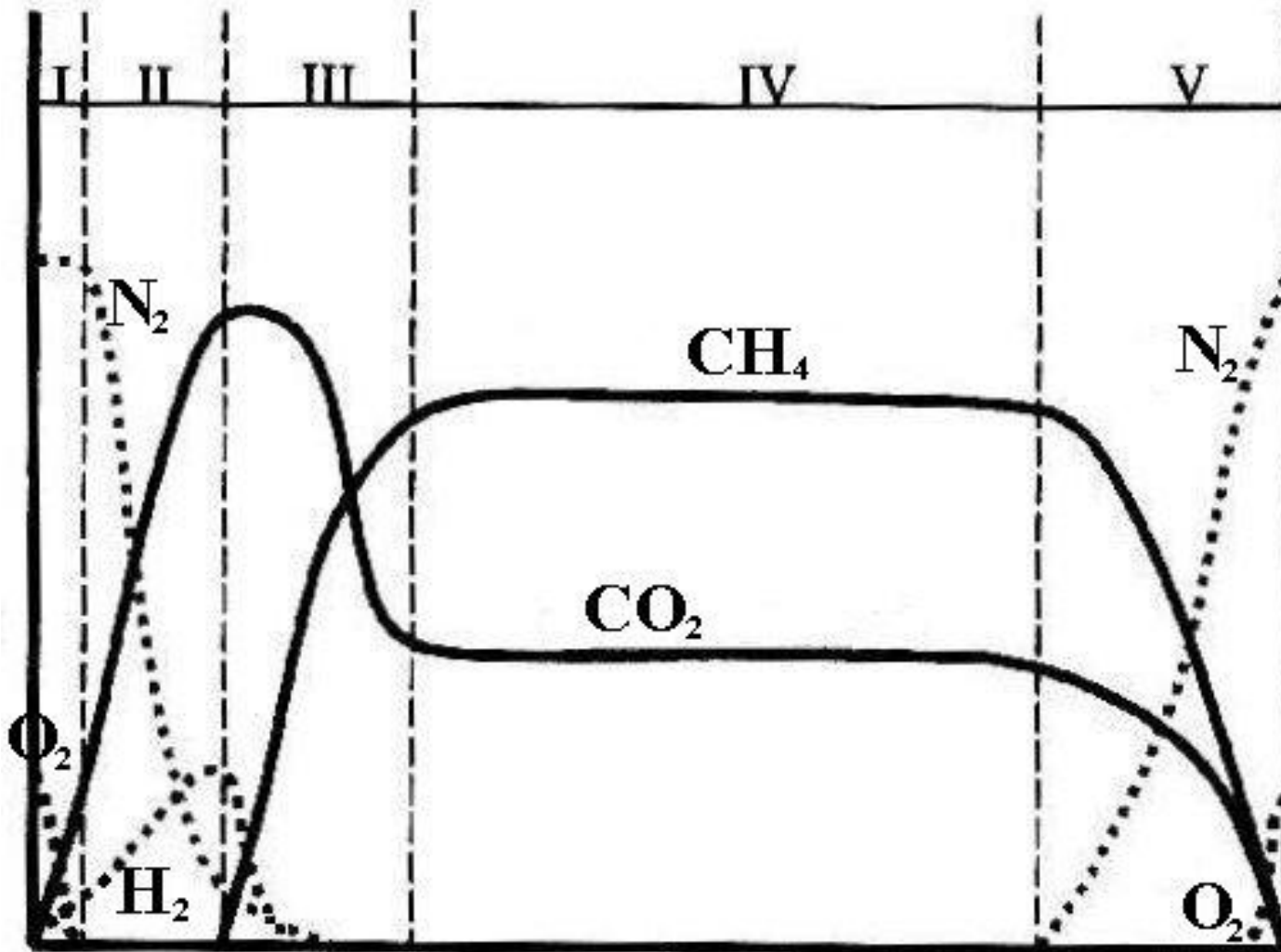
→ 2020 pouze 35%

2015 – povinnost obcí umožnit separaci BRO (stačí 1 kompostoviště)

Katalogové číslo	Název druhu odpadu	Podíl biologicky rozložitelné složky (% hmotnostní)
20 01 01	Papír / lepenka	100
20 01 38	Dřevo	100
20 01 08	Org. kompostovatelný kuchyňský odpad	100
20 01 10	Oděv	75
20 01 11	Textilní materiál	75
20 02 01	Kompostovatelný odpad z údržby zeleně	100
20 03 01	Směsný komunální odpad	40
20 03 02	Odpad z tržišť	75

Rozklad bioodpadu

... 5 fází rozkladu biologicky rozložitelného materiálu...

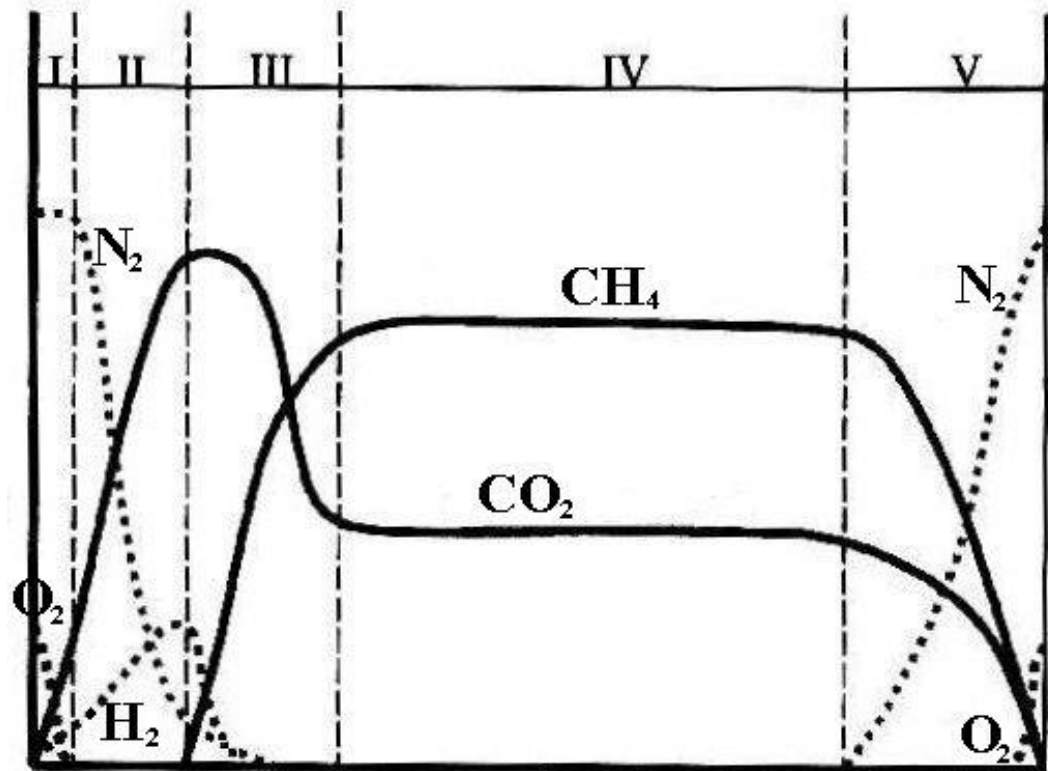


I. Aerobní rozklad glukózy

fáze trvá několik dnů až týdnů (po zhutnění a překryvuje O_2 rychle spotřebován se, zvýš. obs. CO_2)



→ jedná se o exotermickou reakci



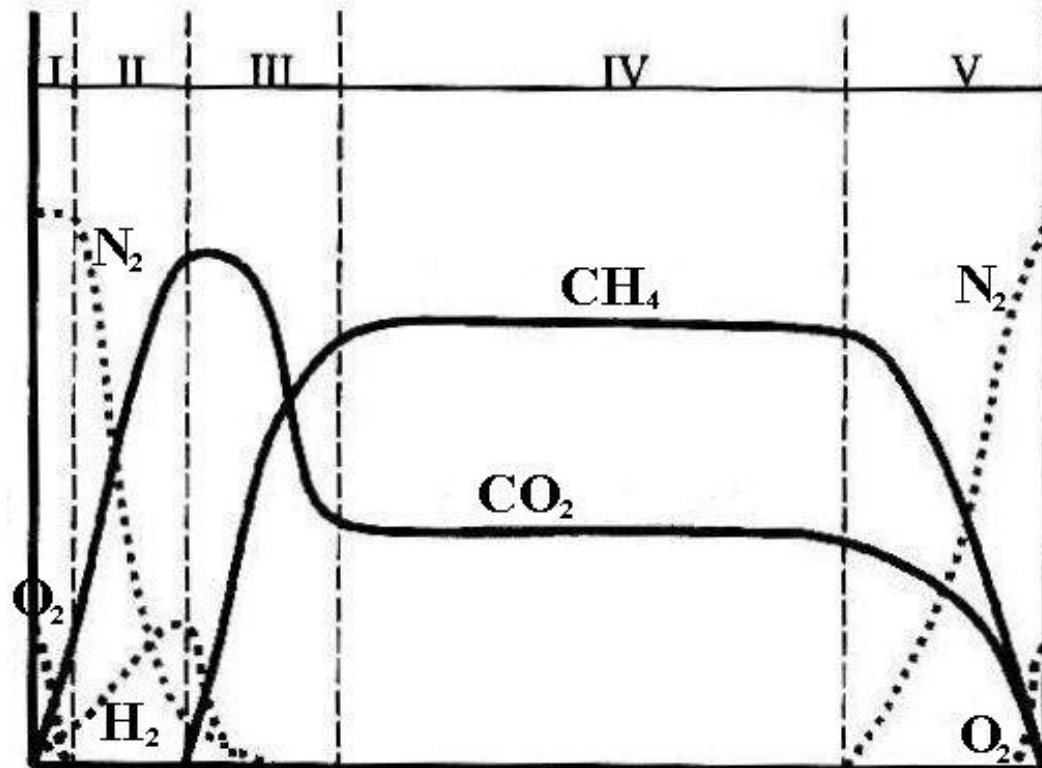
II. Přejíchná Acidogenní fáze → (anaerobně-aerobní)

rozklad látek na základní stavební prvky:

tuky	bílkoviny	celulóza+další polysacharidy
⇓	⇓	⇓
mastné kyseliny	aminokyseliny	jednoduché cukry

zvyšuje se kyselost pH 6,5

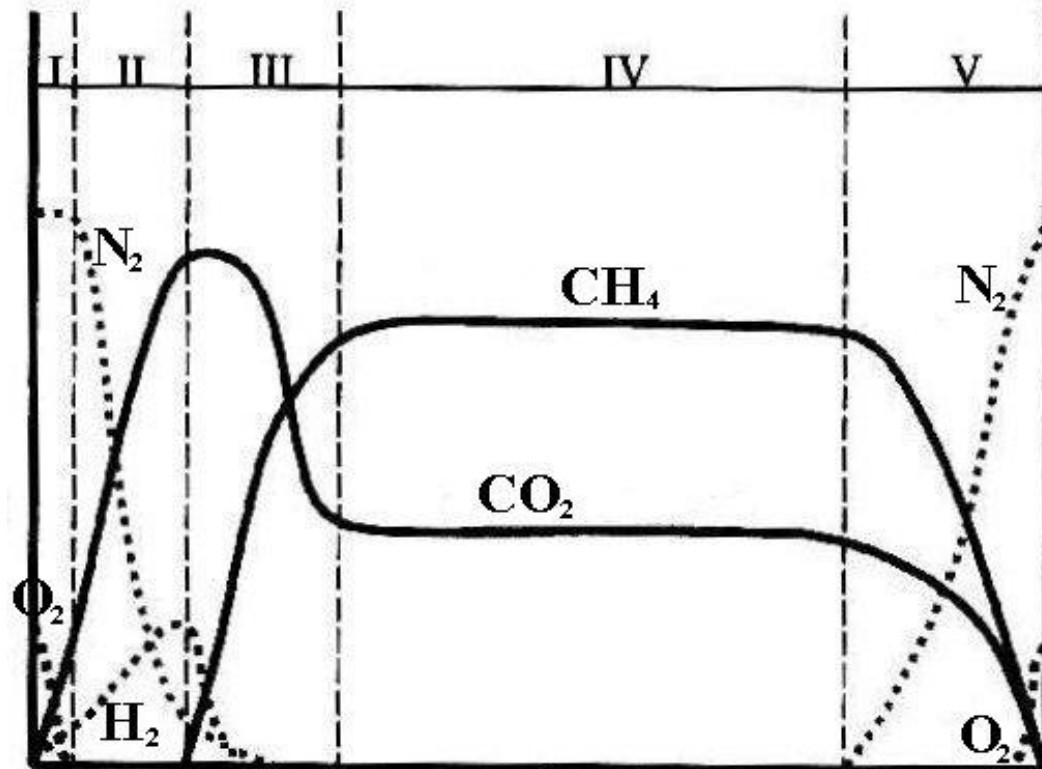
H₂ je pro bakterie výchozím
substrátem pro vznik CH₄



III. Methanové kvašení nestabilní (anaerobní)

nestabilní fáze, reakce prostředí se neutralizuje (pH 6,5÷7,5), z důvodu rozkladu org. kyselin se zvyšuje BSK, sníží se množství CO_2 a H_2 , dochází k množení methanogenních mikroorganismů → CH_4 při nedokonalých anaerobních podm. zpomalení (zastavení) produkce bioplynu

! začíná produkce plynu !



IV. Methanové kvašení stabilní

za stabilních podmínek, které je nutno udržet:

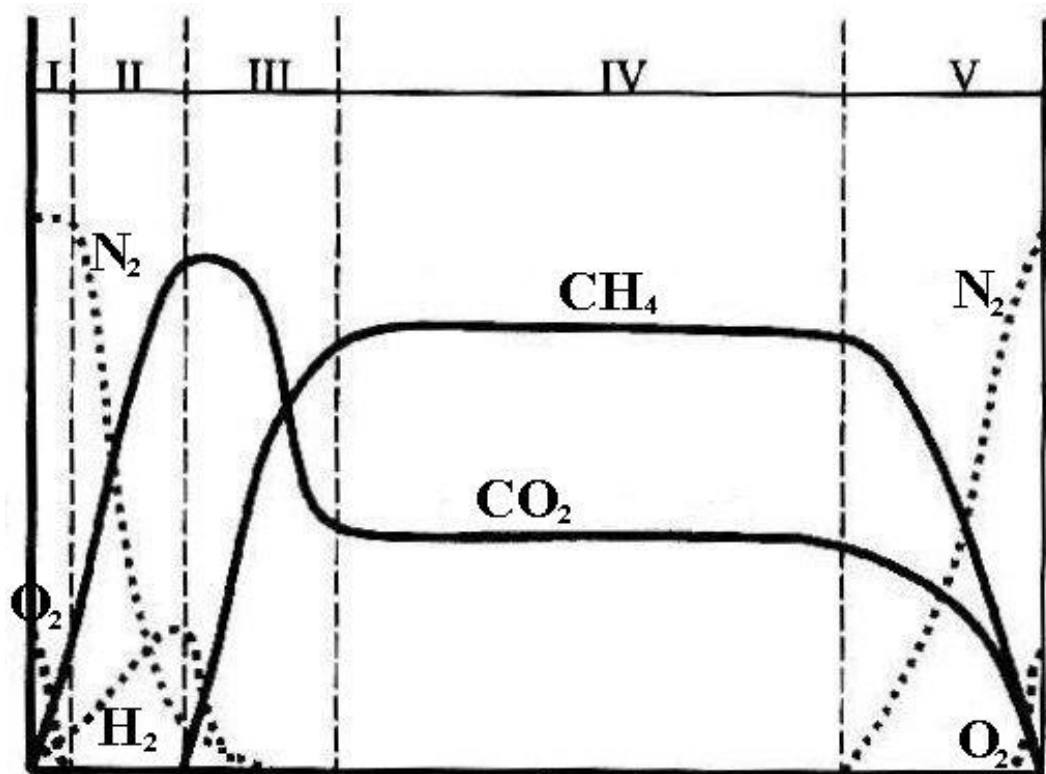
teplota → 35÷50°C (zvládnou i 75°C, negativní je pokles pod 30)

vlhkost substrátu

anaerobní prostředí

bakterie produkují CH₄, CO₂,
pH se stabilizuje (6,8÷8)

**! Fáze produkce použitelného!
!skládkového plynu!**



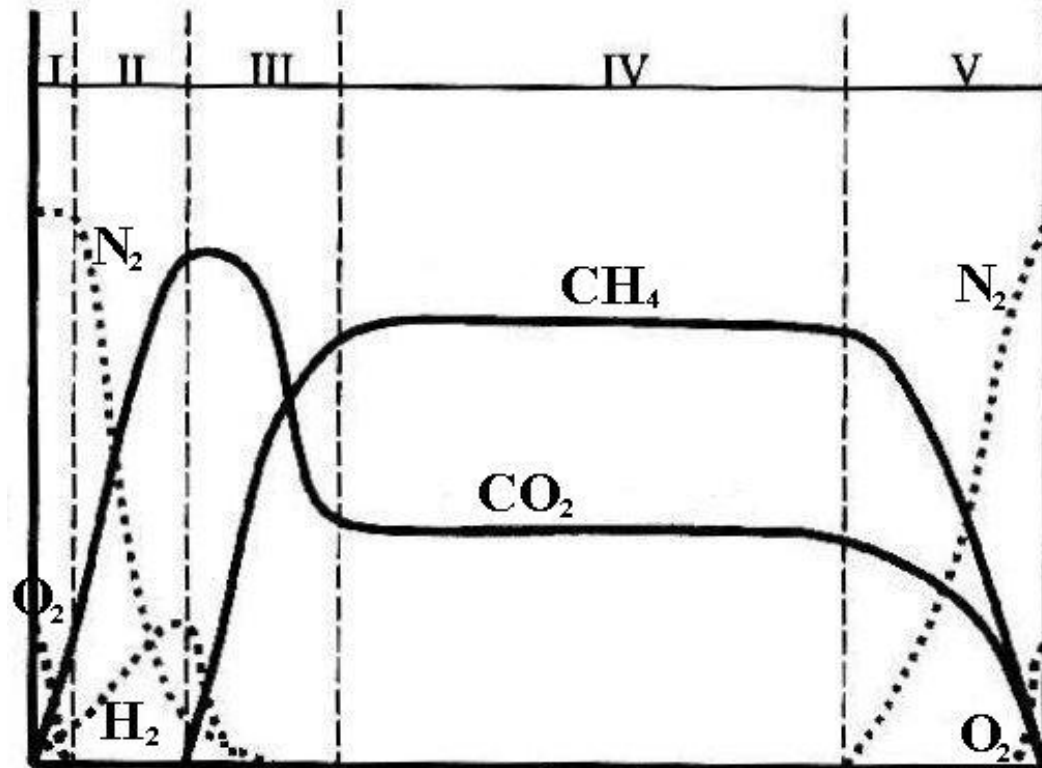
V. Zrání substrátu

biodegradovatelné materiály v odpadu byly rozloženy, proces rozkladu pozvolna končí → množství produkováných plynů klesá

...z povrchu infiltrují plyny odpovídající složení atmosféry

Využitelný skl.plyn

Využitelná produkce
skládkového plynu končí...



Produkce plynu

Vznikající směs má podobné složení (i vlastnosti) jako zemní plyn...

↻	63,8 (52÷70) % _{OBJ}	CH ₄	0,16 %	O ₂
	33,6 (25÷45) %	CO ₂	0,05 %	H ₂
	2,4 (1÷3) %	N ₂	0,001 %	CO

Množství plynu

→ ovlivňuje řada faktorů:

složení odpadu, obsah vody

zajištění anaerobních podmínek (???**JAK**)

→ zejm. podle druhu odpadu...

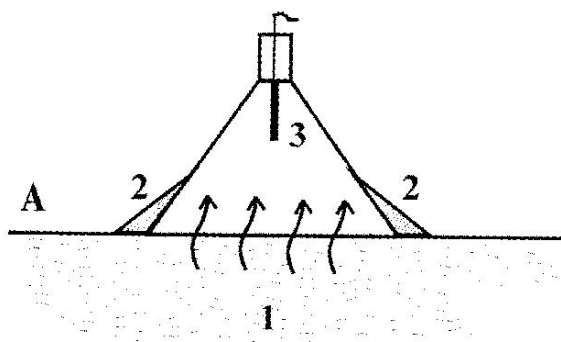
Σ cca **180÷370** l plynu z kg odpadu (3-14l/kg za rok... klesá 2,5%/rok)

...velký rozptyl → **test na místě!**

Měření emisí skládkového plynu...

Řada metod, z nichž důležité jsou:

Nadpovrchová metoda **Flux-box**

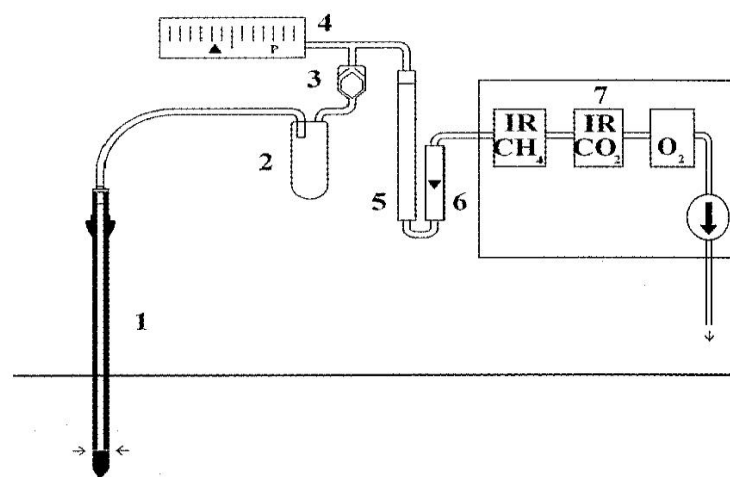


1 – povrch odpadu (skládky)

2 – přídavné těsnění boxu

3 – čidlo nebo analyzátor CH_4

Podpovrchové měření
záraznou sondou (0,2-0,6m)



1 – sonda zaražená v terénu

2 – vzduchová pumpa

7 – čidlo nebo analyzátor CH_4

- **Množství využitelného skládkového plynu klesá s odložením začátku čerpání - po 5ti letech klesá výtěžnost o 30%!**
 - začít 1 rok po ukončení ukládání odpadu na skládku (kvalita i množství plynu jsou už stálé)!
- Podle množství plynu uvolňujícího se z odpadu dělíme na:
 - skládky se ➤ **slabým vývinem plynu** ($0,5 \div 3 \text{ l plynu} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)
(množství $\text{CH}_4 < 25\%$)
 - **vývinem plynu slabým až středně silným**
($3 \div 20 \text{ l plynu} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)
 - **významným vývinem plynu** ($20 \div 75 \text{ l plynu} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)
(množství $\text{CH}_4 > 50\%$)

Pozn. .A.S.A. Ďáblice kogenerační spalování plynu výkon 4 MW_{El}
(předpoklad 1200 m^3 během 20 let).

Opatření v případě produkce plynu skládkou

je-li množství plynu • **malé** → nemusí se dělat nic (monitoring)

- **střední** → musí se zajistit, aby nedošlo k porušení těsnících vrstev (pasivní odvětrání)

- **významné** → je nutné a výhodné plyn jímat

Odtah plynu ➤ **pasivní** (plyn uniká vlivem vlastního přetlaku)
 ➤ **aktivní** (čerpání) – 5x účinnější

Čerpání=odplynění vždy jen částečně účinné (20÷70%),
při čerpání zabránit smísení se vzduchem!!!

Odplynění (technologie):

✓ vertikální

jímací šachty → velkopřůměrové vrty ($\phi > 800\text{mm}$),
✓ u skládek nově zakládaných budováno průběžně;

perforovaná HDPE trubka 160mm v obsypu
- štěrk 16-32

síť 40x40m (či hustěji);

vrt musí být utěsněn

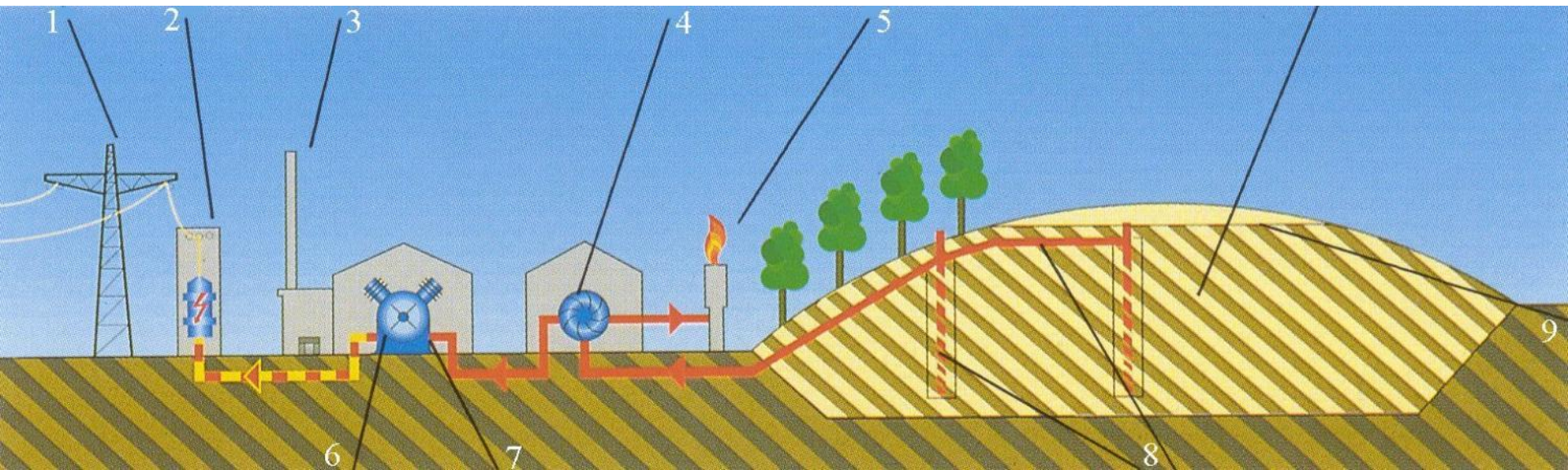


✓ horizontální

drenážní potrubí → jímací roviny 5÷10m nad sebou,
20÷30m od sebe, sklon 2÷3%,
pružné, HDPE 90 ÷ 300, perforace

✓ kombinované NEJLEPŠÍ!

- **svodný systém** odvádí plyn z jímacích šachet ⑧ těsně pod povrchem, přes geotextilie, shora těsněno PE fóliemi ⑨... sklon 3% **kondenzáty** (plyn 30°C, nasycen H₂O (33g/m³) ochlaz), do drenážního systému→jímka, ČOV
- **čerpací stanice** ④ podtlak 50kPa (indiv. pro každou studnu – dle char. odpadu v místě)
směs plynu s O₂ (3% obj.) výbušná!!! → nevýbušné provedení;
bezobslužný provoz (*měření, regulace, zabezpečení*); vždy záložní zdroj!



Zpracování skládkového plynu

Podle velikosti, stáří skládky, složení odpadu a umístění vzhledem k potenciálním odběratelům... cena garantovaná státem (OZE)

→ vyhodnocuje např. *Ústav pro výzkum paliv*

U malých skládek → nevyplatí se, spalujeme ve vysokoteplotní pochodni = fléře ⑤

Při vyšší produkci plynu

→ plyn v kompresní stanici ④ dělíme podle kvality – nekvalitní spalovat ve fléře, přidávat O_2 , kvalitní dále využít!



potenciální produkce bioplynu	100 m ³ /t bioodpadu
energetický obsah bioplynu	6 kWh/ m ³
zisk energie z 1 t bioodpadu	600 kWh
...z toho elektrická	198 kWh (33%)
tepelná	348 kWh (58%)
ztráty	54 kWh (9%)
spotřeba tepla na 1 t bioodpadu	48 kWh
elektriny	48 kWh
čistý zisk elektriny z 1 t bioodpadu	150 kWh
tepla	300 kWh

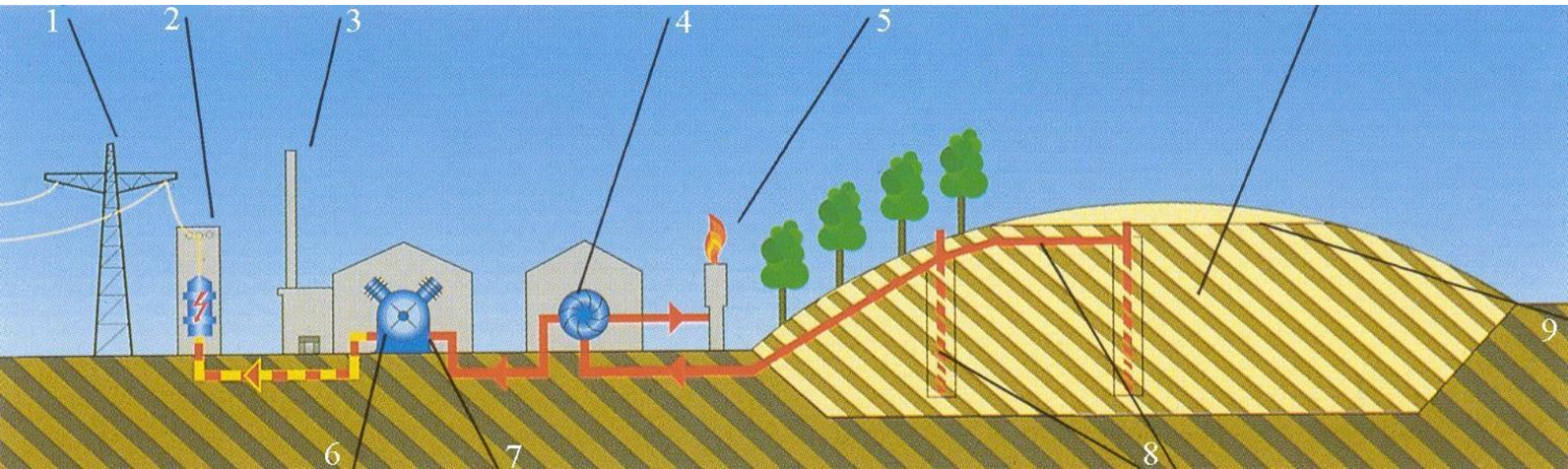
Alternativou odplynění při menší produkci je...

biooxidační filtr – CH₄ a další l. jsou odbourávány bakteriemi na CO₂

Funguje částečně i jako protizápachový filtr v BPS!

Při vyšší produkci plynu

- ✓ **výroba tepla** → (nejjednodušší) – asi $\frac{1}{2}$ výhřevnosti zemního plynu → skládkový plyn $\approx 20 \text{ MJ.m}^{-3}$ (zemní plyn cca 34 MJ.m^{-3});
sezónní i denní výkyvy
- ✓ **výroba elektřiny** (výkupní ceny E)
→ spíše kogenerace ⑥ $E_{el} 30\% + E_{tep} 30\div 60\%$
- ✓ **úprava na kvalitu zemního plynu** (odstranit CO_2 , Cl^- , F^- , H_2S),
pohon aut svozové firmy



Uzavření-rekultivace-monitoring skládky

„Již v okamžiku založení skládky musím vědět, co s ní provést po jejím naplnění...“ - „využitá krajina je vyčerpatelný zdroj“!!!

...po ukončení ukládání odpadu (byť jen na části skládky)

- ✓ musí být skládka překryta a rekultivována
- (hrozí únik znečištění, negativní působení skládky na okolí...)
- ✓ po ukončení celkové rekultivace skládky je prováděno sledování vybraných jevů v souladu s ČSN 83 8036 (Monitorování skládek)



Víme PROČ, ale Rekultivace je nákladná záležitost... = **za CO?**

Bývalá skládka TKO pro Prahu – Praha Dolní Chabry

– plocha skládky 26 ha

– výška odpadu 15÷20 m

– množství uloř. TKO 3 mil m³

Rekultivace

- ✓ dodatečné odplynění skládky **27,4 mil Kč**
(vrtné práce, trubní rozvody, čerpací stanice)
- ✓ ochrana podzemních vod **6,7 mil Kč**
(vrtné práce, zneřkodňování výluhu, monitorovací síť)
- ✓ technická rekultivace **233,6 ÷ 258,3**
(uzavření skládky...např. drenážní vrstva 68,5 mil. Kč!)
- ✓ biologická rekultivace **9,9 mil. Kč**
(osev travní směsí včetně 3 leté péče)

Celkem

277,6÷302,3 mil. Kč !!!

→ v nákladech za uložení odpadu na skládce **Fin. rezerva**
na vybudování, provoz, uzavření a následnou rekultivaci

N odpad a KO 100,- Kč za t

O odpad + azbest, technologický materiál na skládku 35,- Kč za t

Uzavření skládky (dle ČSN 83 8035 – *Uzavírání a rekultivace skládek*):

Zbývá otázka JAK? minim. vliv skládky na ŽP

- ✓ úprava tělesa skládky
- ✓ vyrovnávací vrstva
- ✓ odplynění
- ✓ těsnící vrstva - izolace
- ✓ ochranná vrstva
- ✓ odvodnění - drenáž
- ✓ rekultivační vrstva

Uzavření skládky → poslední nutná etapa skládkování
u černých skládek však zcela chybí

- Vliv skládky na:**
- ✓ **atmosféru**
 - ✓ **hydrosféru**

 - ✓ **pedosféru**

 - ✓ **biosféru**

Uzavření skládky brání znečištění okolí průsakem vod nebo větrem!

Provádí se v etapách:

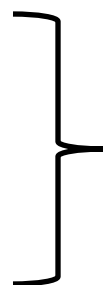
REKULTIVACE

➤ 1. úprava tvaru tělesa skládky

➤ 2. izolace odpadu

➤ 3. ochrana izolačních vrstev

➤ 4. zapojení do prostředí



technická

biologická

uzavření skládky (nebo jen její části)...

Vždy co nejdříve po ukončení skládkování odpadu!

a) z hlediska ochrany prostředí

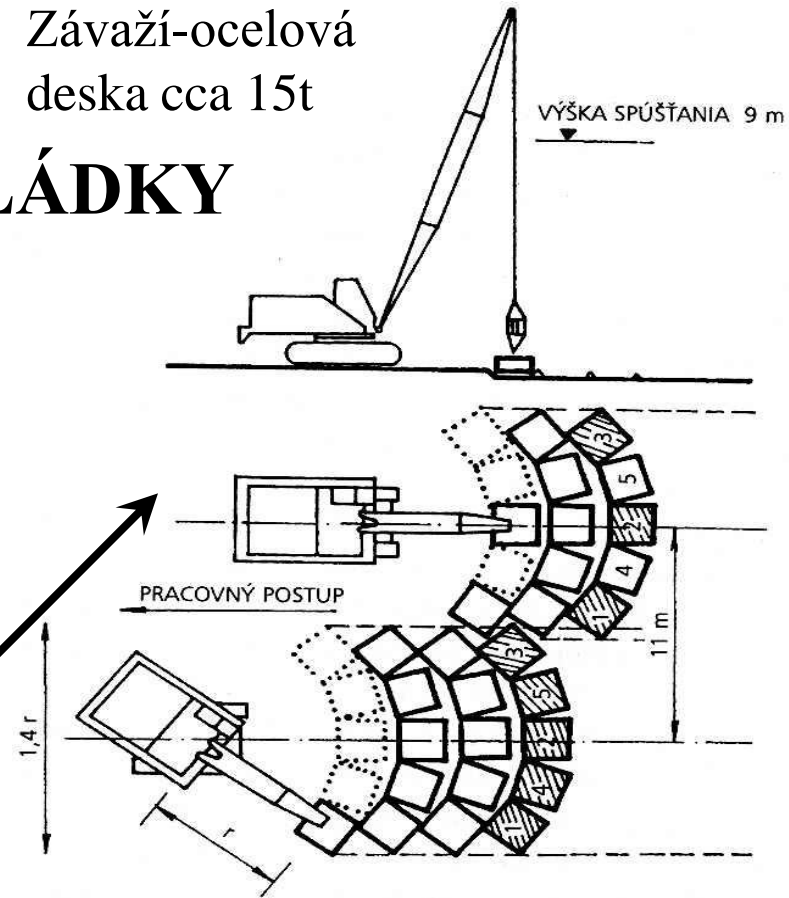
b) z důvodu rychlého zapojení do prostředí

Závaží-ocelová
deska cca 15t

VÝŠKA SPÚŠŤANIA 9 m

Ad 1) ✓ ÚPRAVA TĚLESA SKLÁDKY

- ↪ tvar dle druhu odpadu a reliéfu
(viz přednáška *Skládka*)
- ↪ s ohledem na stabilitu a
následné využití plochy skládky
- ↪ dostatečné zhutnění
(kompaktory/dynamická
konsolidace)



SKLON min. (3% aby ani po konečném sednutí nevznikaly laguny),
max přípustný sklon → nesmí docházet k povrchové erozi, usmýknutí

vyrovnávací vrstva odpadu

- ↪ cca 25 cm zeminy či inertního jemnozrnného materiálu
→ zajistit dostatečné množství předem!
- ↪ odstraňuje nerovnosti vzniklé nasypáním odpadu
- ↪ brání nebezpečí porušení izolační vrstvy ze strany odpadu
- ↪ umožňuje tvarování tělesa + dodržení sklonu

konečný tvar tělesa

je krom přípustného sklonu dán rovněž **následným využitím území!**

Terasovitý tvar
rekult. skládky



Ochranná bariéra skládky...?

- ~~přírozená~~
- umělá

v rámci uzavírání skládky uvažujeme pouze umělou!

Ad 2) – IZOLACE ODPADU

✓ těsnící vrstva

- ↪ neprodyšné uzavření skládky před účinkem srážkových a povrchových vod
- ↪ mocnost, izolační vlastnosti i vlastní složení (např. vícevrstvá izolace - minerální vrstva, fólie...) záleží na typu skládky (viz přednáška *Ochrana skládky*)
- ↪ volba materiálu jako u spodního těsnění (dle dostupnosti kvalitního miner. těsnění)

MATERIÁLY – fólie + geokompozity tam, kde není vhodný přírodní materiál k dispozici (množství+kvalita+vzdálenost)

ekonomicky výhodné, je-li vhodná surovina do cca 25km

Pokládka
svrchního
fóliového těsnění



✓ ochranné prvky

↪ chrání funkční prvek (např. foliové těsnění) před poškozením
viz přednáška *Ochrana skládky*

✓ odplynění

↪ pouze je-li to nutné...

✓ odvodnění

↪ navrhne drenážní vrstvu šterku (min. 0,25m) nebo jiný prvek (drenážní rohož) se stejným účinkem (atest)

↪ drenážní vrstvu chráníme před zanesením

↪ boky proti erozi chráníme mimo jiné i zasakovacími drény z hrubého kameniva

↪ je nutno posoudit nezbytnost (náklady!)

→ posoudit retenci na přívalovou T_{15} a 24 h srážku

retence f (mocnost vrstvy, efekt. pórovitost, veg. pokryvu)

– u zamokřené zeminy hrozí usmýknutí = pošk. izolace

Ad 3) ✓ OCHRANNÁ + REKULTIVAČNÍ VRSTVA

- ↪ svrchní vrstva pro další využití povrchu
- ↪ celkem cca 0,5÷1 m (ochrana těsnících vrstev)
→ před vnějším poškozením
- ↪ celková hloubka závisí rovněž na typu předpokládané rekultivace (pro lesnickou je nutná větší mocnost vrstvy než pro zatravnění *Viz dále*)
- ↪ svrchní část - biologicky oživená zemina 0,3÷0,4 m
(dle dalšího využití – pro zemědělskou rekultivaci až 0,5 m)
- ↪ zúrodnitelná zemina by měla vyhovovat růstu rostlin
→ %C_{OX} ≥ 1,2; % humusu ≥ 2; N,P,K, Ca,Mg,Cl⁻
(vhodné je provést vegetační pokus)
- ↪ v případě odvodnění plochy bývá spodních 0,3 m tvořeno štěrkovou drenážní vrstvou

Ad 4) Závěrečná úprava povrchu – biologická rekultivace

→ zapojení do okolní krajiny = konečná fáze...

NUTNÝM předpokladem je předchozí **úprava a zabezpečení** skládky podmínkou je i možnost následného MONITORINGU!!!

PROČ? → skládka (nutné zlo) – minimalizovat vliv na krajinu

→ využít území (předcházet záborům „zelených ploch“)

JAK? → TVAR je důležitý (pestrá krajina x rovina)

→ ZELEŇ (je „milosrdná“, ale proč ne vyhlídka?)

→ využívat MÍSTNÍ DRUHY (přizpůsobivé)

VYUŽITÍ? rekultivace → zemědělská → ostatní (kompostárna)

→ lesnická

→ rekreační (parky, sportoviště)

Závěrečné tvarování + tloušťka rekult. vrstvy závisí na následném využití plochy = typu rekultivace

Krajinářské hledisko – členitost krajiny → nad terén, ne zcela pravidelné tvary !

Vždy! je nutno řešit odvedení vody z povrchu skládky
→ sklon alesp. 3% + obvodový příkop.

Sedání (až 1/10 celk. výšky odpadu) → vzít v úvahu při návrhu!

Pokládka
rekult. vrstvy



Typy rekultivací:

✓ *základní osetí plochy trávou + dřeviny*




- běžná setba či hydroosev travní směsí (erozní ochrana)
- složení travní směsi vybíráme podle místních podmínek stanoviště
- setí jaro-srpen
- případná vyšší vegetace - boky skládky (plošná eroze), pestrá skladba nenáročných domácích druhů, vybíráme mělce kořenicí (ne borovice, došlo by k poškození izolace, → mýtít náletové dřeviny)
- nepravidelné tvary skupin výsadeb
- zakrytí technického vybavení

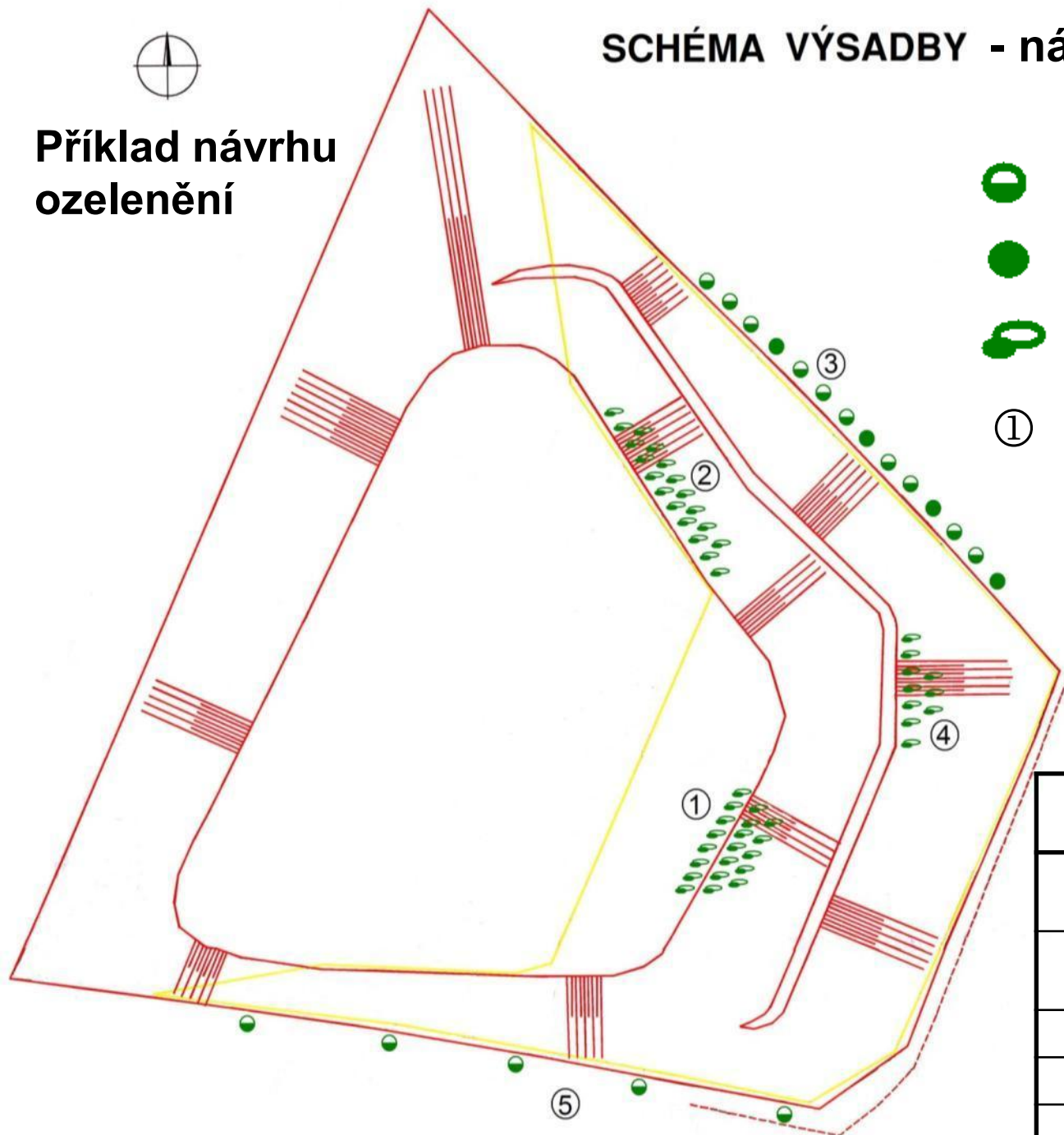




Příklad návrhu ozelenění

SCHÉMA VÝSADBY - návrh skupin vegetace

-  LISTNATÉ STROMY
-  JEHLIČNATÉ STROMY
-  KEŘE
- ① USKUPENÍ DŘEVIN



DRUH	%	Kg OSIVA na 100 m ²
Kostrava červená výběžkatá	35	0,53
Kostrava červená trsnatá	15	0,23 – 0,30
Kostrava luční	20	0,24 – 0,40
Lipnice luční	15	0,15
Jílek vytrvalý	15	0,23

✓ *zemědělská rekultivace*

- pěstování technických a energetických plodin
- polní plodiny – nutné přihnojení (prům. kompost)
- sady a vinice - terasování (slunce) + příznivé suché teplé klima
→ využito pro rybíz, angrešt...



✓ *lesnická rekultivace* (vždy posoudit vliv kořenů!)

- výsadba pravidelných lesních porostů plantáže na biomasu?
- příprava půdy – (0,6-0,8m = rekultivační vrstva)
- volba dřevin (odolné a s melioračním účinkem – topol, jasan, jeřáb)
- dlouhodobá péče a nahrazování přípravných dřevin (po ukončení produkce plynu min. 20let)
- při výsadbě (odrostlé sazenice do humusu v připravené jámě)



✓ *rekreační a jiné využití plochy*

- parkoviště, sportoviště, odpočinkové zóny, parky...
(rekult. vrstva 0,4-0,6m)

Nutná pravidelná a dlouhodobá péče o rekultivované plochy →
trávníky - závlaha, hnojení a sečení, u stromových porostů
prořezávání a ochrana před okusem, dosetí+dosazení nevzešlé zeleně

- Postrekultivační péče na skládce

Využití rekultivovaných ploch pro průmysl atd...

- ✓ parkoviště
- ✓ lehké sklady
- ✓ separační linky
- ✓ kompostárny
- ✓ odstavné plochy



PROČ VŮBEC REKULTIVOVAT?

- plochu je nutné mít pod kontrolou (ochrana před erozí)
= šířením kontaminace
- využitím území bráníme záborům „zelených ploch“



Plocha slouží veřejnosti – vhodné pro rekultivaci skládek, které byly dříve na okrajích sídel, rozrůstáním se dostaly do zástavby...
→ urbanistický potenciál ploch!

Rekultivací to nekončí!!!

→ **MONITORING** plochy uzavřené skládky

...(vychází z ČSN 83 8036):

Skládkování odpadů-Monitorování skládek

Připravené, předem schválené havarijní scénáře pro případ různých druhů havárií a neočekávaných událostí!

Je dáno... *Provozním a Havarijním řádem skládky*

➤ **Doba monitorování**

- ✓ před začátkem !
(kontrolní odběry už před započítáním prací v území)
- ✓ v průběhu skládkování
- ✓ po uzavření skládky (délka závisí na druhu skládky)
min. 15let u S-NO, S-KO, 5let u ostatních. Někdy až 50let!

Účel monitoringu...

trvalé sledování funkčnosti skládky a jejího technického stavu

trvalé sledování vlivu skládky na okolí

vyhodnocování účinku ochranných opatření na skládce *

Monitoring – pravidelný + mimořádný

* Důležitá – rychlost informace...

on-line sledování izolační funkce – geoelektrický syst. (SENSOR s.r.o.)
elektrická síť sleduje vznik trhlin ve fólii a lokalizuje místo pro
případnou opravu... → šetří čas (rozsah úniku kontaminace)

Co monitorujeme...

(vždy konkr. případ – dle charakteru odpadu a okolí skládky
→ po dohodě s přísl. KÚ – ref. ŽP)

U moderních skládek víme, co je tam uloženo → víme i, co sledovat!

U nespecifikovaných znečištění → nutno sledovat přítomnost všech 1.
kompletní rozbor pitné vody v akreditované laboratoři min 10 000 Kč

U skládky je nutné sledovat zejména: ...

- ✓ úroveň hladiny podzemní vody a její kvalita (4x ročně)
- ✓ množství průsakové vody v drenážní jímce (vnitřní drenáž) – 6x
+ rozbor akreditovanou lab. – 2x
- ✓ jakost vod vnějšího drenážního systému (povrchová voda) – 2x
- ✓ množství a složení skl. plynu – 1x, příp. zabezpečení jeho jímání
- ✓ zápach, plynné emise, prašnost (při provozu) – 6x
- ✓ stabilita tělesa skládky a jeho podloží, měření deformací – 1x

Závěr

- ✓ na zaplněné skládce se pokračuje fází rekultivace (fin.rezerva)
- ✓ bioplyn na skládce vzniká rozkladem (anaerobní bakteriální proces)
BRO, složení ≈ zemní plyn
- ✓ efektivní využití plynu vyžaduje technické řešení odplynění
- ✓ uzavření skládky (její části) ihned po ukončení skládkování
- ✓ využitím bioplynu, uzavřením a rekultivací minimalizujeme neg. vliv skládky na ŽP (je to nákladné, ale nutné! → fin.rezerva)
- ✓ rekultivace = technická + biologická část; závěrečná rekultivace = zapojit prostor skládky do prostředí + ochrana před erozí
- ✓ chování skládky musíme sledovat řadu let (záleží na typu skládky)

Doporučené odkazy

Provozní řád – najít na [www...](http://www.uvp.cz/), <http://www.uvp.cz/> (Ústav využití plynu Brno)